

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

*Сборник научных трудов по материалам  
XIII Международной научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых*



Пермь 2020

The Ministry of Education and Science of the Russian Federation  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«PERM STATE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY»

# ***GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD***

*Collection of scientific papers*



Perm 2020



УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

Г36

**Геология** в развивающемся мире [Электронный ресурс] :  
Г36 сборник научных трудов по материалам XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / отв. ред. А. М. Циферова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 39,6 Мб ; 581 с. – Режим доступа: [http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog\\_v\\_razv\\_mire\\_2020.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog_v_razv_mire_2020.pdf). – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3527-6

В сборнике содержатся статьи студентов, аспирантов, молодых ученых (кандидатов наук) – участников XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире», проводимой на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета.

Рассматриваются проблемы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; минералогии, геохимии и петрографии; палеонтологии, стратиграфии и региональной геологии; геофизики; геологии нефти и газа; инженерной геологии и гидрогеологии; геоэкологии и охраны окружающей среды; геоинформационных систем в геологии.

Издание адресовано инженерам-геологам, гидрогеологам, геофизикам, минералогам, палеонтологам, нефтяникам и геологам широкого профиля.

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

*Печатается по решению ученого совета геологического факультета  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

#### **Редакционная коллегия**

д. г.-м. н. Т. В. Карасева, к.г.н. П. А. Красильников,  
д. г.-м. н. В. Н. Катаев, д. т. н. В. И. Костицын, к. г.-м. н. И. Ю. Митюнина,  
д. г.-м. н. О. Б. Наумова, к. г.-м. н. В. П. Ожгибесов,  
д. г.-м. н. Р. Г. Ибламинов, д. г.-м. н. В. В. Середин

Ответственный редактор  
А. М. Циферова

ISBN 978-5-7944-3527-6

© ПГНИУ, 2020

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

*РАЗДЕЛ 1:*

*Месторождения полезных ископаемых.  
Методы поисков и разведки месторождений полезных  
ископаемых*

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

*Section 1:*

*Deposits of minerals. Methods of search and  
exploration of mineral deposits*

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НЕФЕЛИНОВЫХ РУД КИЯ-ШАЛТЫРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*Евтихова Дарья Анатольевна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 5 курса г. Пермь*

*e-mail: [darya.evti@yandex.ru](mailto:darya.evti@yandex.ru)*

*Ускова Мария Сергеевна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 4 курса г. Пермь*

*e-mail: [uscovam@gmail.com](mailto:uscovam@gmail.com)*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Сунцев Анатолий Сергеевич*

**Аннотация:** Кратко представлено описание Кия-Шалтырского месторождения нефелиновых руд. Показаны основные особенности распределения и взаимосвязи компонентов данного месторождения.

**Ключевые слова:** нефелиновые руды, Кия-Шалтырское месторождение, распределение компонентов.

## FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF COMPONENTS OF NEPHELINE ORES OF THE KIYA-SHALTYR DEPOSIT (KEMEROVO REGION)

*Evtikhova Darya Anatolievna*

*Perm State University, 5<sup>th</sup> year student, Perm*

*e-mail: [darya.evti@yandex.ru](mailto:darya.evti@yandex.ru)*

*Uskova Maria Sergeevna*

*Perm State University, 5<sup>th</sup> year student, Perm*

*e-mail: [uscovam@gmail.com](mailto:uscovam@gmail.com)*

*Research Supervisor Candidate of Geology and Mineralogy Reader Suntcev Anatoliy Sergeevich*

**Abstracts:** A brief description of the nepheline ores of the Kiya-Shaltyr deposit is presented. The main features of the distribution and relationship of the components of this field are shown.

**Keywords:** nepheline ores, Kiya-Shaltyr field, component distribution.

Кия-Шалтырское месторождение нефелиновых руд находится в северной части Кузнецкого Алатау, Тисульского района Кемеровской области, в приграничной части с республикой Хакасия и Красноярским краем [1]. Рельеф района месторождения горный, с глубоко врезаемыми речными долинами. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 700 до 1000 м. Территория района полностью находится в пределах лесного пояса. Район месторождения изрезан густой гидрографической сетью рек Кия и Урюп. Климат района резко континентальный.

Основание стратиграфического разреза Кия-Шалтырского месторождения уртитов составляет позднерифей-ранневендская сланцево-метавулканическая ассоциация, перекрытая карбонатами позднего венда. На них согласно залегает вулканогенно-осадочный кембрийский мегакомплекс, объединяющий рифогенно-карбонатные, терригенные и вулканические формации. С северо-востока кембрийские образования с резким угловым несогласием перекрыты щелочно-базальтовой толщей девона. Интрузивные образования пользуются широким распространением, представлены разновозрастными плутоническими, менее - субвулканическими разностями. Все структуры района пересечены и осложнены многочисленными разрывными нарушениями. Движение по разломам осуществлялось в сдвиговой форме.

Промышленно важным видом сырья для района работ являются алюминиевые руды, представленные богатыми нефелином породами. Наибольшим значением для промышленного освоения обладают - уртиты и ийолиты.

Уртит – это порода, в которой 75-85% нефелина ( $\text{KNa}_3\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$ ) и 10-15% пироксена.

Кия-Шалтырский интрузив щелочных габброидов площадью 2,2 км<sup>2</sup> представляет собой сложно построенное штокообразное тело, вытянутое в северо-западном направлении, имеющее, в общем, линзовидную форму. В краевых частях и на глубину тело постепенно выклинивается [2]. С северо-востока оно ограничено габброидами, а с юго-запада - вмещающими интрузию нижнекембрийскими породами. Контакты с вмещающими породами близки к вертикальным. Вдоль контакта интрузии с вмещающими толщами развиты: мельтейгиты, якупирангиты, пироксениты и другие. Термальное воздействие массива на вмещающие породы выражается в мраморизации и ороговиковании пород. Рудное тело уртитов по своему внешнему виду, химическому и минералогическому составу четко выделяется от вмещающих пород.

На руднике проводятся работы по сопровождающей эксплуатационной разведке путем ведения документации и опробования шлама скважин, буримых для производства массовых взрывов [1]. Опробованию подлежат скважины, пройденные по уртитам и вмещающим породам непосредственной зоны контакта рудного тела. На основании данных опробования составляются геологические планы и сортовые планы на основе распределения содержаний  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (глинозем) и  $\text{R}_2\text{O}$  (суммы щелочей) в рудном теле.

Для определения химического состава нефелиновых руд и приконтактных вскрышных пород все рядовые керновые пробы были проанализированы на:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Также во всех пробах были определены содержания  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , S и потери при прокаливании.

При написании данной статьи были использованы результаты химического анализа и план опробования горизонта +640 м, количество точек опробования - 2219. Для решения поставленных задач проведены статистический и корреляционный анализы, а также построены карты в изосодержаниях компонентов.

В табл. 1 представлены средние содержания по каждому компоненту руд. Основную часть в породе занимает  $\text{SiO}_2$  – 40,5%.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составляет 26% породы. Щелочность породы обосновывает содержание достаточно большого количества  $\text{Na}_2\text{O}$ – 10,8%.

Таблица 1

Статистические показатели распределения содержаний компонентов

Показатель \ Элемент	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{SO}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{R}_2\text{O}$
Среднее	10,80	1,60	26,14	40,47	0,27	2,69	8,69	4,79	0,44	12,57
Мода	12,00	1,20	27,50	41,00	0,15	3,00	7,00	4,30	0,33	14,27
Минимум	0,33	0,62	0,60	6,00	0,01	0,26	5,25	0,50	0,09	0,50
Максимум	13,98	8,70	29,92	50,10	6,09	4,12	49,30	13,50	2,55	16,22
Коэффициент вариации	23,08	66,45	16,14	9,52	121,40	23,87	62,49	34,19	58,68	22,95

Содержания компонентов колеблются в широких диапазонах. Самый большой разброс концентраций имеет кремнезем. Содержание глинозем находится в пределах от 0,6 до 29,92%, при максимальной частоте встречаемости содержания 27,5%.

Компонент с минимальным содержанием -  $\text{SO}_3$ , с максимальным -  $\text{SiO}_2$ . Коэффициенты вариации показывают, что весьма равномерное распределение имеют кремнезем и глинозем. Равномерно распределены оксиды щелочей и железа. Неравномерно распределены оксиды титана, магния и кальция. Весьма неравномерное распределение имеет оксид серы.

Проведен корреляционный анализ данных, результатом которого стала матрица коэффициентов корреляции (табл. 2) и построенные графики распределения проб в поле корреляции. В таблице выделены сильные связи между содержаниями компонентов.

Чем слабее корреляционная связь, тем более рассеяны точки около линии. Большая концентрация точек на графиках наблюдается при повышенной плотности значений содержаний компонентов.

Так, например, оксид алюминия имеет очень сильные положительные связи с оксидами натрия и калия. Связано это скорее с тем, что нефелин является щелочным алюмосиликатом, в формуле которого присутствуют все эти три компонента. В свою очередь, уртиты состоят из нефелина более, чем на 80%.

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции r

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O
Na <sub>2</sub> O	1,00									
MgO	<b>-0,74</b>	1,00								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0,93</b>	-0,59	1,00							
SiO <sub>2</sub>	0,43	0,05	0,65	1,00						
SO <sub>3</sub>	-0,38	0,25	-0,36	-0,15	1,00					
K <sub>2</sub> O	<b>0,92</b>	<b>-0,75</b>	<b>0,85</b>	0,34	-0,32	1,00				
CaO	<b>-0,77</b>	0,34	<b>-0,91</b>	<b>-0,87</b>	0,26	-0,69	1,00			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,52	0,59	-0,39	0,33	0,30	-0,55	0,05	1,00		
TiO <sub>2</sub>	-0,63	<b>0,76</b>	-0,45	0,26	0,23	-0,65	0,14	<b>0,82</b>	1,00	
R <sub>2</sub> O	<b>1,00</b>	<b>-0,75</b>	<b>0,93</b>	0,42	-0,37	<b>0,94</b>	<b>-0,77</b>	-0,53	-0,64	1,00

Менее сильная, но также положительная связь у глинозема с оксидом кремния. Отрицательную и очень сильную связь оксид алюминия имеет с оксидом кальция (рис.1). Также сильную отрицательную связь оксид кальция имеет с кремнеземом.

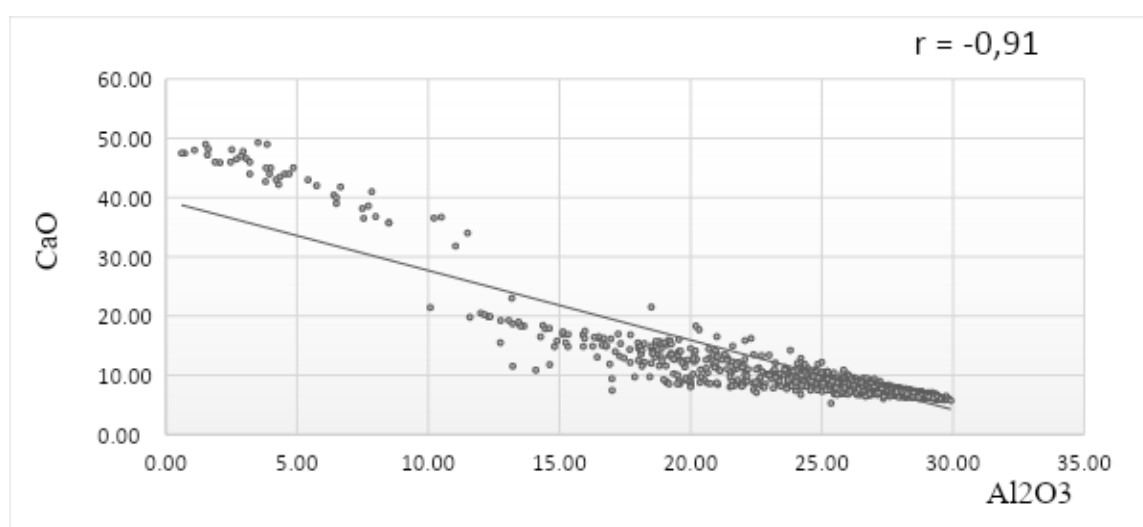


Рис. 1. График корреляции содержаний оксидов алюминия и кальция

Нелинейную связь глинозем имеет с оксидами железа, титана и магния: при небольших содержаниях компонентов связь положительна; начиная от средних значений компонентов с последующим повышением содержаний глинозема и понижением содержаний вышеперечисленных оксидов связь становится отрицательной. Титан, железо и магний в силу кристаллохимического сходства могут друг друга замещать. Положительную и очень сильную связь имеет оксид титана с оксидом железа. Связь этих компонентов слабеет с повышением их содержания. У щелочей же, наоборот, связь более рассеянная при малых содержаниях.

Связь между оксидами щелочных элементов и элементов, по структуре схожими с железом отрицательная, слабеет от MgO к Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 2).

Построены карты в изолиниях содержаний компонентов, которые подтверждают результаты корреляционного анализа. На данных картах пространственных распределений концентраций можно проследить связи между некоторыми компонентами.

Хорошо прослеживается аналогичность распределения глинозема и оксидов щелочей. Так же, связь в распределении наблюдается у оксидов железа, магния и титана.

По следующим рисункам можно сделать вывод о том, что связь между глиноземом (рис. 3) и оксидом кальция (рис. 4) сильная и отрицательная, так как на картах распределения содержаний компонентов цветовые обозначения содержаний полностью противоположны.

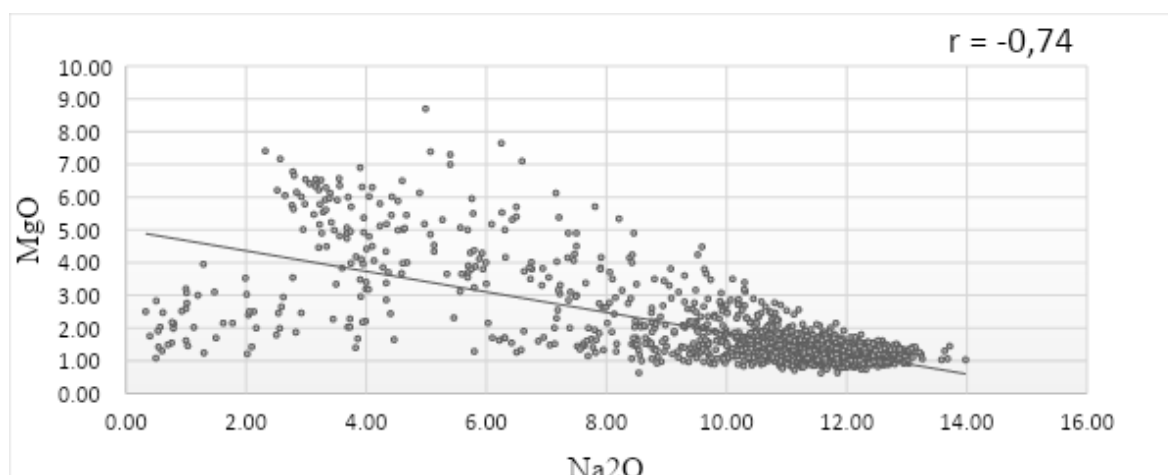
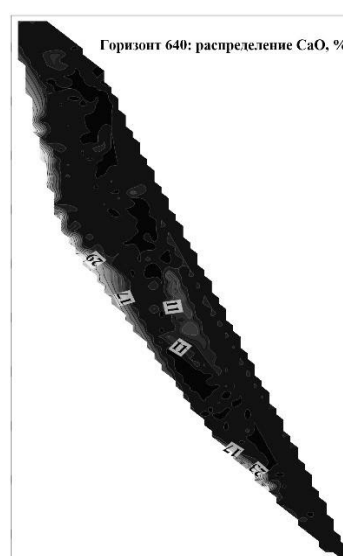


Рис. 2. График корреляции содержаний оксидов натрия и магния



Шкала цветового обозначения содержания компонентов, %



Шкала цветового обозначения содержания компонентов, %

Рис. 2. Изолинии распределения  $Al_2O_3$  на месторождении

Рис. 3. Изолинии распределения  $CaO$  на месторождении

В данной работе определены особенности распределения компонентов нефелиновых руд посредством методов корреляции и статистики, а также проведен анализ построенных карт изолиний распределения содержаний компонентов руд.

Результаты корреляционного анализа соответствуют полученным данным пространственного распределения компонентов.

Распределение глинозема в рудном теле тесно связано с распределениями оксидов щелочей.

По процентному содержанию компонентов в руде глинозем занимает второе место после кремнезема.

Наименее рассеянным компонентом в руде является кремнезем, наиболее – оксид серы.

Содержание глинозема находится в пределах от 0,6 до 29,92%, при максимальной частоте встречаемости содержания 27,5% и минимальном кондиционном содержании 24%.

### Литература

1. Барсегян В.Е., Голубев А.В. и др. Кия-Шалтырское месторождение нефелиновых руд (отчет о доразведке в 2009-2012 гг с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2011г.). Красноярск, 2012. 234 с.
2. Мостовской А.И. Петрография, геология и вопросы происхождения Кия-Шалтырского габбро-уртитового плутона. Томск, 1972. 235 с.

УДК: 550.8

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БЕЛЫЙ ТИГР» НА ШЕЛЬФЕ ВЬЕТНАМА

**Ярина Софья Андреевна**

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,  
студент 4 курса, г. Пермь  
e-mail: sofayar02@icloud.com*

**Научный руководитель:** доцент, кандидат геол.-минерал. наук *Алексеева Ольга Леонидовна*

**Аннотация:** В статье приводятся обобщенные результаты и материалы: уточненного геологического строения месторождения и залеж ей; физико-гидродинамических характеристик пород-коллекторов и свойств пластовых флюидов; характеристик распределения пород-коллекторов по площади и глубине; начальных запасов нефти и газа по категориям, залежам, пластам, горизонтам и объектам разработки подсчитанных по состоянию на 01.07.2011 г.

Результаты были получены на основе данных переинтерпретации материалов 3D сейсморазведки, ГИС, бурения, испытания, ГДИ, анализа керна, флюидов по всем пробуренным скважинам.

**Ключевые слова:** нефть, газ, начальные геологические запасы, месторождение, блок, участок, испытание, исследование, гис, скважина, горизонт, пласт, залежь, бурение, геологическое строение, интерпретация, добыча, категория запасов, подсчетные параметры, разрывные нарушения.

## GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE "WHITE TIGER" FIELD ON THE SHELF OF VIETNAM

**Yarina Sofia**

*Perm State National Research University, 4th year bachelor's student, Perm  
e-mail: sofayar02@icloud.com*

**Scientific supervisor:** associate Professor, candidate of GEOL.-mineral. science *Olga Alekseeva*

**Annotation:** The article summarizes the results and materials: updated geological structure of the Deposit and deposits; physical and hydrodynamic characteristics of reservoir rocks and properties of reservoir fluids; characteristics of the distribution of reservoir rocks by area and depth; initial reserves of oil and gas by categories, deposits, reservoirs, horizons and objects of development calculated as of 01.07.2011. The results were obtained on the basis of reinterpretation of 3D seismic survey materials, GIS, drilling, testing, GDI, core analysis, and fluid analysis for all drilled wells.

**Keyword:** oil, gas, initial geological reserves, field, block, site, test, study, gis, well, horizon, reservoir, deposit, drilling, geological structure, interpretation, production, reserve category, calculation parameters, discontinuities.

Месторождение Белый Тигр является в настоящее время самым крупным месторождением на южном шельфе Вьетнама. Это месторождение, расположенное на Центральном поднятии Кыулонгского бассейна, разрабатывается СП "Вьетсовпетро" с 1986 г.

Геологическое строение месторождения приводится на основании данных, полученных в результате проведенных геологоразведочных работ и эксплуатационного бурения.

Месторождение Белый Тигр расположено в пределах Кыулонгской впадины и приурочено к Центральной зоне поднятия, разделяющего впадину на две отрицательные структуры II порядка: Восточную и Западную.

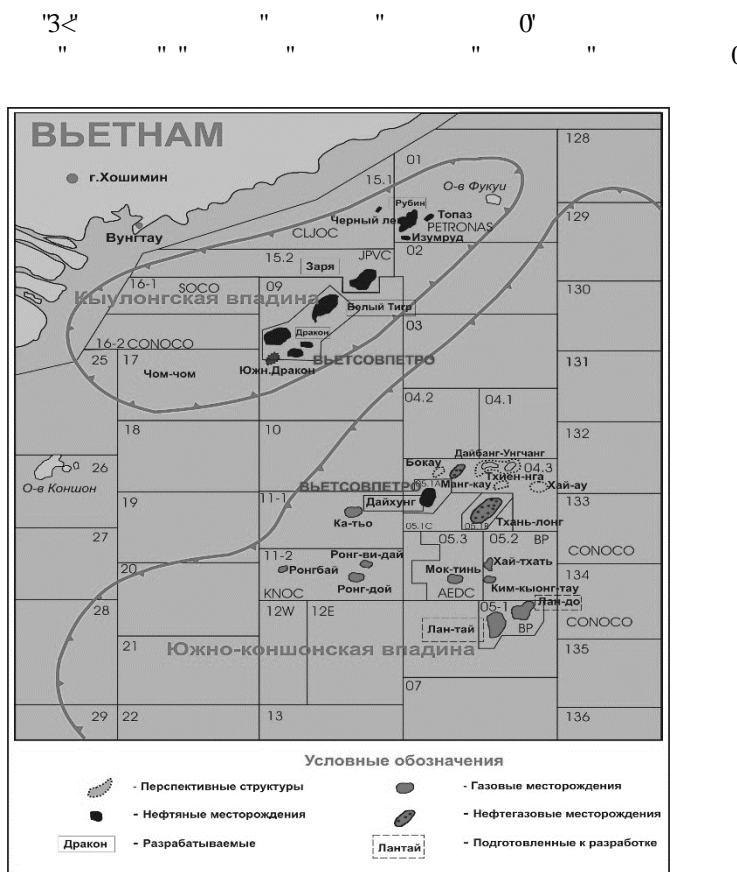


Рис. 1. Схема расположения месторождений на шельфе юга Вьетнама

Кылуонгская впадина представляет собой дотретичный рифтовый бассейн, расположенный, в основном, на континентальном шельфе южного Вьетнама и частично на суше, в районе устья реки Меконг. В плане этот бассейн протягивается в СВ-ЮЗ направлении и имеет размер 110х360 км. На северо-западе он прилегает к суше, на юго-востоке ограничен Коншонским поднятием, отделяющим данный бассейн от Южно-Коншонской впадины, на Юго-западе – поднятием Khorat-Natuna и на северо-востоке – сдвигом Туи Хоа, который отделяет его от Фуханьского бассейна. Бассейн заполнен, в основном, терригенными отложениями третичного возраста, максимальная мощность осадочного чехла в центре бассейна, возможно, достигает 8-9 км.

Вскрытый бурением геологический разрез района подразделяется на 3 структурных этажа: докайнозойский фундамент, олигоценый и миоцен-плейстоценовый структурно-тектонический этажи.

Тектоническая деятельность в данном районе привела к формированию сложной и типичной морфологии поверхности фундамента. Серией разломов поверхность фундамента разделена на ряд прогибов и поднятий (рис. 2.).

Олигоценый структурно-тектонический этаж в отношении к нижележащим, в целом, носит унаследованный характер. Все основные структурно-тектонические элементы наследуются от фундамента и проявляются в олигоцене. В морфологическом отношении, влияние структурно-тектонического строения фундамента на строение олигоцена уменьшается снизу-вверх по разрезу.

Миоцен-плейстоценовый структурно-тектонический этаж характеризуется сравнительно пологим рельефом и резким уменьшением количества разрывных нарушений.

На основании структурно-тектонических особенностей, разрывных нарушений, литолого-петрографических характеристик и нефтегазоносности месторождение Белый Тигр разделяется на отдельные своды (блоки) и участки: Северный, Центральный, Южный, Западный и Северо-Восточный участки (рис. 2)

Геологический разрез месторождения Белый Тигр, вскрытый скважинами, представлен докайнозойскими кристаллическими породами фундамента и преимущественно терригенными породами осадочного чехла. Суммарная толщина вскрытых образований фундамента по вертикали достигает 1990 м, осадочного чехла 4740 м.



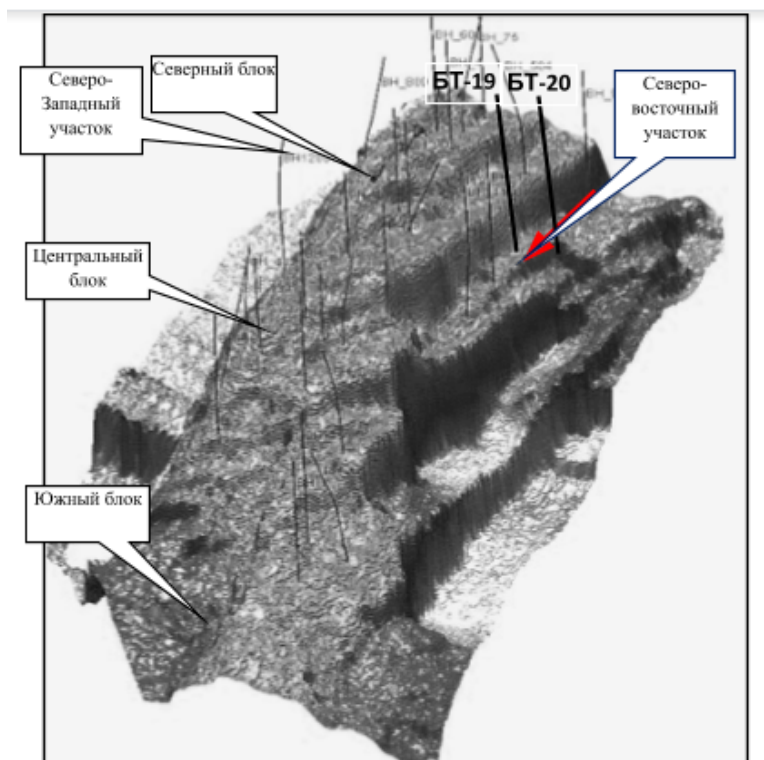


Рис. 2 Структурное районирование месторождения Белый Тигр. 3D модель фундамента.

Фундамент сложен магматическими полнокристаллическими породами с дайками диабазовых и андезитобазальтовых порфиритов и характеризуется в значительной мере петрофизической неоднородностью. В пределах Центрального свода, по данным изучения керна, распространены преимущественно биотитовые двуслюдистые граниты, в пределах Северного – биотитовые лейкократовые гранодиориты и адамеллиты при значительном содержании кварцевых монцонитов, кварцевых монцодиоритов и субщелочных диоритов. В пределах Южного свода – граниты, гранодиориты и кварцевые монцодиориты. Породы фундамента в различной степени изменены вторичными процессами. Среди вторичных минералов наиболее широко распространены цеолит и кальцит. По данным радиологических определений, абсолютный возраст кристаллических пород фундамента колеблется от 245-7 (поздний триас) до 89-3 (поздний мел) млн. лет.

Гранитоиды на месторождении Белый Тигр обладают повышенной кавернозностью и трещиноватостью. Полученные новые данные, в основном, подтвердили ранее представленную схему развития пород фундамента, а в южной части западного блока по данным изучения керна из разведочной скважины БТ-11 и шлама из скважины БТ-12001, доказано развитие пород основного состава – диоритов, с ухудшенными ФЕС.

По эксплуатационной скважине №1113 исследованиями керна установлен переход с глубины 4900м (-4375м по а.о.) по разрезу от пород гранитного комплекса к породам основного состава.

Осадочный чехол, перекрывающий со стратиграфическим и угловым несогласием поверхность фундамента, представлен терригенными отложениями палеогена, неогена и четвертичной систем, расчлененными по литологическим, палинологическим и палеонтологическим признакам на свиты местной стратиграфической шкалы (снизу-вверх): Чаку (нижний олигоцен), Чатан (верхний олигоцен), Батьхо (нижний миоцен), Кошнон (средний миоцен), Донгнай (верхний миоцен) и Бьендонг (нерасчлененные плиоцен – четвертичные отложения). Наибольшей изменчивостью по мощности и составу отличаются базальные нижнеолигоценовые отложения.

**Свита Чаку** –  $P_3$ , мощностью 0 – 412м, сложена чередованием песчаных пластов и пачек аргиллитов. С погружением отложений в сторону синклиналей их мощность возрастает с одновременным ухудшением коллекторских свойств песчаных пластов.

В основании свиты залегают конгломераты и гравелиты с обломками пород фундамента, представляющие собой базальную пачку осадочного чехла. По результатам бурения разведочной БТ-11 и опережающей эксплуатационной скважин БТ-12001, расположенных на западном участке, данным ГИС и опробования установлено уплотнение и сокращение мощностей песчаных пластов со снижением их фильтрационно-емкостных свойств. По материалам ГИС, результатам опробования и бурения опережающей эксплуатационной БТ-1202 и эксплуатационной БТ-1201 скважин на южном



УДК 553.411.071

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УШАЛЫК (ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН)

**Филиппова Надежда Анатольевна,**

*Томский Государственный архитектурно-строительный университет,  
молодой ученый, г. Томск*

*e-mail: [nadyxa7789@mail.ru](mailto:nadyxa7789@mail.ru)*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Ольховатенко Валентин Егорович

**Аннотация:** В статье приведены общие краткие новые сведения по месторождению Ушалык. Месторождение является недостаточно изученным. В статье кратко описано геологическое строение месторождения, тектоника, стратиграфия, минералогический состав руд.

**Ключевые слова:** месторождение золота, Республика Казахстан, геология, руда, тектоника, серебро.

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE USHALIK DEPOSIT (SOUTHERN KAZAKHSTAN)

**Filippova Nadezhda Anatolyevna,**

*Tomsk State University of Architecture and Building, Young Researcher, Tomsk,  
e-mail: [nadyxa7789@mail.ru](mailto:nadyxa7789@mail.ru)*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor,  
Olkhovatenko Valentin Egorovich

**Abstract:** The article provides general new information on the Ushalik field. The field is poorly explored. The article briefly describes the geological structure of the deposit, tectonics, stratigraphy, mineralogical composition of ores.

**Keywords:** gold deposit, Republic of Kazakhstan, geology, ore, tectonics, silver.

**Географо-экономическая характеристика района.** В административном отношении вся территория участка Ушалык относится к Мойнкумскому району Жамбылской области [1]. От участка до районного центра пос. Мойнкум расстояние составляет 120 км, до областного центра г. Тараз - 360 км.

От месторождения в 15 км к востоку проходит железная дорога Мойынты-Шу и в 20 км автотрассы Алматы-Астана и Шымкент-Тараз-Астана. В 10 км юго-восточнее месторождения Ушалык проходит ЛЭП (Тараз-Балхаш). От автотрассы и железнодорожных станций на месторождение ведут грунтовые дороги. Во время весеннего снеготаяния и осенних дождей эти дороги становятся труднопроходимыми для автотранспорта.

Участок расположен в обнаженной части Чу-Илийского складчатого пояса, на границе с Чуйской впадиной. Рельеф местности мелкопочный, переходящий в центральной части площади в типично горный. Крутизна склонов от 7 до 42°, многочисленные скальные выходы, борта временных водотоков при высоте 1-м достигают 32-85°. Район несейсмичен. Абсолютные высотные отметки на большей части площади находятся в диапазоне от 570 до 470 м, относительные превышения составляют 20-100 м. Общий уклон поверхности на юго-запад в сторону Чуйской долины.

Гидрографическая сеть развита слабо и включает три межгорные долины с сухими руслами – Жаксыталды, Жаманталды и Сарыбулак. Они имеют сток только в период весеннего паводка и ливневых дождей. Источники питьевой и технической воды практически отсутствуют, за исключением редких колодцев.

В географическом отношении площадь участка расположена в пределах каменистой пустыни Бетпакадала на стыке с пустыней Мойнкум. Климат резко континентальный, с холодной зимой с температурой до -40°С и жарким летом - до +40°С. Среднегодовая температура составляет +10°С, среднегодовое количество осадков 110-130 мм.

По типу ландшафта район относится к зоне пустынных степей и пустынь, где широко развиты бурые, серо-бурые и серозеленые почвы. Этот тип почв характеризуется небольшой мощностью 35-55 см, бесструктурностью, интенсивной щебенистостью. Травяной покров – редкий, увеличение его наблюдается лишь вблизи родников и в межгорных долинах. Животный мир типичный для пустынь и полупустынь.

**Историческая изученность участка Ушалык.** Системное геологическое изучение района началось с конца 40-х годов XX века и с перерывами продолжалось до 2000г. Наиболее объемные и результативные работы были проведены в период 1955-1990гг партиями поисково-съёмочной, Южно-Казахстанской геолого-геофизической (ранее ЦГФЭ), Жетысуйской геолого-разведочной экспедиций (ПСЭ, ЮКГГЭ, ЖГРЭ) Южно-Казахстанского территориального геологического управления (ЮКГУ), в дальнейшем ПГО «Южказгеология». Кроме того, большой объем геологопоисковых и съёмочных работ в районе, особенно среди девонских вулканитов, выполнен специализированными на уран партиями экспедиции «Волковгеология», в дальнейшем партии перешли в разряд экспедиций, а экспедиция в ПГО «Волковгеология». Совместно с подразделениями ПГО «Волковгеология» участвовали в работах сотрудники научных институтов г. Москвы и г. Ленинграда – ВИЭМС, МГРИ, ВСЕГЕИ.

В историческое советское время на всех объектах были проведены поисково-оценочные работы, все они были отнесены в разряд мелких месторождений и на них проводилась старательская добыча (на Ушалык в 1988-1993гг.). Анализ исторических материалов свидетельствует о недоизученности указанных объектов как по площади, так и на глубину.

**Геологическое строение.** Площадь участка Ушалык находится в пределах обнаженной части Чу-Илийского рудного пояса среди допалеозой-ордовикских геосинклинальных и девонских орогенных комплексов пород.

Формирование структуры шовных зон происходило в несколько этапов. Зоны с аккреционными комплексами зародились на активной континентальной окраине в связи с субдукцией океанической коры. В раннемордовике имел место перескок зоны субдукции от Жалаир-Найманской к Сарытумской в связи с аккрецией Жельтауского террейна. Своеобразное строение офиолитов без комплекса параллельных даек свидетельствует о трансформном характере границ и косой субдукции. В этих условиях образовались продольные зоны сдвигового динамометаморфизма. После коллизии в Жалаир-Найманской зоне возник крупный продольный правосторонний сдвиг [3].

В пределах зон находятся месторождения золото-сульфидно-кварцевого жильного и жильнопрожилкового, золотомедно-железорудно-скарновоготипаов.

Региональная структура Жалаир-Найманская офиолитовая шовная зона, представляющая собой узколинейную зону СЗ глубинного разлома протяженностью более 600 км, а также юго-западное крыло Жельтауского синклинория.

Жалаир-Найманская офиолитовая зона характеризуется ленточными и линзовидными выходами наиболее древних пород. В геологическом строении описываемой зоны участвуют нижнепротерозойские протрузии основного и ультраосновного состава, кембрийские вулканогенные и осадочные отложения ащисуйской и сулусайской свит, а также нижнеордовикская терригенная толща джамбулской свиты [4].

В крыле Жельтауского синклинория залегают миогеосинклинальные флишоидные толщи среднего-верхнеордовика и нижнего силура, а также вулканиты девона, прорванные малыми и крупными интрузивами. Проявления золота связаны с разломами и установлены, как среди офиолитового комплекса пород, так и во флишоидных толщах ордовика.

Структурно-тектоническое строение района тесно связано с геодинамической эволюцией Жалаир-Найманской глубинной подвижной зоны, определившей заложение в допалеозое внутриконтинентального раздвиг (геосинклинали) и проявление всех процессов седиментации, магматизма, метаморфизма, складкообразования и денудации на последующих этапах геосинклинального, орогенного, платформенного и постплатформенного развития. Причем современное тектоническое строение сформировано, в основном, на геосинклинальном и орогенном этапах каледонского цикла. На последующих платформенном и постплатформенном этапах герцинского и альпийского циклов развития, существенных структурных преобразований не произошло, за исключением подновления и возникновения новых разрывных дислокаций. С альпийским циклом связывается образование Чуйской впадины, а с новейшими тектоническими движениями – возникновение Чу-Илийских гор.

В результате каледонских складчато-разрывных дислокаций вся площадь допалеозой-девонских пород имеет сложное структурно-тектоническое строение, особенно Жалаир-

Найманская офиолитовая шовная зона глубинного разлома. По данным металлогенического прогноза рассматриваемая территория перспективна на обнаружение месторождений золота, меди, вольфрама, молибдена и других полезных ископаемых.

**Краткие сведения о минералогическом составе месторождения Ушалык.** Месторождение локализовано на тектоническом контакте песчаниковой пачки пород джамбулской свиты с углеродистыми сланцами сулусайской свиты и порфиритоидами ащисуйской свиты. Все породы в разломной зоне претерпели интенсивные динамометаморфические и метасоматические изменения, в результате которых они превращены в породные сланцы, а также рудные пиритизированные метасоматиты.

На месторождении выявлено 8 рудных тел неравнозначных по своим параметрам. Все выделенные рудные тела залегают в общем плане субпараллельно и вытянуты в северо-западном направлении (320-325°) при довольно крутом (обычно 65-80°) падении на юго-запад. Представляют собой линзо- и жиллообразные залежи (тела) с невыдержанной мощностью, варьирующей от 0,8 м до 18 м, и нередко имеют прерывистые линзовидные выходы на дневную поверхность. Иногда по простиранию и падению они изгибаются и разветвляются. Протяженность рудных тел по простиранию колеблется от 35 до 300 м., по падению - до 200 м.

Рудная минерализация относится к вкрапленно-прожилковой сульфидной гидротермально-метасоматической и связана с окварцеванием, серитизацией и, в незначительной мере, карбонитизацией, хлоритизацией. Основная масса золота локализуется в кварц-слюдистых и слудисто-кварцевых метасоматитах, содержащих углеродистое вещество - до 0,15-0,75% и сульфиды - до 20-32%. Химический состав их: оксид кремния - 64,6-79,6%, алюминия - 6,9-14,3%, калия - 0,7-2,4%, натрия - 0,5-5%, титана - 0,2-0,4%, марганца - 0,007-0,09%, фосфора - 0,02-0,1%, магния - 1,3-4,3%, кальция - 0,6-2%, железа двухвалентного - 0,55-3,5% и трехвалентного - 0,8-7,3%.

Пирито-кварцевые и кварц-пиритовые метасоматиты, представляющие убогие и бедные руды золота, слагают маломощные (0,03-0,1, редко до 3 м) прослои и линзы в кварц-слюдистых метасоматитах. Состоят из сульфидов (25-50% от объема породы, в колчеданах - до 60-70%), кварца (70-30%), а также небольшого количества (1-5%) серицита, альбита, эпидота и углеродистого вещества.

Сульфиды в рудных телах представлены пиритом (от 1% в околорудных ореолах до 30-50% в густо вкрапленных рудах), арсенопиритом (0,5-2% редко до 10%) и пирротинном (до 5%). В весьма незначительных количествах присутствуют сфалерит, галенит, халькопирит.

Основными носителями серебра в рудах являются минералы группы гессит-петцита, креннерит-калаверина и электрум.

По содержанию основного компонента - золота и сопутствующего - серебра все руды (первичные и окисленные) разделяются рядовые и убогие (забалансовые). В рядовых рудах содержание золота - 1,2-15,4 г/т (среднее - 5,6 г/т), серебра - 7,1-68,6 г/т (среднее - 12,2 г/т) и убогих рудах - золота 0,12-3,3 г/т (среднее - 1,12 г/т), серебра - 0,6-14,8 (среднее 4,5) г/т.

Иных ценных компонентов в рудах не имеется.

В подсчитанных запасах (в масштабе мелкого месторождения) содержание золота составляет 12 г/т. Отмечается увеличение оруденения с глубиной. Месторождение перспективное. Фланги и глубокие горизонты недоразведаны [2].

Научный интерес представляет сложное структурное строение и горные породы и руды и, главным образом, минералы со всеми своими специфическими свойствами.

### **Литература**

1. Ваулин О.В. Восточно-Казахстанская область. Золото. Справочник / О.В. Ваулин. - Усть-Каменогорск - Бишкек: Рокизол, 2016. - 331 с.
2. Месторождения золота Казахстана. Справочник под редакцией А.А. Абдуллина, Х.А. Беспяева, Э.С. Воцалевского, С.Ж. Даукеева, Л.А. Мирошниченко, Алматы, Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 1997 - 232 с.
3. Смирнов А.В., Федоренко О.А., Рафаилович М.С. Тектоника, геодинамика минерализации основной структурной зоны раннепалеозойского Казахстанского палеоконтинента. // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Тез. докл. Междунар. совещ., г. Новосибирск, 10-12 апр., 2006 г. - Новосибирск: Академическое изд-во "Гео", 2006. - С. 207-208
4. Стратиграфия и тектоника палеозоя Бет-Пак-Далы. Труды Геологического института. Выпуск 62. Издательство Академии наук СССР. Москва, 1961. - 364 с.

УДК 553.07

## ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ ГАББРО-ДИОРИТОВЫЙ КОМПЛЕКС КОММУНАРОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПОРОД

**Ермокина Ульяна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 2 курса магистратуры, г. Пермь  
ermokina2009@mail.ru*

**Петрова Ксения.**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 2 курса магистратуры, г. Пермь  
petrova.ksushka2010@yandex.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Наумов В.А.

**Аннотация:** в статье описан вещественный состав и взаимоотношение минеральных и петрографических разностей в пределах золотоносного зеленокаменного габбро-диоритового комплекса пород Коммунарковского месторождения. Показаны условия формирования золотоносного поля как полигенетический и полихронный процесс формирования стратиформного позднепротерозойского и гидротермального трещинно-жильного раннепалеозойского типа оруденения, в том числе с наложенной мезозойской эпигенетической минерализацией.

**Ключевые слова:** золотоносность, коммунаровский зеленокаменный габбро-диоритовый комплекс, дайка диоритового порфирита-I, дайка диоритового порфирита-II, порфировидный диорит-I, порфировидный диорит-II, оруденение, силл.

## GREENSTONE GABBRO-DIORITE COMPLEX OF KOMMUNAROVSKY ORE FIELD OF GOLD-BORING ROCKS

**Ermokina Ulyana**

*Perm State National Research University,  
2st year Master's Degree Student, Perm,  
ermokina2009@mail.ru*

**Petrova Ksenia**

*Perm State National Research University,  
2st year Master's Degree Student, Perm,  
petrova.ksushka2010@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Naumov Vladimir

**Abstract:** the article describes the material composition and the interrelation of mineral and petrographic varieties within the gold-bearing greenstone gabbro-diorite rock complex of the Kommunarovsky deposit. The conditions for the formation of a gold-bearing field are shown as a polygenetic and polychronous process of formation of a stratiform Late Proterozoic and hydrothermal fissure-vein Early Paleozoic type of mineralization, including with superimposed Mesozoic epigenetic mineralization.

**Keywords:** gold bearing, greenstone gabbro-diorite complex, dike of diorite porphyry-I, dike of diorite porphyry- II, porphyritic diorite-I, porphyritic diorite-II, mineralization, sill.

Коммунарковское рудное поле расположено в Ширинском районе республики Хакасия, на восточном склоне хребта Кузнецкого Алатау в непосредственной близости п. Коммунар в области левых притоков р. Б. Ссыя (р. Солгон-южная часть; р. Б. Собака центральная часть) и верховьях р. Изекиюла, правого притока р. Черный Июс (северо-западная часть). Коммунарковское рудное поле золотоносных пород выделено в северо-восточном направлении при длине 2,5 км и ширине 700 м (по выходам пород полуденной свиты). Промышленное золотое оруденение размещается как в породах

зеленокаменного комплекса (силлах и дайках), так и в эффузивах, туфах, черных сланцах и известняках полуденной свиты [1].

Интрузивные породы рудного поля весьма разнообразны по составу и возрасту, а также по условиям формирования и отношению их к оруденению. Существует два представления на строение и закономерности размещения в пространстве рудных тел и одиночных золотоносных кварцевых жил Коммунарковского рудного поля. По мнению А. Ф. Коробейникова существенным развитием в пределах рудного поля пользуются контактово-метасоматические и гидротермальные породы, сформировавшиеся в один этап под действием палеозойского гранодиоритового плутона и его дайковой серии [2]. Также он допускает воздействие глубинных флюидов на формирование послемагматических золотоносных растворов [1]. По другой точке зрения (Н. А. Фогельман и А. Е. Шабаловский, В. Т. Григоров) на строение и закономерности распределения рудных тел, влияет эпигенетический характер золотого оруденения района. Исследованиями были выявлены разновозрастные рудные тела разного генезиса, установлено два и намечен третий возраст промышленного золотого оруденения, отвечающие разным периодам и разным условиям образования. Наиболее древнее и главное в промышленном отношении оруденение - стратиформное оруденение рифейского возраста. Возраст другого установленного оруденения - палеозойский, оно генетически связано с гранитоидами и представлено золотосодержащими кварцевыми жилами. Третий возрастной тип золотого оруденения условно связывается с мезозойскими эффузивами [1].

Золотое оруденение Коммунарковского месторождения для большинства крупных рудных тел связано с так называемым коммунарковским зеленокаменным габбро-диоритовым комплексом пород (рис. 1). Комплекс представлен силлами, дайками и другими формами тел, также одновременно отмечается, что контуры промышленной золотоносности совпадают с кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками, т.е. с участками древней трещиноватости, наблюдаемые в магматических породах, главным образом, в порфириовидных диоритах и диорит-порфиритах, имеющие наибольшую мощность прожилков и прожилкованность, что соответствует наиболее благоприятной локализации золотого оруденения.

В становлении зеленокаменного габбро-диоритового комплекса по условиям залегания и относительному возрасту выделяются 4 группы пород: дайки диоритовых порфириров-I, порфириовидные диориты-I, порфириовидные диориты- II, дайки диоритовых порфириров-II [7]. В дальнейшем остановимся на их характеристике.

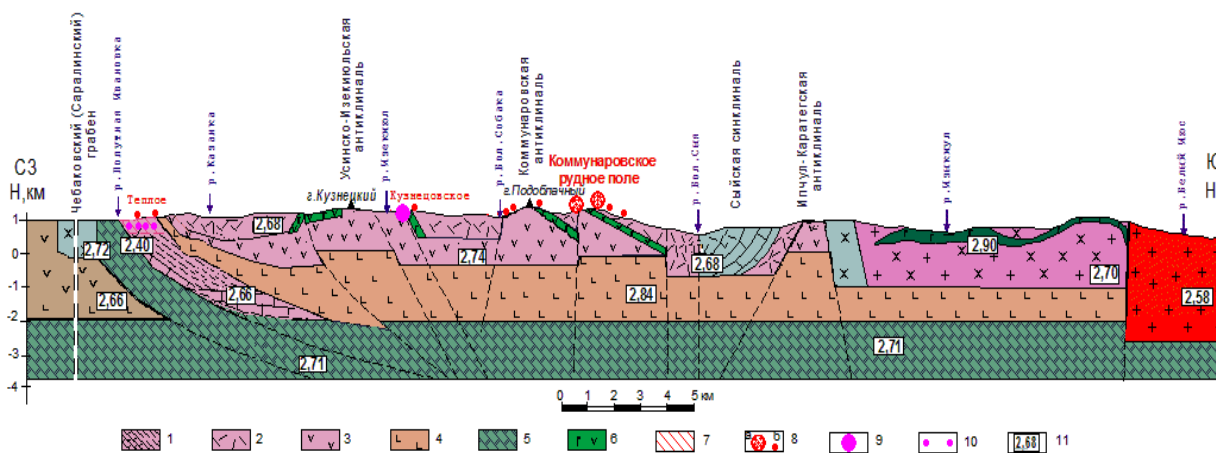


Рис. 1. Геологическая модель Коммунарковского золоторудного района [5]: 1 – терригенно-карбонатная формация; 2 – туфогенно-карбонатная формация; 3 – вулканогенно-терригенно-карбонатная формация; 4 – силлит-диабазовая формация; 5 – карбонатно-кремнистая формация; 6 – зеленокаменная габбро-диоритовая формация; 7 – коры выветривания; 8 – а) крупные месторождения золота штокервового типа, б) месторождения и рудопроявления золота; 9 – предполагаемые золоторудные объекты штокервового типа; 10 – предполагаемые золотоносные коры выветривания; 11 – плотность горных пород, г/см<sup>3</sup>

Дайки диоритовых порфириров-I являются наиболее древними интрузивными породами в комплексе. Мощность даек от 5 до 25 м., простирание северо-западное: 340-350°, падение на юго-запад под углом от 30 до 70°. К этой группе относятся дайки Апрельская, Северная, Подлунная, Центральная. Наиболее отчетливо дайки проявляются в пределах нижней толщи, при подходе к верхней толще они тупо выклиниваются или меняют своё падение с юго-западного на восточное. Дайки на участках благоприятной тектоно-структурной обстановки являются рудофокусирующими структурами. К ним приурочены промышленные рудные тела Апрельское, Северная зона,

Центральное. Описываемые дайки отчетливо прорываются (секутся) силлами порфировидных диоритов-I.

Диорит-порфиристы-I представлены массивными зеленовато-серыми породами порфировой структуры с мелко и тонкозернистой основной массой. Порфировые выделения составляют до 5-20% от объема породы и представляют собою звездчатые сращения таблитчатого плагиоклаза до 1-2 мм. Редко встречаются фенокристаллы замещенного амфиболами темноцветного минерала-пироксена и амфибола. Основная масса имеет микродиоритовую структуру, состоит из плагиоклаза и вторичных минералов – амфиболов, сосеюрита, кальцита, хлорита и лейкоксенизированного титаномагнетита.

*Порфировидные диориты-I* слагают силлы мощностью 50-100 м и неправильной формы тела. Основной рудовмещающий силл порфировидных диоритов залегает в контактовой зоне верхней и нижней толщ, имеет с ними согласное восток-юго-восточное падение. На отдельных участках порфировидные диориты-I имеют сложные секущие контакты с вмещающими их породами. Порфировидные диориты-I в рудном поле вмещают основную часть промышленного оруденения Подлунного, Масловского и Северо-западного участка, т.е. они являются благоприятными вмещающими для оруденения породами. В пределах нижней толщи порфировидные диориты-I известны лишь на Подзвездном участке в виде маломощного (20-30 м) силла и в виде меридиональных даек мощностью до 5-10 м на Подлунном и Северной зоне.

Порфировидные диориты-I представляют собою неравномернозернистые порфировидные массивные породы серовато-зеленого цвета. Порфировые выделения состоят из сериальных таблитчатых зерен плагиоклаза размером до 4х8 мм. Очень редкие порфировые выделения темноцвета (пироксена) замещены вторичными минералами, в основном амфиболами. Основная масса темно-зеленая неравномернозернистая микродиоритовая, диорито-диабазовая, офитовидная, интерсерральная, андезитовидная. Состоит она из плагиоклаза и постериорных амфиболов, разложенного титаномагнетита.

*Порфировидные диориты-II* в центральной части рудного поля представлены Масловской дайкой субмеридионального простирания с западным падением 30-90°. Мощность дайки до 50 м. Здесь Масловская дайка прорывает силл порфировидного диорита-I, на глубину она уходит в породы нижней толщи, а сверху при подходе к пачке известняков верхней толщи тупо под ними выклинивается. В других частях рудного поля порфировидные диорит-II слагают или дайкообразные тела западного падения или силлы восток-юго-восточного падения (Подзвездный участок). Как и порфировидные диориты-I, эти породы являются рудовмещающими.

По минералогическому составу и микроструктуре порфировидные диориты-II ничем не отличаются от порфировидных диоритов-I. Отличие их заключается лишь в меньших размерах порфировых выделений плагиоклаза. В контактовых частях порфировидный диорит-II по структуре и облику похож на диорит-порфиристы-I и II. На порфировидные диориты-II накладываются те же изменения, что и на другие породы среднего и основного состава – это массовая амфиболизация пород.

Представителем дайки *диорит порфировидных-II* является Западная дайка, имеющая субмеридиональное простирание и западное падение 40-60°. Дайка имеет мощность от 5-10 м до 30-40 м. Как и диорит-порфиристы-I, дайка Западная является рудовмещающей структурой для жильного и кварцево-прожилкового оруденения. Дайка отчетливо сечет вмещающие породы нижней и верхней толщи порфировидные диориты-I Подоблачного силла.

По внешнему облику и минеральному составу диорит-порфиристы-II очень похожи на диорит-порфиристы-I. Отличаются они более зернистой основной массой, имеющей микродиоритовую структуры. В связи с более зернистой структурой основной массы в диорит-порфиристах-II порфировидная структура выражена менее четко, иногда она вообще не выражена. Плагиоклаз значительно раскислен, темноцветные минералы- пироксен и роговая обманка полностью замещены агрегатом вторичных амфиболов, хлоритом, кальцитом, титаномагнетит лейкоксенизируется.

По мнению В.Т. Григорова [1] выделяется два минеральных типа золотого оруденения: 1 - золотокварцевый или золото-амфибол-кварцевый (в штокверках), и 2 - золото-сульфидно-кварцевый (золото-серебряный) тип (в кварцевых жилах), представленные мелкими и средними классами крупности золота. Эпитермальная минерализация должна отличаться мелким и тонким золотом, а также пленочными образованиями микро- и нанозолота [4-6].

Золотое оруденение Коммунарковского месторождения формировалось многостадийно и сопровождалось тектоническими перемещениями. В структуре рудного поля широкое распространение имеют дайкообразные и силлообразные интрузивные тела, представленные породами зеленокаменного габбро-диоритового комплекса, а также распространены кварцевые и



кварц-карбонатные прожилки по зонам тектонических разрывов и трещиноватостей. Таким образом, промышленное золотое оруденение района представляет собой стратиформный позднепротерозойский и гидротермальный трещинно- жильный раннепалеозойский тип оруденения, т.е. является полигенетическим и полихронным, в том числе с наложенной эпигенетической минерализацией.

### **Литература**

1. Григоров В. Т. Крупнейшие золоторудные месторождения Енисейского края и Кузнецкого Алатау и их экономическая оценка с позиции стратиформного рудообразования. -М.: Научный Мир, 2003. 168 с.
2. Коробейников А. Ф. Контактво-метасоматические и гидротермальные образования золоторудного поля коммунар // известия томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им. С. М. Кирова. Том 134, 1968 г.
3. Коробейников А. Ф. О дайковом комплексе коммунаровского рудного поля (хакасия) // известия томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им. С. М. Кирова. Том 165, 1969 г.
4. Лунев Б. С., Наумов В. А., Наумова О. Б. Мелкие ценные минералы в аллювии // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2003. № 6. С. 53.
5. Наумов В. А. Минерогения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермский государственный университет. Пермь, 2010. 380 с.
6. Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы россыпей // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 4 (158). С. 123-126.
7. Отчет о геологоразведочных работах за 1974-89 гг. с подсчетом запасов на 01.07.1989 г. по Коммунаровскому золоторудному месторождению. Книга 1. Красноярск, 1990 г. 326 с.
8. Христенко Л.А. Оценка перспектив Коммунаровского золоторудного узла на основе физико-геологического моделирования // Горное эхо № 2 (28) 2007. С. 23-27

УДК 553.444/550.8.053:519.2

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПРИРОДНЫЕ СВЯЗИ КОМПОНЕНТОВ РУД НОВО-ШИРОКИНСКОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)**

**Лобанов Максим Павлович**

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,  
магистрант II года обучения, г. Пермь  
e-mail: maks.lobanov.97@mail.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Лебедев Генрих Васильевич

**Аннотация:** В статье изложены результаты оценок изменчивости и связей главных (Pb, Zn, Au, Ag) и попутных (Cd, Cu) компонентов руд тел Ново-Широкинского колчеданно-полиметаллического месторождения. Расчеты, выполненных статистическими методами в программе «Microsoft Excel 2010». Оценка изменчивости компонентов осуществлялась путем расчетов статистик одномерных распределений: средних, коэффициентов вариации, асимметрии, эксцессов. Большинство компонентов характеризуется неравномерным распределением (коэффициенты вариации находятся в пределах 40–100 %): Pb – 84, Ag – 68, Cu – 56, Au – 48, Zn – 43 %. Наименьшее значение коэффициента вариации присуще Cd (37 %), что соответствует равномерному распределению.

Связи между компонентами оценивались путем расчета коэффициентов парной корреляции. Ведущий рудный компонент месторождения – Pb, имеет тесную связь с Ag ( $R=0,72$ ), очень тесную связь с медью ( $R=0,82$ ), тесную связь с Au ( $R=0,57$ ) и практически отсутствие таковой с Zn ( $R=0,24$ ) и Cd ( $R=0,24$ ). Отсутствие связи второго по значимости полезного компонента руд – Zn, с другими

обусловлено тем, что основная масса компонента, по сравнению с остальными, выделилась на более ранней стадии минералообразования.

**Ключевые слова:** Изменчивость, природные связи компонентов, свинец, цинк, золото, серебро, медь, кадмий, Ново-Широкинское колчеданно-полиметаллическое месторождение, Забайкальский край.

## VARIABILITY AND NATURAL RELATIONSHIPS OF ORE COMPONENTS OF THE NOVO-SHIROKINSKOYE PYRITIC-POLYMETALLIC DEPOSIT (ZABAYKALSKY KRAI, RUSSIA)

*Maxim Lobanov*

*Perm State National Research University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm, e-mail: maks.lobanov.97@mail.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Docent, Heinrich Lebedev*

**Abstract:** This article presents the results of various statistical studies of the main (Pb, Zn, Au, Ag) and second (Cd, Cu) components of ore bodies of the Novo-Shirokinskoye pyrite-polymetallic deposit. Research performed by statistical methods in the program «Microsoft Excel 2010». The variability of components was estimated by calculating statistics of one-dimensional distributions: averages, coefficients of variation, asymmetries and excesses. Most components are characterized by uneven distribution (coefficients of variation are within 40-100 %): Pb – 84, Ag – 68, Cu – 56, Au – 48, Zn – 43 %. The lowest coefficient of variation is found in Cd (37 %), which corresponds to a uniform distribution.

The relationships between the components were evaluated by calculating the pair correlation coefficients. The leading ore component of the deposit is Pb, which has a close relationship with Ag ( $R=0.72$ ), a very close relationship with copper ( $R=0.82$ ), a close relationship with Au ( $R=0.57$ ) and almost no such relationship with Zn ( $R=0.24$ ) and Cd ( $R=0.24$ ). The lack of connection of the second most important useful component of ores-Zn, with others is due to the fact that the bulk of the component, compared with the rest, was allocated at an earlier stage of mineral formation.

**Keywords:** Natural connections of components, pyritic-polymetallic deposits, plumbum, zinc, gold, Novo-Shirokinskoye deposit, Zabaykalsky Krai.

В административном отношении Ново-Широкинское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено в Газимуро-Заводском районе Забайкальского края. Объект находится в 23 км северо-восточнее районного центра села Газимурский Завод, соединенного грунтовой автодорогой с железнодорожной станцией Приисковая (Транссиб), протяженностью 210 км.

Месторождение входит в состав Широкинского рудного поля и локализовано в мощной толще верхнеюрских осадочно-вулканогенных пород, прорванных позднеюрским интрузивным комплексом. В тектоническом отношении рудное поле приурочено к юго-восточной части Газимуро-Урюмканского поднятия мезозойской складчатой зоны Восточного Забайкалья. Минерализованная зона месторождения контролируется субширотной зоной разлома. В ее пределах выявлено 26 рудных тел жилообразной, реже линзообразной, формы. В пяти наиболее крупных рудных телах (Главное, 5, 5-1, 7, 19) сосредоточено 75 % балансовых запасов руд категории С. Главными компонентами руд являются Pb, Zn, Au, Ag, попутным – Cu, Cd.

Перед автором были поставлены две задачи: 1) оценить изменчивость важнейших компонентов руд, 2) выявить природные связи между ними. В качестве исходной информации для решения поставленных задач были использованы материалы разведки месторождения, любезно предоставленные геологической службой ОАО «Ново-Широкинский рудник». Обработка информации выполнена статистическими методами в программе «Microsoft Excel 2010».

Результаты расчетов статистик одномерных распределений, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что большинство компонентов характеризуется неравномерным распределением (коэффициенты вариации находятся в пределах 40–100 %): Pb – 84, Ag – 68, Cu – 56, Au – 48, Zn – 43 %. Наименьшее значение коэффициента вариации присуще Cd (37 %), что соответствует равномерному распределению [1]. Кривые плотности вероятности всех компоненты имеют положительную асимметрию, причем наибольший коэффициент асимметрии (2,34) присущ Pb, а наименьший – Cd. Наиболее высокое положительное значение эксцесса характерно для Cu (7,12), далее по мере убывания: Ag (6,94), Pb (5,98), Au (2,42), т.е. эти компоненты имеют островершинные кривые плотности вероятности. Близкие, практически одинаковые, отрицательные

значения эксцессов присущи Zn (-0,35) и Cd (-0,34). Эти компоненты имеют плосковершинные кривые плотности вероятности.

Таблица 1

Статистики одномерных распределений главных и попутных компонентов руд

Компоненты	Средние содержания	Коэффициенты вариации, %	Асимметрия	Эксцесс
Pb, масс. доля, %	2,35	84	2,34	5,98
Zn, масс. доля, %	1,05	43	0,39	-0,35
Au, г/т	2,25	48	1,35	2,42
Ag, г/т	50,81	68	2,32	6,94
Cd, масс. доля, %	0,005	37	0,38	-0,34
Cu, масс. доля, %	0,18	56	2,10	7,12

Выявление природных связей компонентов руд производилось путем расчетов коэффициентов парной корреляции (R). Обобщенные результаты расчетов представлены в виде матрицы коэффициентов корреляции (табл. 2.). Генетическая интерпретация приведенных в таблице данных сделана в соответствии с принципами, сформулированными В.Ф. Мягковым [2].

Таблица 2

Матрица коэффициентов парной корреляции

	Pb	Zn	Au	Ag	Cd	Cu
Pb	1,00					
Zn	0,24	1,00				
Au	0,57	-0,12	1,00			
Ag	0,72	0,14	0,62	1,00		
Cd	0,24	1,00	-0,12	0,14	1,00	
Cu	0,82	0,09	0,51	0,95	0,09	1,00

Ведущий рудный компонент месторождения – Pb, имеет тесную связь с Ag (R=0,72), очень тесную связь с медью (R =0,82), тесную связь с Au (R =0,57) и практически отсутствие таковой с Zn (R =0,24) и Cd (R=0,24).

Тесная связь Pb и Ag интерпретируется достаточно просто: на большинстве колчеданных и гидротермально-сульфидных месторождений Ag изоморфно входит в состав главного рудного минерала – галенита. Несколько пониженная связь между компонентами обусловлена, по-видимому, вхождением их в состав двух парагенетических ассоциаций, что отчетливо следует из рис. 1. Очень тесная связь Pb и Cu может быть объяснена тем, что на Ново-Широкинском месторождении основная масса Pb и Cu связана с низкотемпературной карбонатно-полиметаллической парагенетической ассоциацией. Более низкая связь Pb с Au вероятно обусловлена множественностью минеральных форм нахождения последнего и формированием его на разных стадиях минералообразования. Отсутствие связи между Pb и Zn (что в целом не характерно для колчеданно-полиметаллических месторождений) может быть объяснено вхождением основной массы компонентов в состав разных парагенетических ассоциаций: Zn образовался в основном на стадии кварцево-сульфидной, а Pb – на стадии карбонатно-полиметаллической минерализации.

Практически отсутствие связи второго по значимости полезного компонента руд – Zn, с другими, за исключением Cd, обусловлена тем, что основная масса компонента, по сравнению с остальными, выделилась на более ранней стадии минералообразования. Что касается очень тесной связи Zn и Cd, то она интерпретируется достаточно просто: Cd изоморфно входит в состав главного минерала цинка – сфалерита. Это отчетливо следует из рис.2: связь между Zn и Cd практически функциональная (R =0,9997).

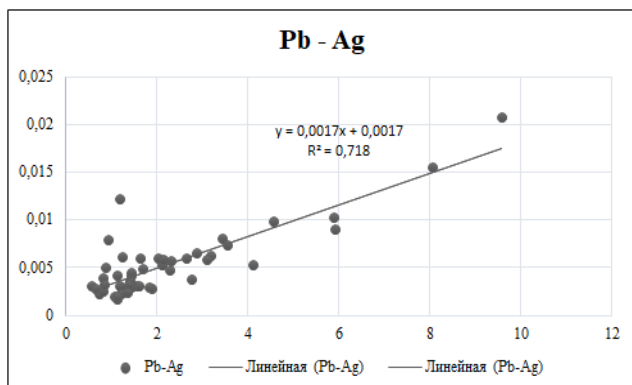


Рис. 1. Поле корреляции свинца и серебра

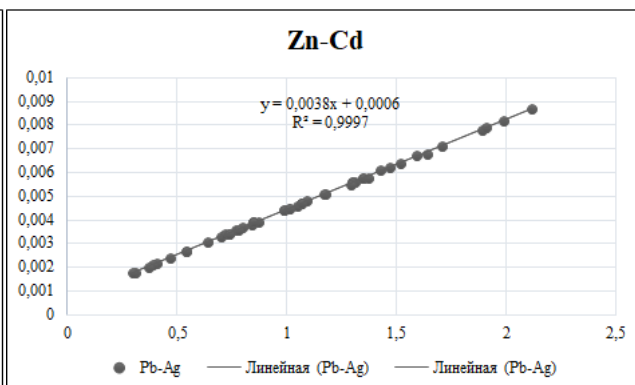


Рис.2 Поле корреляции цинка и кадмия

### Литература

1. Методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Свинцовые и цинковые руды. М.: ФГУ ГКЗ, 2007. – 39 с.
2. Мягков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра, 1984. 120 с.

УДК 550.41.553.3 (491.4)

## ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНОГО ПЛЮМА В ПРИДОННЫХ ВОДАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО КРАТЕРА ИРИНА 1, ПОЛЕ ЛОГАЧЕВ, САХ

**Петров Владимир Антонович**

Санкт-Петербургский горный университет, студент 5 курса, г. Санкт-Петербург

e-mail: volodia.gg2014@yandex.ru

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Судариков Сергей Михайлович

**Аннотация:** В пределах поля Логачев зафиксирован многослойный плюм, формирующий 3 горизонта рассеяния. Горизонты характеризуются отклонениями мутности, солености, температуры и плотности от ожидаемых значений. При помощи различных методов анализа обнаружена и исследована взаимосвязь между данными параметрами для каждого слоя. Каждый горизонт характеризуется своими особенностями связи.

**Ключевые слова:** гидротермальный плюм, поле Логачев, придонные воды, САХ, корреляция, метан

## STUDY OF THE HYDROPHYSICAL STRUCTURE OF A MULTILAYER PLUME IN THE BOTTOM WATERS OF THE HYDROTHERMAL CRATER IRINA 1, LOGACHEV FIELD, MAR

**Petrov Vladimir**

Saint Petersburg Mining University, 5<sup>th</sup> year Student, Saint Petersburg

e-mail: volodia.gg2014@yandex.ru

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Sudarikov Sergey

**Abstract:** A multilayer plume forming 3 scattering horizons is recorded within the Logachev field. Horizons are characterized by deviations of turbidity, salinity, temperature, and density from expected values. Using various analysis methods, the relationship between these parameters for each layer was discovered and investigated. Each horizon is characterized by its own communication features.

**Keywords:** hydrothermal plume, Logachev field, bottom waters, MAR, correlation, methane

Проведено детальное исследование результатов зондирования в точке в пределах рудного поля Логачев с целью нахождения и анализа зависимостей между соленостью, температурой, мутности, плотности. Также приведены данные о впервые обнаруженной отечественными исследователями аномалии метана в точке зондирования в 39-м рейсе НИС *Профессор Логачев*.

Инструментальные гидрофизические и гидрохимические наблюдения произведены в придонных водах поля Логачев, САХ при помощи стандартного CTD зондирования сопровождавшегося измерением концентраций метана датчиком *Franatech METS methane sensor* с целью детального исследования зафиксированного по гидрофизическим данным многослойного плюма вблизи гидротермального источника Ирина 1. Ранее, совместные исследования русско-французской экспедиция *SERPENTINE* на НИС *Pourquoi Pas?* показали, что источник Ирина 1 представляет собой комбинацию «дымящего» кратера и коротких труб черных курильщиков окружающих кратер и располагается поблизости от других гидротермальных источников (рис.) [4].

По гидрофизическим данным в нижнем горизонте придонных вод выделено 3 аномальных слоя, отражающих наличие горизонтов рассеяния, которые и формируют тело многослойного плюма. Наблюдение за содержанием метана показало пространственную корреляцию его значений с обнаруженным многослойным плюмом [3]. Подобное наблюдение соответствует схеме образования «атлантической» модели плюма [1].

Для определения характера взаимосвязи изменений наблюдаемых параметров с глубиной использовались корреляционный и регрессионный анализы.

Анализ проведен для придонной толщи – на высоту 155 метров от дна, поскольку в пределах данного интервала гидрофизические параметры имеют строго линейную зависимость изменения с глубиной и наименее подвержены внешнему влиянию, что позволяет лучше выделять интервалы с аномальными значениями и интерпретировать результаты.

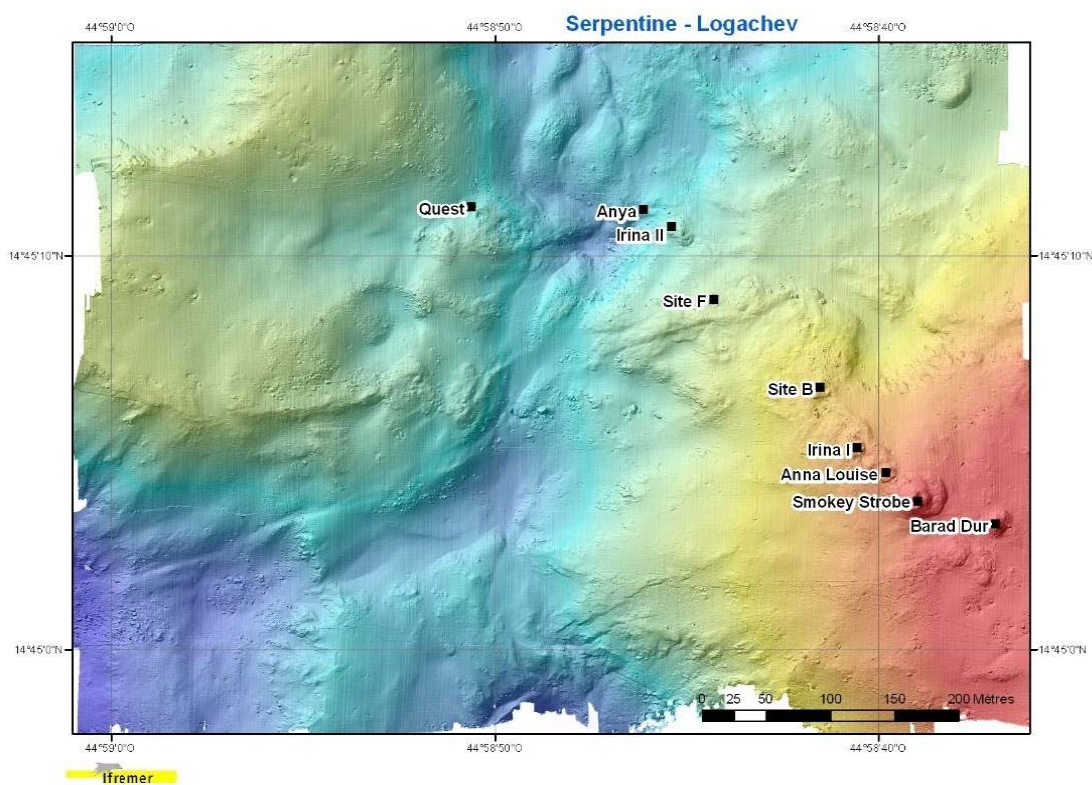


Рис. Схема расположения гидротермального источника Ирина 1 [4]

Корреляционный анализ проведен вручную аналитическим способом.

Коэффициент корреляции вычислен по формуле (1):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции;  $x_i, y_i$  –  $i$ -тое значение компонента совокупности значений;  $\bar{x}, \bar{y}$  – среднее значение компонент;  $n$  – количество компонентов совокупности значений;  $s(x), s(y)$  – стандартные отклонения совокупности значений, определяемые по формуле (2):

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Значимость получаемого коэффициента корреляции проверена по таблице критических значений коэффициента корреляции (Приложение 2), исходя из доверительной вероятности 0,99.

Для дополнительной проверки достоверности коэффициента корреляции, произведена оценка с помощью t-критерия Стьюдента, который определяется по формуле (3):

$$t = r S_r \quad (3)$$

где  $S_r$  – ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле (4).

$$S_r = 1 - r^2 n \quad (4)$$

Полученный коэффициент Стьюдента сравнен с табличным критическим значением коэффициента Стьюдента, который выбирается исходя из числа степеней свободы выборки и уровня значимости.

Дополнительно к этому, для проверки полученных данных корреляционный анализ проведен при помощи программы надстройки Microsoft Office Excel – «Пакет анализа».

После этого произведен «послойный» анализ для каждого слоя плюма. Поскольку все три аномальных слоя представляют из себя интервал водной толщи примерно в 5 метров, мощность исследуемого слоя принята 15 метров – 5 метров выше и ниже слоя и сам слой.

По результатам регрессионного анализа отмечено, что для некоторых пар параметров линейная зависимость соблюдается для температуры-солености, температуры-плотности и плотности-мутности. Дополнительно построенные графики с целью проследить зависимость изменения параметров с глубиной, показали сильную линейную зависимость для всех параметров, за исключением мутности и плотности.

Проведенный вручную корреляционный анализ позволил составить матрицу коэффициентов корреляции (табл. 1). Осуществленный следом за этим корреляционный анализ при помощи анализа данных Microsoft Office Excel позволил проверить полученные коэффициенты. Получены результаты, соответствующие рассчитанным вручную, что говорит о правдивости полученных данных.

Таблица 1

Матрица корреляции придонной толщи

	Температура	Соленость	Плотность	Мутность
Температура	1			
Соленость	0,86	1		
Плотность	-0,58	-0,08	1	
Мутность	-0,09	-0,50	-0,60	1

Проверка значимости коэффициентов корреляции при помощи критических значений коэффициента корреляции показала – связь значимая для всех параметров, кроме мутности-температуры и солености плотности.

Дополнительная проверка достоверности коэффициента корреляции, произведена при помощи t-критерия Стьюдента. Сравнив коэффициент Стьюдента с матрицей t-критерия, получено подтверждение того, что коэффициент корреляции достоверен для всех параметров кроме мутности-температуры и плотности-солености.

Результаты "послойного" анализа отличаются как от результатов анализа для всей толщи, так и друг от друга.

Верхний слой располагается в диапазоне глубин 2840-2845 метров. Здесь отмечаются – положительная температурная аномалия со скачком температуры в 0,016°C, отрицательная аномалия солености в 0,0024‰, отрицательная аномалия плотности – 0,0031 кг/м³ и положительная аномалия мутности 0,028 FTU.

Данный слой можно охарактеризовать как восходящий, высокотемпературный плюм с минерализацией заметно меньшей, чем у морской воды. Кроме того, начиная с глубины порядка 2840 метров, растворы обогащаются метаном с 0,032 мг/л до 0,112 мг/л. Высокое содержание этого малорастворимого газа может значительно снизить плотность флюида и повысить его плавучесть.

Регрессионный анализ показал, что между всеми параметрами наблюдается высокая линейная зависимость. Результаты корреляционного анализа отображены в таблице 2.

Таблица 2

Матрица корреляции верхнего слоя

	Температура	Соленость	Плотность	Мутность
Температура	1			
Соленость	-0,99	1		
Плотность	-0,99	0,99	1	
Мутность	0,86	-0,86	-0,86	1

Согласно таблице критических значений коэффициентов корреляции, определена предварительная значимость коэффициентов корреляции – связь значима для всех параметров.

При сопоставлении коэффициента Стьюдента с полученной матрицей t-критерия, выявлено, что коэффициент корреляции достоверен для всех параметров.

Для второго слоя (2880-2885 м) значение температурной аномалии составляет 0,0223°C, аномалия солености - 0,003‰, аномалия плотности – 0,0032 кг/м<sup>3</sup>, аномалия мутности 0,029 FTU. Помимо этого, с глубиной наблюдается увеличение концентрации метана. При достижении тела плюма она составляет 0,160 мг/л, и, непосредственно в плюме стремительно растет до 0,241 мг/л. Данный слой также образует восходящий высокотемпературный плюм с пониженной соленостью.

По результатам анализа выявлено, что второй слой состоит из аномалий сходных по своей структуре с верхним пиком, однако, их количественная характеристика претерпевает изменения. Результаты корреляционного анализа отображены в таблице 3.

Таблица 3

Матрица корреляции среднего слоя

	Температура	Соленость	Плотность	Мутность
Температура	1			
Соленость	-0,85	1		
Плотность	-0,96	0,96	1	
Мутность	0,77	-0,85	-0,84	1

При проверке на значимость коэффициента корреляции обоими методами выявлено, что полученные коэффициенты корреляции достоверны для всех параметров.

В нижнем слое (2920-2925 м) положительная температурная аномалия представлена скачком температуры в 0,0511°C, аномалия солености в 0,0012‰, аномалия плотности – 0,0051 кг/м<sup>3</sup>, аномалия мутности 0,029 FTU.

Нижний слой, в соответствии с результатами анализа имеет некоторые отличия от предыдущих пиков, заключающиеся в незначительном снижении тесноты связи. Это может быть связано с тем, что горизонт рассеяния ограничен слоями с пониженными значениями температуры, начинающимися резким перепадом от фоновых значений с глубины 2910 метров. Подобное поведение водной толщи объясняется тем, что гидротермальная струя вблизи устья имеет скорость и дебит достаточные для вовлечения холодных рифтовых вод [2]. Такая схема отвечает «атлантической» модели формирования плюмов. Результаты корреляционного анализа отображены в таблице 4.

Таблица 4

Матрица корреляции нижнего слоя

	Температура	Соленость	Плотность	Мутность
Температура	1			
Соленость	-0,64	1		
Плотность	-0,94	0,86	1	
Мутность	0,78	-0,75	-0,84	1

Проверка значимости коэффициента корреляции при использовании обоих методов показала, что в третьем слое связь также значима для всех параметров.



### **Литература**

1. Корчагин Н.Н., С.Г. Краснов, С.М. Сударилов, С.Б. Тамбиев. Особенности термохалинной структуры придонных вод в рифтовых зонах Тихого и Атлантического океанов вблизи гидротермальных источников // ДАН СССР, 1990. Т. 311, № 6. С.1459-1462
2. Наркевский Е.В. Факторы формирования гидрогеохимических ореолов рассеяния в зонах разгрузки гидротермальных растворов в районе 13°С.Ш. Срединно-Атлантического хребта: автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.07 / Наркевский Егор Владимирович; [Место защиты: С.-Петербург. гос. гор. ун-т]. - Санкт-Петербург, 2011. - 22 с.
3. Сударилов С.М., Наркевский Е.В., Петров В.А. Гидрофизическая структура аномалии метана в придонных водах гидротермального кратера Ирина 1, поле Логачев, САХ // Геология морей и океанов: Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. II. – М.: ИО РАН, 2019: С. 257-261
4. Y. Fouquet, G. Cherkashov J.L. Charlou et al. Serpentine Cruise-ultramafic hosted hydrothermal deposits on the Mid-Atlantic Ridge // InterRidge News. 2008. Vol. 17. P. 15-20

УДК 522.323.6

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОКСИДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПИРОПОВ СВЯЗАНЫ С ИХ АЛМАЗОНОСНОСТЬЮ НА УЧАСТКЕ УЛАН-КУРУНГ-ЮРЯХ (РЕСПУБЛИКА САХА)**

**Архипов Дмитрий Алексеевич**

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.*

*Платова, студент 4 курса г.Новочеркасск*

*e-mail: [dmitrij.arxipov.99@mail.ru](mailto:dmitrij.arxipov.99@mail.ru)*

**Научный руководитель:** *доцент, Фатуллаев Феликс Игратудинович*

**Аннотация:** в данной работе было проведено исследование рентгеноспектрального анализа, построены гистограммы изменчивости и составлена корреляционная матрица для определения силы корреляции между процентным содержанием оксидов в спектрах.

**Ключевые слова:** кимберлит, пироп, примазки, анализ.

## **THE STUDY AND ANALYSIS OF OXIDES ON THE SURFACE OF PYROPE ARE RELATED TO THEIR DIAMOND CONTENT IN THE ULAN-KURUNG-YURYAKH SECTION (SAKHA REPUBLIC)**

**Arkhipov Dmitry Aleksandrovich**

*South Russian state Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov,*

*4th year student of Novocherkassk*

*e-mail: [dmitrij.arxipov.99@mail.ru](mailto:dmitrij.arxipov.99@mail.ru)*

**Research Supervisor:** *docent, Fatullayev Felix Ehromodynamics*

**Abstract:** in this paper, x-ray spectral analysis was performed, histograms of variability were constructed, and a correlation matrix was compiled to determine the correlation strength between the percentage of oxides in the spectra.

**Keywords:** kimberlite, pyrope, primers, analysis.

Исходные данные и постановка цели и задач исследования

Материал для данной работы был собран во время прохождения научно-производственной практики в АК «АЛРОСА».



Основные данные в (табл.1) были получены методом растровой электронной микроскопией, на основе которой были исследованы пиропы из участка Улахан-Курунг-Юрх в количестве 14 штук на предмет изучения примазок на поверхности пиропов.

Пиропы были закреплены на углеродной клейкой ленте и напылены углеродом, для отвода заряда с образца.

В данной работе на основе табличных данных были построены гистограммы изменчивости процентного содержания оксидов в зависимости от спектров (рис.1-3).

Для достижения целей исследования предстоит решение следующих задач:

Создание банка данных цифровой информации, которая будет включать в себя информацию о процентном содержании оксидов в зависимости от спектров.

Построение гистограмм для определения зависимость содержаний оксидов относительно разных участков спектров и вывод.

Расчет матрицы корреляции Пирсона и ее характеристика.

Геологическая интерпретация полученных результатов.

#### Методика и результаты исследований

Первоначально был создан банк данных, который в дальнейшем предполагалось использовать для построений и расчетов. Этот банк включает информацию о процентном содержании оксидов (MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, FeO) в различных спектрах (табл.1). Банк создавался с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Химический состав примазки в пиропе №19а участок 1, вес.оксид %

Оксиды	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Спектр 4	Спектр 5	Спектр 6	Спектр 7	Спектр 8	Спектр 9	Спектр 10
	Вес. % оксид.									
MgO	4.3	10.61	12.07	9.43	8.97	1.1	3.61	4.73	1.64	1.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.95	11.54	10.92	14.49	32.16	2.81	4.38	5.45	18.33	5.82
SiO <sub>2</sub>	12.2	22.04	20.7	40.05	52.71	8.31	8.32	10.44	36.93	97.61
SO <sub>3</sub>		0.56							0.31	
K <sub>2</sub> O	0.15	0.24		3.81	4.83	6.35	0.26	0.29	3.47	0.46
CaO	2.32	3.69	3.52	3.52	3.7	0.69	1.59	2.03	1.7	1.09
TiO <sub>2</sub>					0.32	0.19			0.65	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.22	1.69	1.91	1.97	2.45	0.42	0.94	0.91	1.07	0.82
MnO	1.44	0.92	1.83	1.13			1.74	1.33		
FeO	41.91	39.51	38.63	28.52	4.08	3.92	44.59	45.7	6.12	1.93
Сумма	69.49	90.8	89.59	102.91	109.21	23.78	65.44	70.88	70.22	109.62

Далее, так же с применением программы Microsoft Excel, были построены гистограммы изменчивости исследуемых оксидов в зависимости от спектров (рис. 1-3).

Затем в программе Microsoft Excel была построена матрица корреляции Пирсона по всем исследуемым параметрам, включая глубину интервала опробования (табл.2).

В дальнейшем построенные графики и матрица были описаны, сопоставлены друг с другом, и был сделан вывод о закономерностях изменчивости параметров и их геологической обусловленности.

"3<" " " " " " 0' "

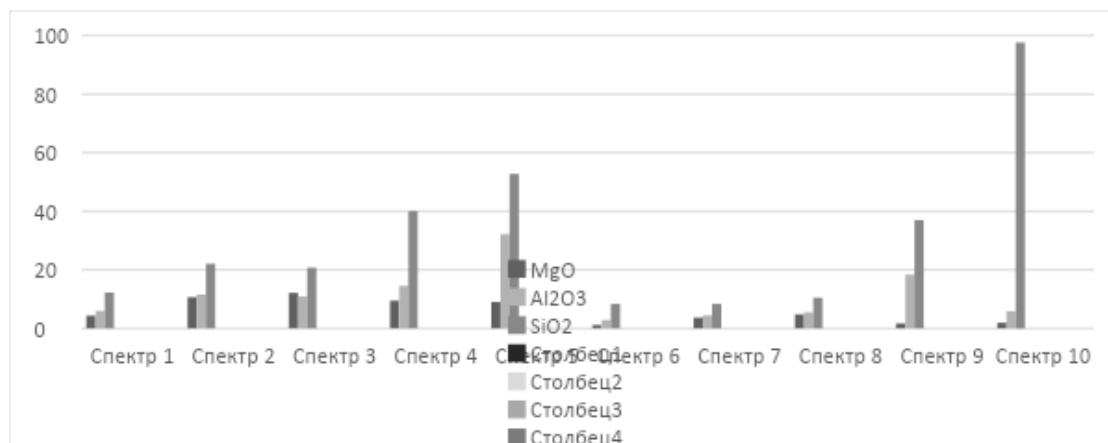


Рис. 1. Гистограммы изменчивости

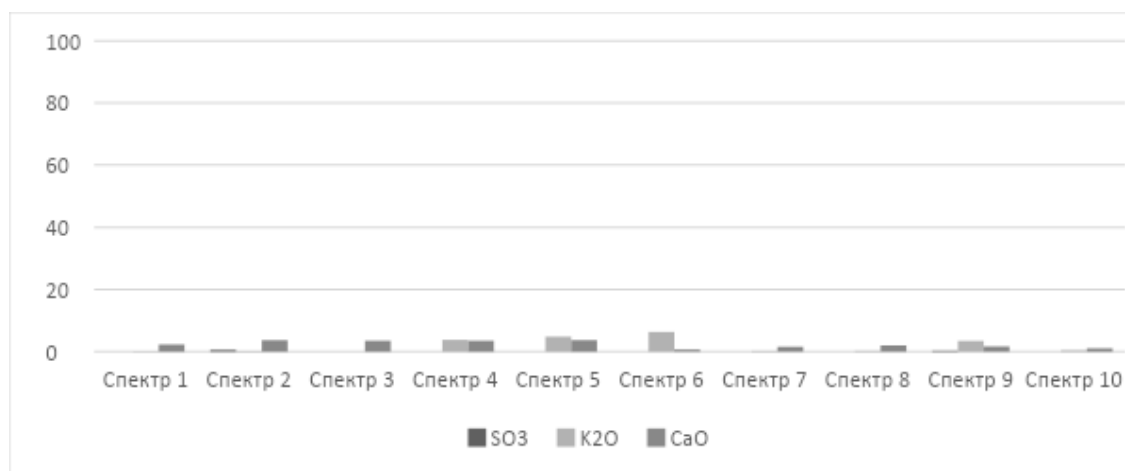


Рис. 2. Гистограммы изменчивости

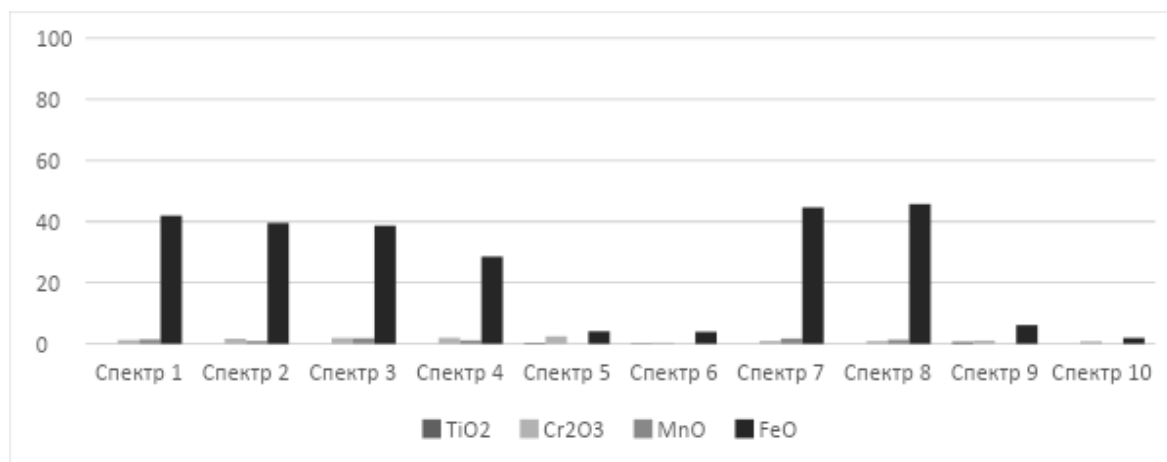


Рис.3. Гистограммы изменчивости

Анализ гистограмм позволяет определить зависимость содержаний оксидов относительно разных участков спектров (рис.4).

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что на пиробах в примазках в большей степени присутствует оксид алюминия, диоксид кремния и оксид железа.



Рис.4. Участок 1 зерно19а

Таблица 2

Матрица корреляции Пирсона оксидов

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO
MgO		0,42	-0,08	0,19	-0,05	0,95	-0,32	0,86	0,43	0,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,42		0,32	0,15	0,43	0,6	0,56	0,78	-0,38	-0,39
SiO <sub>2</sub>	-0,08	0,32		-0,06	0,01	-0,03	0,12	0,16	-0,57	-0,63
SO <sub>3</sub>	0,19	0,15	-0,06		-0,18	0,26	0,26	0,1	-0,16	0,05
K <sub>2</sub> O	-0,05	0,43	0,01	-0,18		-0,02	0,55	0,14	-0,63	-0,68
CaO	0,95	0,60	-0,03	0,26	-0,02		-0,15	0,94	0,33	0,33
TiO <sub>2</sub>	-0,33	0,56	0,12	0,26	0,55	-0,15		0	-0,64	-0,62
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,86	0,78	0,16	0,10	0,14	0,94	0		0,14	0,08
MnO	0,43	-0,38	-0,57	-0,16	-0,63	0,33	-0,64	0,14		0,94
FeO	0,4	-0,4	-0,63	0,05	-0,68	0,33	-0,62	0,08	0,94	

Анализ рассчитанной корреляционной матрицы Пирсона показал степень взаимозависимостей оксидов. Весьма высокая сила корреляционной связи получилась между оксидами: MgO и CaO (коэффициент корреляции 0,95), CaO и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (коэффициент корреляции 0,94) и MnO с FeO (коэффициент корреляции 0,94) и высокая у оксидов: MgO и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (коэффициент корреляции 0,86) и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (коэффициент корреляции 0,78).

### Заключение

Исследовав гистограммы изменчивости и проанализировав матрицу корреляции Пирсона оксидов, мы получили данные о силе корреляционной связи, от которой зависит алмазность кимберлитов.

Как известно, ранее (Милашев, 1965; Кривонос, 1998; Соболев, 1974; и др.) были установлены петрохимические и минералогические критерии алмазности кимберлитов. Сущность петрохимического критерия заключается в установлении прямой корреляционной зависимости между магнезиальностью кимберлитовых пород и их алмазностью. Минералогические критерии алмазности были установлены академиком Н.В. Соболевым по составу граната и хромшпинелидов. Было предположено наличие прямой зависимости уровня алмазности от содержания в кимберлитах граната, принадлежащего к низкокальциевому высокохромистому дунит-гарцбургитовому парагенезису, и хромшпинелидов с содержанием Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 62% и TiO<sub>2</sub> < 0,5%. Количество алмазов в кимберлитах определяется содержанием в них свободного углерода.

Другими словами, содержание алмазов в кимберлитах резко возрастает с увеличением Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и понижением TiO<sub>2</sub>. Также она возрастает с увеличением содержания в кимберлитах CaO и уменьшением TiO<sub>2</sub> и при величии соотношений MgO/FeO. В данном случае соотношение MgO/FeO получилось равным 0,4 что указывает на положительную алмазность.

На основании полученных результатов можно предположить о средней алмазности данного кимберлитового источника, т.к. не во всех спектрах корреляция между оксидами принимает положительный результат.

### *Литература*

1. Борис Е. И., Афанасьев В. П., Романов Н. Н. Отчет о научно-исследовательской работе: «Оценка перспектив алмазности на основе выяснения структурно-фациальных условий формирования и вещественного состава кимберлитов и ореолов рассеяния ИМК в Чернышевском и Алданском районах Якутии. 1984 г. Фонды БГРЭ, Фонд. № 1748.
2. Князьков А.П., Пелецкий М.Н. и др. Отчет о поисках коренных месторождений алмазов комплексом геолого-геофизических методов в нижнем течении р. Большая Ботуобия за 1998-2002 г.г. (объект Нижне-Ботуобинский). Фонды БГРЭ. Инв. № 1936.
3. Коробков И.Г. Отчет о результатах работ на алмазы в нижнем течении р. Б.Ботуобия за 1985-1987 г.г. 1987 г. Фонды БГРЭ. Инв. № 398.
4. Подвысоцкий В.Т., Белов Е.Н. Состав и условия формирования древних осадочных коллекторов и россыпей алмазов. Иркутск, 1995 г.

УДК 553.495

## **ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ УЧАСТКА 4 МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНКАЙ**

*Аскар А.Е.*

*Satbayev University, магистрант 2 года обучения, г. Алматы, e-mail: ayauasksr@gmail.com*

*Научный руководитель: доктор Phd, ассоциированный профессор Бекботаева А.А.*

**Аннотация:** Участок 4 месторождения Инкай является представителем пластово-инфильтрационных месторождений урана с оруденением, приуроченным к проницаемым водоносным горизонтам, в которых развивается окислительная рудоконтролирующая эпигенетическая зональность. Было дано описание геологического строения месторождения его стратиграфии, тектоники и положения в общем структурном плане.

**Ключевые слова:** уран, месторождения Инкай, пластово-инфильтрационное месторождение, урановое оруденение, Шу-Сарысуйская депрессия.

## **FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND URANIUM MINERALIZATION OF AREA 4 OF THE INCAY DEPOSIT**

*Askar A.E.*

*Satbayev University. 2nd year Master's Degree Student, Almaty city, e-mail: ayauasksr@gmail.com*

*Research Supervisor: Phd doctor, associate professor Bekbotaeva A.A.*

**Abstract:** Area 4 of the Inkay deposit is a representative of reservoir-infiltration uranium deposits with mineralization confined to permeable aquifers in which oxidizing ore-controlling epigenetic zonality develops. A description was given of the geological structure of the deposit of its stratigraphy, tectonics and position in the general structural plan.

**Keywords:** uranium, Inkay deposit, reservoir-infiltration deposit, uranium mineralization, Chu-Sarysu depression.

Инкай – пластово–инфильтрационное месторождение в Казахстане, сформированный в условиях напорных пластовых (артезианских) инфильтрационных гидродинамических систем. Оно расположено в юго-западной части Шу-Сарысуьской депрессии [3].

Современный структурный план депрессии и района месторождения сформировался на границе плиоцена и четвертичного времени в результате резкого воздымания обрамляющих горстовых сооружений. В связи с возникновением Каратауского горстантиклинория произошло отделение Шу-Сарысуьской депрессии от соседней Сырдарьинской, и в дальнейшем они развивались как самостоятельные структуры [2].

Район месторождения приурочен к крупной структуре второго порядка – Сарысуьской впадине. С севера и востока, последняя окаймляется Казахским щитом, на юго-западе ограничивается Каратауским горстантиклинорием, а на юго-востоке Уланбель-Таласской седловиной отделяется от Восточно-Моинкумского склона. Впадина характеризуется пологим региональным погружением отложений чехла в юго-западном направлении. В этой же ее части выделяется Сузакский прогиб, где общая мощность чехла достигает 800 м. Юго-западный борт прогиба, обращенный к Каратаускому антиклинорию значительно круче, чем северо-восточный. Южная граница месторождения захватывает северо-восточный борт Сузакского прогиба и в северном направлении переходит на Бугуджильское поднятие.

Мезозойско-кайнозойские отложения разделяются на три комплекса: юрский – предплатформенный, мел-палеогеновый – платформенный и неоген-четвертичный – платформенно-суборогенный [1].

Отложения позднего мела представлен тремя горизонтами: мынкудукским ( $K.t$ , ранний турон), инкудукским ( $K.t_{km} - P_{g1}$ , поздний турон-коньяк-сантон) и жалпакским ( $K.km - P_{g2}$ , кампан-маастрихт до раннего палеоцена) Разрез мезозойско-кайнозойских отложений начинается пестроцветными, плотными гравийно-песчано-глинистыми образованиями, локализованными в понижениях поверхности средне-позднепалеозойского этажа предположительно сеноманского возраста. На месторождении рудовмещающий комплекс представлен мынкудукским и инкудукским горизонтами. Рудоносные зоны месторождения прослеживаются с северо-востока на юг [1].

Мынкудукский горизонт ( $K.t_{mk}$ ) на территории района представлен пачкой сероцветных и пестроцветных аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений, накопленных в условиях туронской речной системы, ориентированной, в целом, с юго-востока на северо-запад.

В вертикальном разрезе горизонта хорошо проявлена закономерность смены литолого-фациальных обстановок снизу вверх:

- стрежнево-русовые, разнзернистые пески с гравием и галькой;
- пойменные отложения среднезернистых песков;
- средне-мелкозернистые пески с прослоями глин пойменно-старичных фаций.

Мощность мынкудукского горизонта на участке – от 55 м до 65 м.

Инкудукский горизонт ( $K.t_{st in}$ ) залегает на отложениях турона с отчетливой границей размыва. Отличается грубозернистым составом и низкой степенью сортировки материала. В его разрезе выделяются три подгоризонта (цикла), которые начинаются гравийно-галечными отложениями и завершаются мелко-среднезернистыми песками с прослоями и линзами глин. Средняя мощность нижнего подгоризонта от 30 м до 35 м, среднего от 55 м до 60 м, верхнего от 25 м до 35 м.

Жалпакский горизонт ( $K.km - P_{1gp}$ ) залегает на инкудукском с незначительным перерывом. Расчленяется на два подгоризонта: нижний-сероцветный и верхний-пестроцветный. Отложения пестроцветной части горизонта представлены преимущественно песками средне-мелкозернистыми зеленовато-желтовато-буро-красных тонов и оттенков. Верхняя часть подгоризонта сложена красновато-бурыми глинами. Глины карбонатизированы и являются региональной границей разделения соленых вод мелового комплекса от пресных палеогеновых вод. Мощность "пестроцветного" подгоризонта – от 20 м до 60 м.

Палеогеновые отложения представлены четырьмя горизонтами: уванасский, уюкский, иканский и интымакский. Условия для развития в них рудоконтролирующих ЗПО и эпигенетического оруденения здесь отсутствует [1].

Урановые руды залегают в проницаемых породах артезианских бассейнов и контролируются границами зона пластового окисления (ЗПО), а их контуры в плане и разрезе определены по данным гамма-каротажа по кондиционному бортовому содержанию урана 0,01 % и минимальному бортовому метропроценту 0,0400. Рудные залежи в них, как правило имеют форму роллов – удлиненно-серповидных в поперечном сечении и лентовидных в плане тел [3].

Урановое оруденение локализуется практически во всех литологических разностях пород с определенным тяготением к среднезернистым пескам. Основная масса урана концентрируется в порах глинисто-алевритового заполнителя [2].

Параметры оруденения меняются в широких пределах: содержание урана от 0,025 % до 0,040 %, в среднем 0,029 %, мощности от 2,56 м до 7,09 м, в среднем по залежи – 4,47 м.

Руды силикатные. В составе рудных песков преобладают нерастворимые и труднорастворимые в кислотах минералы. Породообразующие: кварц, полевой шпат, обломки кремнистых пород и слюды. А также монтмориллонит, каолинит и слюды находятся в устойчивой ассоциации друг с другом. Урановая минерализация представлена настураном и коффином в соотношении: в целом для месторождения 82 и 18 % [1].

Таблица 1

Соотношение урановых минералов: настурана и коффинита на участке 4

Горизонт	На стуран	Коф финит
Инкудукский	77	23
Мынкудукский	87	13
В целом, по месторождению	82	18

Месторождения Инкай является представителем пластово-инфильтрационных месторождений урана с оруденением, приуроченным к проницаемым водоносным горизонтам, в которых развивается окислительная рудоконтролирующая эпигенетическая зональность.

Основными особенностями месторождения и участка являются:

- субгоризонтальное и субсогласное с напластованием пород положение урановорудных залежей в пределах продуктивных горизонтов;
- крупные размеры и лентообразная форма рудных залежей в плане с выдержанным на значительное расстояние простираем;
- изменчивость мощности рудных тел и роллообразная форма залежей в разрезах;
- изменчивость содержания урана как по простираению, так и падению;
- залегание руд в сложных горно-геологических условиях (напорные воды);
- контроль оруденения выклиниванием зоны пластового окисления.

### Литература

*Отчет по результатам оценочных работ с подсчетом запасов урана и полезных попутных компонентов на участке 4 месторождения Инкай по состоянию на 01.01.2018 г.- Алматы, 2018.*

*Петров Н.Н., Язиков В.Г., Аубакиров Х.Б., Плеханов В.Н., Вершков А.Ф., В.Ф.Лухтин. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные)/. – Алматы. Гылым, 1995. -264с.*

*Поезжаев И.П., Полиновский К.Д., Горбатенко О.А., Панова Е.Н., Буленова К.Ж., Карманов Е.М., Былинский П.А., Битовит О.А.. Геотехнология урана/. – Алматы, 2017. – 328 с*

УДК 553.44

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ТЕРРИКОНОВ<sup>©</sup>

**Гаянов Руслан Вакилевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,*

*магистрант 2 курса, г. Пермь*

*e-mail: [ruslankagrm@gmail.com](mailto:ruslankagrm@gmail.com)*

**Научный руководитель:** *д.г.-м.н., профессор кафедры поисков и разведки полезных ископаемых, Наумов Владимир Александрович*

**Аннотация:** Рассмотрены основные тенденции в области утилизации и отработки терриконов ДУБа (Донецкого угольного бассейна). Использование отходов шахтного производства в строительной, металлургической, газовой и других отраслях. В ходе сравнительного анализа установлено, что отработка терриконов позволит восполнить сырьевую базу, улучшить экологическую ситуацию и повысить доходы всей отрасли.

**Ключевые слова:** террикон; угольная промышленность; шахтные отвалы; утилизация промышленных отходов, отходы добычи углей, отходы обогащения углей.

## COAL WASTE HEAPS: PROSPECTS OF UTILIZATION AND PROCESSING

*Ruslan Gayanov*

*Perm State National Research University,*

*2nd year master's student, Perm*

*e-mail: ruslankagrm@gmail.com*

*Scientific supervisor: doctor of geological and mineralogical Sciences,*

*Director of the natural Science Institute of Perm State National Research University,*

*Professor of the Department of mineral prospecting and exploration,*

*Naumov Vladimir Alexandrovich*

**Abstract::** In this article, we considered the main trends in the field of utilization and processing of Coal heaps (Donetsk coal basin). Mine waste is in use in construction, metallurgy, gas and other industries. During comparative analysis, we found that coal waste heaps processions could fill resources of raw materials, improve environmental situation and increase the income of the entire industry.

**Keywords:** waste heap; coal industry; mine dumps; industrial waste disposal, coal mining waste, coal enrichment waste;

На территории бывшего СССР угледобыча всегда сопровождалась образованием большого количества отходов производства или техногенных образований (ТО): сточные воды, шахтные отвалы, хвосты обогащения, шахтный метан. ТО изменяют экологическую обстановку района, а их транспортировка, сбор и хранение требуют больших затрат. Потенциал отработки терриконов с целью вторичной переработки сейчас активно рассматривается по всему миру. В отвалах шахт находится огромное количество редких и цветных металлов, газа, железа, алюминия и других полезных ресурсов. Терриконы следует рассматривать как альтернативный источник пополнения сырьевой базы, тем более в условиях постепенного истощения природных ресурсов. Основные тенденции использования и отработки терриконов, возможность их применения важно оценить для территории Пермского края. Состав пород отложений КУБа (Кизеловский угольный бассейн) схож с составом отложений Донецкого угольного бассейна (ДУБа), поэтому все рассмотренные технологии, разработанные для ДУБа могут быть применены и в Пермском крае [1,3].

На территории ДУБа имеются значительные запасы техногенного сырья, пригодного для вторичного производства. Здесь насчитывается порядка 690 отвалов терриконов. Для сравнения: в Пермском крае, где добыча остановлена более 30 лет до сих пор не утилизирован 31 террикон. В этих отвалах сосредоточены большие запасы металлов (Zn, Al, Mb, Ga, Ge, Cb, W, Pb и др.). Большинство из этих элементов при термической переработке переходят в зольный остаток, из которого их можно извлекать [7]. Стоит отметить, что содержание этих элементов значительно выше их кларка в земной коре. Эти запасы соизмеримы по объему с некоторыми действующими месторождениями, их разработка может быть экономически выгодной, особенно в условиях постепенного истощения природных ресурсов. Поэтому уже сейчас следует рассматривать отходы угольного производства как альтернативный источник пополнения сырьевой базы. В связи с ухудшением экологической обстановки резко стоит вопрос об утилизации и вторичной переработки шахтных отвалов и сопутствующих им вод [3].

Основными продуктами переработки отвальных пород являются альтернативные источники, представляющие собой газообразные, жидкие и твердые энергоносители; органические растворители; сырье для органического синтеза; тепловая и электрическая энергия; питьевая, минерализованная и техническая вода; строительные материалы; керамические изделия; сырье для спечссплавов, цветных и редких металлов; фильтранты, сорбенты; антисептики, химреагенты; газы, в том числе редкие. В

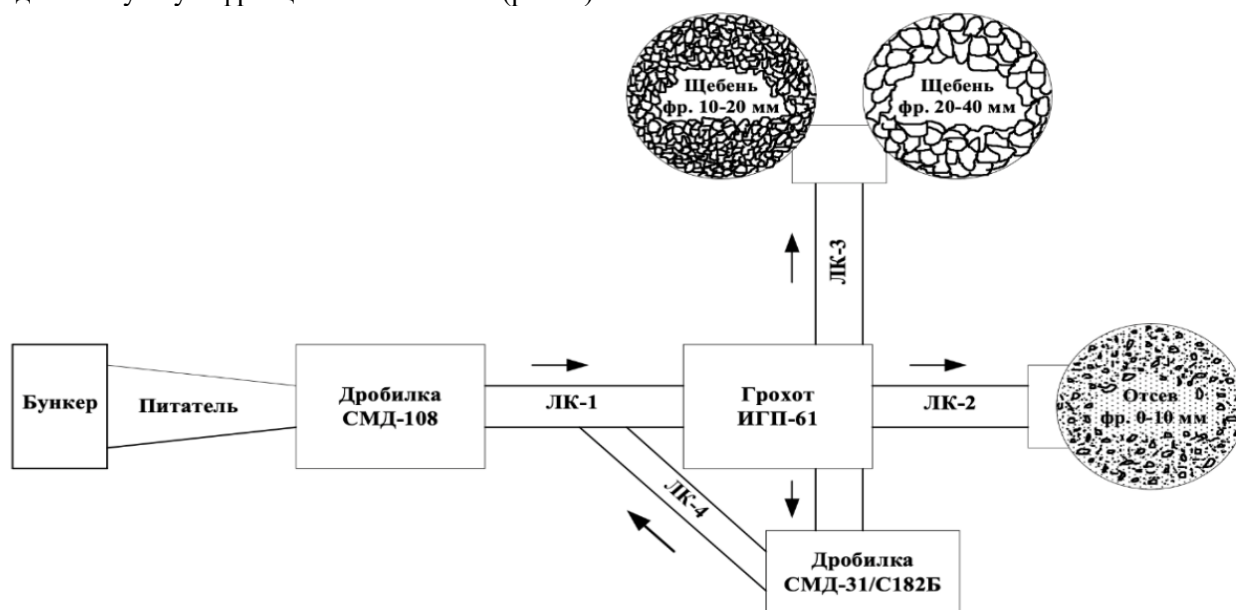
статье [4] показана полная схема утилизации отходов хозяйственной деятельности шахт в товарные продукты.

Во многих странах мира отходы угольной промышленности используются преимущественно в строительной, топливной, металлургической, химической промышленности.

Рассмотрим существующие разработки в строительной промышленности [1] по изготовлению строительных материалов из шахтных пород свидетельствуют о технико-экономических перспективах этого вида сырья. Это обусловлено тремя причинами. Во-первых, имеются огромные запасы отходов шахтного производства, во-вторых, ухудшается экологическая ситуация вблизи шахт, и в-третьих, продолжается поиск нового минерального сырья, не уступающего по качеству и свойствам традиционному, но более дешевого и доступного. Сейчас технология извлечения сырья из отвалов не так распространена. Основные причины этого: неоднородность физико-химических пород шахтных отвалов, их состав, необходимость дополнительных затрат на их извлечение и обогащение, а также консерватизм в данной области промышленности. Оработано пять основных направлений переработки терриконов:

- строительные материалы (цемент, кирпич, блоки) — 35%;
- дорожное строительство (наполнители для дорожного полотна) -20%;
- сельское хозяйство (стабилизаторы почвы) — 15 %;
- производство различных наполнителей 15%;
- строительные проекты (стенной материал) - 10;
- другое - 5%

Например, ООО «Донстройресурс» использует технологию производства заполнителей из шахтных пород, они используют дробильно-сортировочный комплекс, который позволяет им выделить нужную фракцию заполнителя (рис .1).



Технологическая схема расположения оборудования дробильного комплекса на базе породного отвала № 4 Ё1 (ООО «Донстройресурс»)

Рис. 1. Технологическая схема расположения оборудования дробильного комплекса на базе породного отвала №4 (ООО «Донстройресурс»)

Такие заполнители обладают уникальными свойствами: они практически не содержат глинистых частиц, в них отсутствуют вредные компоненты и примеси, они выдерживают все испытания на прочность и водостойкость. Частицы данных пород не окатаны, шероховаты, обладают меньшей плотностью и практически не содержат глинистых примесей. Эти факторы повышают сцепление частиц щебня в конструкционных слоях дорожного полотна и с вяжущими материалами в бетонных растворах с уникальными физико-химическими свойствами [1].

Щебеночнопесчаные смеси хорошо уплотняются и самопроизвольно цементируются. Заполнители их горелых пород постепенно завоевывают рынок. Однако их потребление сдерживается консервативностью этого рынка. Практический опыт применения таких заполнителей уже имеется в г.Гуково Ростовской области (строительство дорожного полотна, благоустройство территории) [1].



Отходы угольных предприятий используют для производства керамического кирпича, портландцемента, растворов известковых вяжущих веществ, различных видов бетона [6], шлакоблоков, пустотных плит перекрытий из горелого бетона [1]. Одним из основных применений пород отвалов служит заполнение шахтных выработок. Данная технология позволяет улучшить экологическую обстановку и снизить нагрузку на нижележащие толщи, и предотвратить развитие карстообразования.

Сейчас во многих странах углеотходы используются в качестве низкокачественного (высокозольного) топлива. За рубежом осуществляется переработка углеродсодержащих пород отвалов методом сепарации в отсадочных машинах обогатительных фабрик. В США, Турции, Польше и др. странах из углесодержащих пород терриконов на специальных установках производится топливо. Переработка осуществляется в гидроциклонах, в которых утяжелителем служит высокозольная фракция (крупностью менее 1 мм), полученная непосредственно при обогащении.

В работе [4] изложен очень интересный проект по ликвидации шахтных терриконов с помощью технологии газификации с попутным производством тепловой энергии и получением химических элементов и редких металлов (рис. 2). Этот проект позволит обеспечить теплом близлежащие территории и значительно улучшить экологическую ситуацию районов добычи. Данный проект планируется использовать на территории ДУБа.

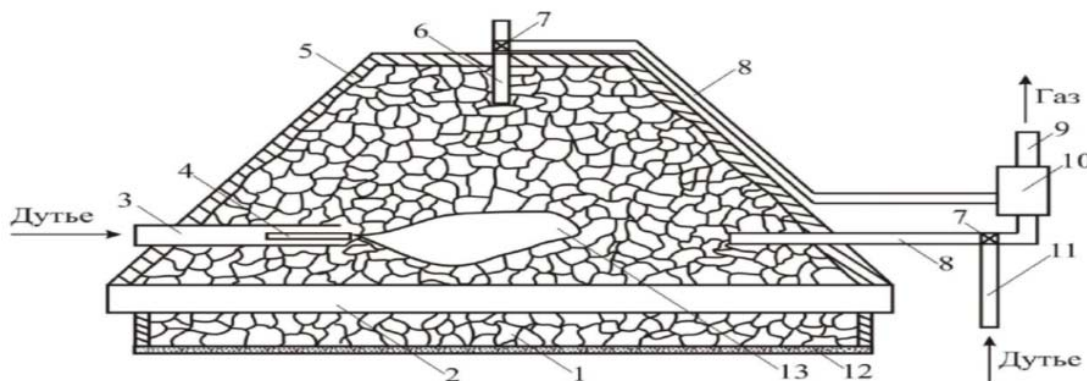


Рис. 1. Технологическая схема газификации шахтных терриконов:

1 – Кусковая масса угольно-породного отвала; 2 – Теплогенерирующая обсадная труба; 3 – горизонтальная нагнетательная труба (скважина); 4 – газоздушная горелка; 5 – герметизирующий покров террикона; 6 – вертикальная труба (скважина) для насыщения породного отвала жидкими продуктами и отвода газа; 7 – переключатель; 8 – отводная газовая труба; 9 – газопровод; 10 – газоочистительная установка; 11 – подпиточная дутьевая труба; 12 – гидроизоляционный подстилающий слой; 13 – зона газификации (огневой забой).

Рис.2. Технологическая схема газификации шахтных терриконов:

1-Кусковая масса угольно-природного отвала; 2 – Теплогенерирующая обсадная труба; 3 – горизонтальная нагнетательная труба (скважина); 4 – газоздушная горелка; 5 – герметизирующий покров терриконов; 6 – вертикальная труба (скважина) для насыщения природного отвала жидкими продуктами и отвода газа; 7 – переключатель; 8 - отводная газовая труба; 9 – газопровод; 10 – газоочистительная установка; 11 – подпиточная дутьевая труба; 12 – гидроизоляционный подстилающий слой; 13 – зона газификации (огневой забой).

В источнике литературы [4] приведены две принципиальные схемы комплексной безотходной утилизации отвальной породы. По одной схеме утилизация предполагает возможность получения Ga, Ge, Bi из сульфидов, которые будут отделены от остальной породы методом флотации. По другой схеме получение металлов возможно из всей отвальной породы путем биохимического окисления изменяющегося в ней пирита.

В работе [4] говорится, что получение Ga, Ge, Al из отвальной породы с помощью флотационного метода целесообразно объединять с бактериальным окислением по кучному методу. Сейчас разработан уникальный проект, по которому на базе закрывшихся шахт будут возведены мини-заводы по 100% переработке горной массы отвалов. Выделение фракций планируется с помощью электростатического метода [4,6].

Породы шахтных отходов также могут служить сырьем для получения алюминия. Оксид алюминия – это потенциальный источник сырья для алюминиевой промышленности, из него можно

получить вторичный глинозем. Данная технология активно используется в Китае [8]. На 2012 год планировалось извлекать 240 млн. тонн оксида алюминия и 200 млн. тонн силиката кальция.

Недавно Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Институт горючих ископаемых» (ФГУП ИГИ) разработало проект получения из вскрышной породы коагулянта для очистки сточных и питьевых вод [2] на основе пород Подмосковского угольного бассейна (содержание оксида алюминия в золе 30—40 мас. %). На первом этапе породу обжигают при высокой температуре (500 - 600 градусов), затем выделяют раствор сульфата алюминия методом кислотного выщелачивания. Последний выпаривают и получают высококачественный коагулянт с 80%-м выходом. Потребность в таком коагулянте для очистки сточных и питьевых вод в Европейской части России превышает 200 тыс. т/год [2]. Проект утилизации отходов угольной промышленности был опробован на Жилевской опытно-промышленной обогатительной фабрике, но масштабного внедрения пока не последовало. Отвальные породы также могут быть источником более дешевого урана. Разработка в данном направлении велась компанией Sparton Resources (Канада).

Таким образом, представленный анализ использования угольных терриконов показывает, что утилизация и обработка терриконов являются перспективным направлением использования ТО с учетом экологической и с технико-экономической позиций. Отходы угольной промышленности используются в строительной, топливной, металлургической, химической промышленности.

Пригодность ТО угольных терриконов для переработки зависит от их физического состояния, гранулометрического, минерального и химического составов, содержания серы, углистого вещества, физико-механических свойств, степени однородности, токсичности и некоторых других специфических особенностей. Все эти свойства разнятся от террикона к террикону, а значит к их освоению следует подходить индивидуально рассмотренные практики реализованы или находятся на стадии планирования в районе ДУБа, что может быть использовано в нашем регионе на объектах КУБа.

### **Литература**

1. Буравчук Н.И., Гурьянова О.В. Использование техногенного сырья в производстве нерудных строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2015. вып. 1. С. 111-117.
2. Делицын Л. М., Ежова Н. Н., Власов С. С., Сударева С. В. Перспективы переработки отходов добычи и обогащения углей в товарную продукцию. // Экология промышленного производства, 2014 г. С. 17
3. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения: монография. ПГНИУ, 2018 г. С. 50-70.
4. Табаченко Н.Н., Дычковский Р.Е., Фальштынский В.С., Лозинский В.Г. Современный подход к ликвидации шахтных породных отвалов. // II Международная конференция «Подземные катастрофы: модели, прогноз, предотвращение», Днепрпетровск, Украина, 2001 г.
5. Уханева М. И., Хоботова Э. Б. Утилизация отходов хозяйственной деятельности угольных предприятий // Региональная научная конференция «Комплексное использование недр». – ДонНТУ. – 2011.
6. Филиппова Я. В., Ефимов В. Г. К вопросу использования шахтных пород для получения алюминийсодержащего сырья // Региональная научная конференция «Комплексное использование недр». – ДонНТУ. – 2011.
7. Чудновец В. Л. Обоснование направлений комплексного использования шахтной породы в качестве вторичного сырьевого ресурса. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/coal/332070-obosnovanie-napravleniy-kompleksnogo-ispolzovaniya-shakhtnoy-porody-v-kachestve-vtorichnogo-syreвого>
8. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ect-center.com/blog/zoloshlakovie-othody-2/> Золошлаковые отходы. Часть 2: экономическая выгода переработки / 2016 г.

УДК 55.3179

## РОЛЬ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ФОРМАЦИЙ В ОБРАЗОВАНИИ РОССЫПЕЙ БОДАЙБИНСКОГО РАЙОНА<sup>©</sup>

*Плюснин Илья Александрович*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант, г. Пермь  
e-mail: psevdowolf66@gmail.com*

*Мовзитова Ксения Ильнуровна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, экстерн, г. Пермь  
e-mail: ksyumovzitova@mail.ru*

*Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Наумов Владимир Александрович*

**Аннотация.** Проведено изучение и сделан анализ гранулометрического состава по течению россыпи реки Маракан. Установлена закономерность распределения золота вдоль течения реки. Можно предположить, что гранулометрический состав золота несет унаследованный характер окружающих (и подстилающих) россыпей золоторудных формаций. Проявляется дифференциация золота по крупности.

**Ключевые слова:** золото, источник питания, черносланцевые формации.

## THE ROLE OF BLACK SHALE FORMATIONS IN THE FORMATION OF PLACERS OF THE BODAIBO DISTRICT

*Plyusnin Ilya*

*Perm State University, post-graduate student, Perm  
e-mail: psevdowolf66@gmail.com*

*Movzitova Kseniia*

*Perm state national research University, extern, Perm  
e-mail: ksyumovzitova@mail.ru*

*Scientific supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Vladimir Naumov*

**Abstract:** the study And analysis of the granulometric composition along the course of the placer of the Maracan river. The regularity of the distribution of gold along the river is established. It can be assumed that the granulometric composition of gold bears the inherited character of the surrounding (and underlying) placers of gold formations. There is a differentiation of gold by size.

**Keywords:** gold, power source, black-shale formations.

Золотоносная россыпь реки Маракан находится в Бодайбинском районе Иркутской области. Геологическое строение бассейна реки Маракан отличается тем, что располагается на стыке трех тектонических структур первого порядка – Бодайбинского и Мамского синклиналиев и Чуйско-Нечерского антиклинория. По составу это в различной степени метаморфизованные первично-осадочные породы патамской серии позднепротерозойского возраста. В долине реки Маракан широко распространены рыхлые образования элювиального, аллювиального, флювиогляциального, делювиально-солифлюкционного происхождения [1].

В 2014-2016 гг. в ходе эксплуатационных работ АО «Лензолото» был проведен ситовой анализ золота на разных участках месторождения. Ситовой анализ был проведен по группам проб, отобранным снизу вверх по современному течению реки (рис.1).

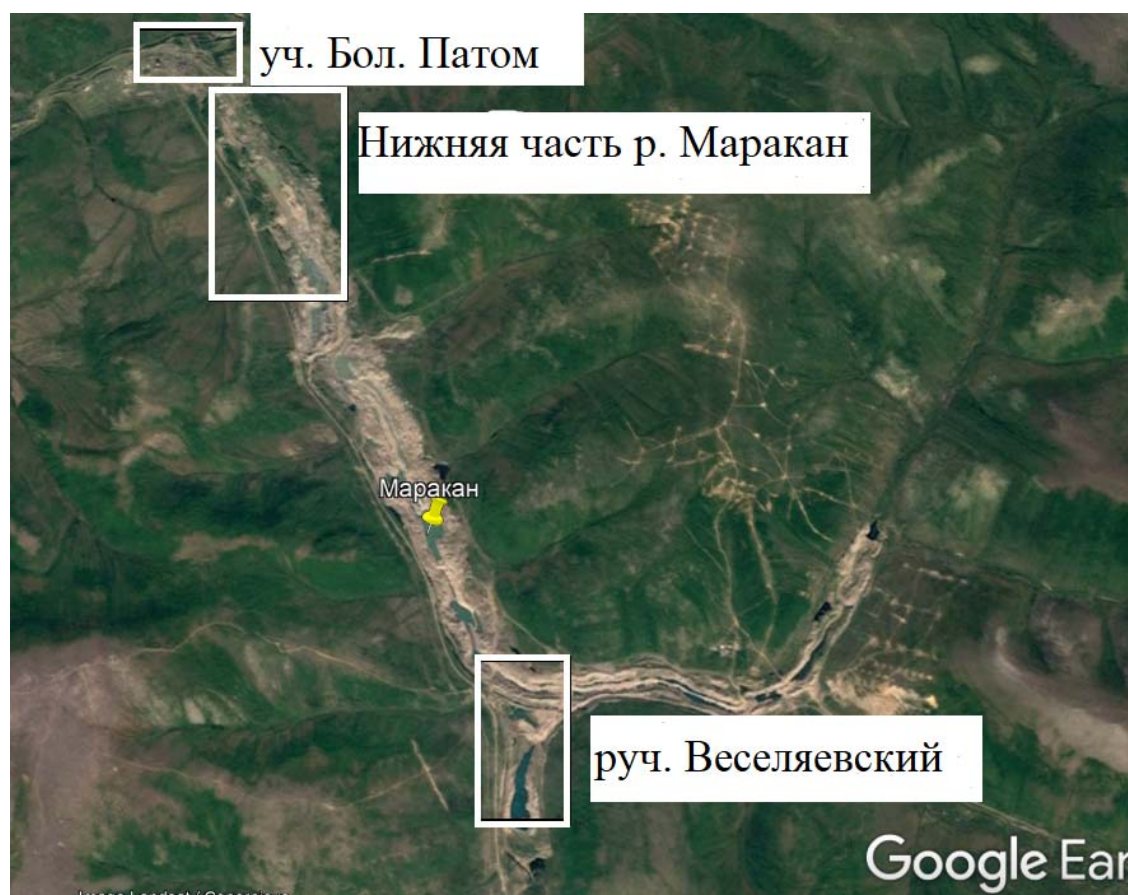


Рис. 1 План опробования ситового анализа

В результате было установлено, что на участке дражного полигона Большой Патом в устье реки Маракан по данным ситового анализа, проведенного при геологоразведочных работах (табл. 1) золото преимущественно средней крупности (+1,0-2,0 мм) и крупное (+2,0-4,0 мм). Золото окатанное, полуокатанное, пластинчатой, таблитчатой формы с ровными, реже зазубренными краями. Встречаются комковидные, палочковидные формы зерен. Цвет золота золотисто-желтый, около 2-3% золотинок имеют зеленоватый оттенок, некоторые золотины заключены в «рубашки» из гидрооксидов железа. Наблюдаются золотины в сростании с кварцем [1].

Таблица 1

Результаты ситового анализа участка Большой Патом

№№	Фракция, мм	Вес Au, гр	Выход фракции, %
1	-0,1	0,13	0,60
2	+0,1-0,3	0,87	4,04
3	+0,3-0,5	1,86	8,63
4	<b>+0,5-1,0</b>	6,4	<b>29,70</b>
5	<b>+1,0-2,0</b>	6,78	<b>31,46</b>
6	<b>+2,0-4,0</b>	2,94	<b>13,64</b>
7	+4,0	2,57	11,93
Итого		21,55	100

В нижней части россыпи реки Маракан золото представлено зернами мелких, средних и крупных классов. Преобладает класс золота +2,0-4,0 мм. При этом основная масса золота (87%) сосредоточена в трех фракциях (плюс 0,5 мм – минус 4,0 мм), из которых 40,5 % принадлежит зернам средней крупности, 22,7 % – золотинам крупных размеров и 23,6 % мелким частицам фракции плюс 0,5 мм минус 1,0 мм (табл. 2). Медианный размер зерен варьирует в пределах 0,59 мм – 1,63 мм, составляя в среднем 1,32 мм (золото средней крупности). Контуры золотинок выровнены, редкие

боковые выросты хорошо примяты и сглажены. В мелких фракциях (минус 0,25 мм) многочисленны слабоокатанные чешуйчатые золотины с неровной поверхностью, сохраняющей неровности рельефа трещинки, которую они выполняли, и волнистым часто с небольшими выемками краем. Комковидные золотины встречаются только среди мелких зерен и представлены преимущественно неправильными многогранниками со сглаженными ребрами и вершинами почти изометричными или чуть удлиненными, отмечены единичные палочковидные и лентовидные образования. Степень окатанности золотых частиц неравномерна и возрастает от 30 – 35 %% в мелких фракциях до 55 – 65 %% в средних и крупных. Цвет золота золотисто-желтый с хорошим металлическим блеском в мелких фракциях и темное серо-желтое и тусклое из-за механических деформаций поверхности в крупных. Встречаются редкие золотины с желтоватыми пленками и красновато-коричневыми корочками гидроксидов железа в углублениях.

Таблица 2  
Результаты ситового анализа участка нижнего течения реки Маракан

№№	Фракция, мм	Вес Au, гр	Выход фракции, %
1	-0,1	0,60	0,01
2	+0,1-0,3	49,50	0,61
3	+0,3-0,5	79,30	0,97
4	+0,5-1,0	330,60	4,04
5	<b>+1,0-2,0</b>	1554,80	<b>19,01</b>
6	<b>+2,0-4,0</b>	4518,70	<b>55,25</b>
7	<b>+4,0</b>	1644,60	<b>20,11</b>
Итого		8178,10	100,00

В верхней части россыпи золото руч. Веселяевского охарактеризовано по четырем участкам, а именно по глубокому тальвегу и трем террасам россыпи. Преобладает крупное золото +2,0-4,0 мм. Золото в основной массе пластинчатое, окатанное. Во фракции 0,1 – 0,3 мм наблюдается золото «рудного» облика. Форма «рудного» облика амёбовидная, проволоковидная, дендритовидная, пластинчатая с острыми боковыми отростками. Цвет золотины разный, преобладает золотисто-желтый, редко встречаются золотины с зеленоватым и красноватым оттенком. По разрезу россыпи, золотины имеют тенденцию к уменьшению размера сверху вниз. Также с глубиной возрастает количество золотины «рудного» облика и наблюдаются золотины с рубашкой лимонита и сростки с кварцем, преимущественно в мелкой фракции. Ближе к поверхности размер золотины вырастает, также исчезают золотины с «рудным» обликом, исчезают сростки с кварцем и золотины в лимонитовой рубашке. Чаще отмечаются отпечатки граней выщелоченного кварца или лимонита (табл. 3).

Таблица 3  
Результаты ситового анализа участка руч. Веселяевский

№№	Фракция, мм	Вес Au, гр	Выход фракции, %
1	-0,1	0,02	0,13
2	+0,1-0,3	0,57	4,41
3	+0,3-0,5	0,88	6,83
4	<b>+0,5-1,0</b>	2,41	<b>18,78</b>
5	<b>+1,0-2,0</b>	1,63	<b>12,68</b>
6	<b>+2,0-4,0</b>	4,33	<b>33,72</b>
7	<b>+4,0</b>	3,01	<b>23,45</b>
Итого		12,85	100,00

На участке Большой Патом, лежащем ниже по течению реки Маракан, распределение золота типично для россыпных месторождений. В сравнении с участком нижнего течения реки Маракан. На участке наблюдается уменьшение размера частиц золота от нижней части россыпи к верхней. Однако, на участке Веселяевский обратная картина. Размер частиц золота участка Веселяевского меньше, чем ниже лежащих по течению участков. Это может означать, что источники питания россыпи множественные.

В нижнем течении преобладают золото-кварцевые жили. В пользу этого положения говорит расположение выявленного месторождения «Ожерелье» находящееся на правом берегу реки Маракан. Размерность золота на месторождении Ожерелье соответствует размерности золота в россыпи реки Маракан.

Месторождение «Ожерелье» приурочено к СВ крылу Маракано-Тунгусской синклинали, осложненному системой надвигов. Рудная зона месторождения «Ожерелье» сформировалась в высоко метаморфизованных породах, в кварцевых жилах и прожилках [3].

Источники россыпи золота на участке Веселяевском множественные, с чем согласуется и характер распределения золота по долине россыпи. Можно предположить, что источником питания в нижней части разреза, являются вмещающие породы, представленные комплексом пород рифей-вендской толщи, состоящей из черных углисто-кварцевых сланцев с подчиненными слоями песчаников с сульфидной минерализацией [2]. Данные углистые формации хорошо развиты в регионе и являются рудоносными на таких крупных рудных месторождениях как «Сухой Лог», «Высочайшее», «Вернинское» и др. [4]. В пользу сульфидной минерализации говорит и тот факт, что рыхлые отложения существенно насыщены сульфидами, в больших количествах присутствует пирит в разной степени выветрелости [1].

На основании вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Гранулометрический состав золота россыпи реки Маракан несет унаследованный характер окружающих (и подстилающих) россыпей золоторудных формаций. Крупное золото из кварцевых жил с небольшими изменениями, вследствие дифференциации осадков в аллювии, поступает (интегрируется) в современный аллювий реки Маракан.

2. В зоне развития черносланцевых толщ с сульфидной минерализацией наблюдается, относительное увеличение крупности золота, что, вероятно, связанное с регенерацией золота из продуктов разложения сульфидсодержащих комплексов черносланцевых толщ в условиях современного аллювия реки Маракан (руч. Веселяевский).

3. Дифференциация золота по крупности как закономерное уменьшение крупности вниз по течению реки с увеличением доли относительно мелкого золота [5-8] проявляется в нижнем течении реки Маракан, и в зоне развития россыпей реки Большой Патом.

#### **Литература**

1. Kseniya Movzitova, Il'ya Plyusnin, *Formation of Industrial Gold-bearing Objects in the Development of placers on the Marakan River (Eastern Siberia)*// *Mine water: Technological and Ecological Challenges*, Perm, Russia 2019, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of RAS, 201. 531.
2. Мунгалов Н.Н., Шагаев В.Д., Кирсанов Ю.Г. Золотая россыпь рч. Маракан. Том 1. Иркутск: Министерство цветной металлургии СССР, Комбинат «Лензолото». 1975.
3. Иванов А.И. Месторождение «Ожерелье» - новый тип коренных месторождений золота в бодайбинском рудном районе // *Известия Сибирского отделения РАЕН. Иркутск, Иркутский национальный исследовательский технический университет*, 2008. 14-26.
4. Ручкин Г.В., Галямов А.Л., Иванов А.И., Конкин В.Д. Металлогения благородных и цветных металлов черносланцевых комплексов Байкало-Патомской провинции // *Руды и металлы*. Москва, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2011. 149-150.
5. Лунев Б., Наумов В.А. Мелкое золото – главное золото нашей планеты // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*, 2000. С. 50.
6. Лунев Б.С., Наумов В.А., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы в аллювии // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*, 2003. № 6. С. 53.
7. Наумов В.А. Минерогения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия // *Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермский государственный университет*. Пермь, 2010. 480 с.
8. Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы россыпей // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*, 2010. № 4 (158). С. 123-126.



УДК 553.3:553.9

## РУДОНОСНОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕТРИНСКОЙ СВИТЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

**Исламов Рамиль Расулович**

*Бакирский государственный университет, бакалавр 3 курса обучения, г. Уфа  
e-mail: ramislamov@yandex.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н, Сначёв Александр Владимирович  
к.г.-м.н., зав. лаб. «Рудных месторождений» ИГ УФИЦ РАН, г. Уфа  
e-mail: SAVant@rambler.ru

**Аннотация:** В данной работе рассмотрены геология и рудоносность углеродистых сланцев разреза бетринской свиты. В них установлены значимые содержания Au до 0,27 г/т, Ag до 1,34 г/т, а также Pt до 0,10 г/т. Сделан вывод о перспективности данных отложений на благородные металлы.

**Ключевые слова:** углеродистые отложения, Южный Урал, Уралтау, Зилаирский синклиорий, рудоносность

## ORE CONTENT OF CARBONACEOUS DEPOSITS OF THE BETRINSKAYA FORMATION (SOUTH URALS)

**Ramil Islamov,**

*Bashkir State University, 3<sup>rd</sup> year student, Ufa,  
e-mail: ramislamov@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Alexander Snachev  
Institute of Geology UFGC RAS, Ufa,  
e-mail: SAVant@rambler.ru

**Abstract:** In this work, the mineralogy and ore content of carbonaceous shales of the Betrinskaya Formation section are studied. They have significant concentration of Au up to 0,27 g/t, Ag up to 1,34 g/t, and Pt up to 0,1 g/t. Conclusions are drawn about the prospects of further study of carbon-containing black shales as a promising non-traditional source of noble metals.

**Keywords:** carbonaceous deposits, southern Urals, Uraltau, Zilair synclinorium, ore content

Углеродистые сланцы представляют собой благоприятную среду для накопления промышленных концентраций различных элементов. При определенных условиях они могут концентрировать в себе крупные залежи золота, серебра, платины, вольфрама и других элементов [7,8,9]. В связи с этим основной задачей данной работы является анализ рудоносности углеродистых отложений бетринской свиты. Объект изучения находится в зоне сочленения северной части Зилаирского мегасинклиория и Уралтауского мегантиклинория. Разрез углеродистых сланцев, обнаженных в 6 км юго-восточнее г. Белорецк вдоль автомагистрали Белорецк – Магнитогорск на водоразделе р.р. Ятва и Укшук, ранее условно относился к Уралтаускому мегантиклинорию [6]. Однако по результатам последних геолого-съёмочных работ он принадлежит к зилаирской свите (D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>z1) Зилаирского мегасинклиория [2] (рис. 1).

Отложения терригенно-углеродистого типа картируются практически на всем протяжении восточного крыла Зилаирского мегасинклиория и относятся к так называемой «бетринской свите» [1]. Первоначально возраст ее принимался в объеме силура – нижнего девона [3], позднее появились данные В.Н. Пучкова [1979] о более молодом возрасте верхов этой толщи – франском.

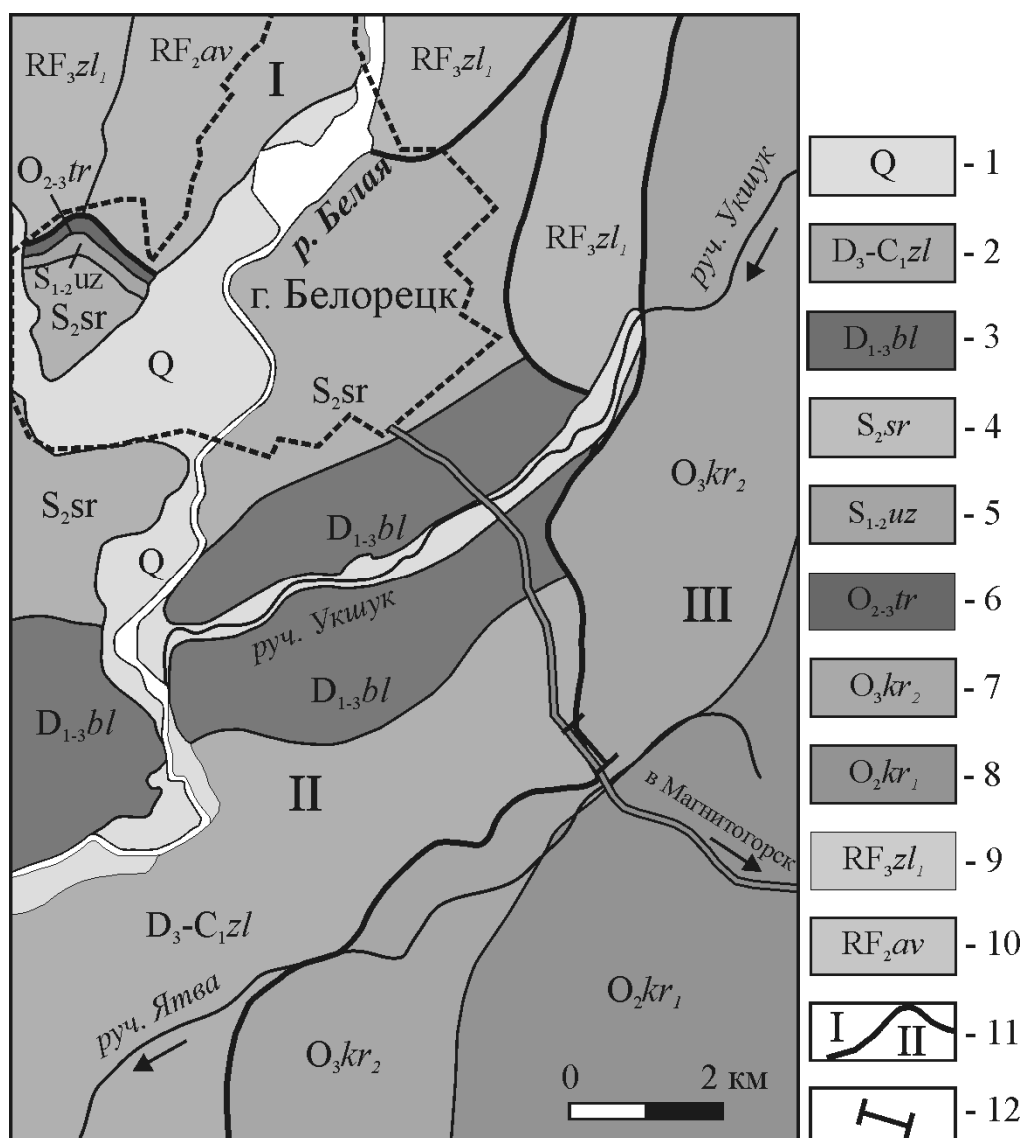


Рис. 1 Геологическая карта северного замыкания Зилайского мегасинклинория (по Ю.Г. Князеву и др., 2013, с упрощениями авторов).

Условные обозначения: 1 – четвертичный период (аллювиальные отложения), 2 – зилайская свита (песчаники, углеродистые аргиллиты), 3 – бельская свита (известняки, песчаники), 4 – серменевская свита (доломиты, известняки), 5 – узьянская свита (углеродисто-глинистые аргиллиты, алевролиты), 6 – тирлянская свита (песчаники, алевролиты), 7-8 – курташская свита: 7 – верхняя подсвита (алевропсаммитовые кварциты, мусковит-хлорит-кварцевые сланцы), 8 – нижняя подсвита (алевропсаммитовые кварциты), 9 – зильмердакская свита (сланцы, слюдяные кварциты), 10 – авьянская свита (известняки, доломиты, углеродисто-глинистые сланцы), 11 – границы структурно-формационных зон: I – Башкирский мегантиклинорий, II – Зилайский мегасинклинорий, III – Уралтауский мегантиклинорий; 12 – положение рассматриваемого разреза «бетринской свиты».

Рассматриваемый разрез мощностью более 150 м представлен чередованием темно-серых тонкоплитчатых углеродистых и слюдяно-углеродистых сланцев. В его пределах выделены четыре зоны смятия и рассланцевания пород шириной порядка 10 м. Черные сланцы смяты в изоклинальные складки юго-восточного простирания, в них широко развиты плейчатость, флексурные изгибы слоёв и кливаж. По плоскостям трещин отмечается интенсивная мусковитизация и хлоритизация пород, встречаются маломощные кварцевые прожилки; кварц кавернозный, лимонитизированный. Зоны интенсивного дробления чаще всего залечены кварцевыми жилами и прожилками.

Сульфидная минерализация отмечается практически по всему разрезу, но ее интенсивность явно повышается в зонах смятия и дробления. Сланцы часто содержат пустоты выщелачивания по пириту, иногда окисленные кристаллы пирита или места полной гидратации, которые представлены лимонитовыми охрами. Иногда среди черных сланцев встречаются густовкрапленные и сплошные линзовидные и полосовидные обособления пирита в виде «рудных слоёв» мощностью 3-4 см.



По результатам микроскопических исследований углеродистые сланцы бетринской свиты имеют преимущественно лепидогранобластовую- и гранолепидовую структуру, текстура пород в основном плейчатая с элементами гранобластовой, а также осложнена кливажом (рис. 2(а)). Породообразующим является кварц, мусковит и реже гидрослюды. Кварц представлен разномасштабными агрегатами, которые состоят из неправильных, гипидиоморфных зёрен и составляет текстурную матрицу породы. Отмечается кварц и в виде небольших линз, гломеров. Мусковит, хлорит и гидрослюды образуют чешуйчатые агрегаты. Гидроокислы железа в основном приурочены к участкам гломеробластового кварца и пустотам, где, по видимому, являются реликтами выщелоченных рудных минералов. Углеродистое вещество присутствует в качестве рассеянной примеси, развито в ассоциации с гидрослюдой и мусковитом, и его распределение, подчёркивает плейчатую текстуру. В породе отмечены тонкие открытые трещины, субсогласные с направлением кливажа. Ширина трещин до 0,05 мм. Пустоты, связанные с выщелоченными рудными минералами, имеют неправильные формы и размеры до 1 мм (рис. 2(б)).

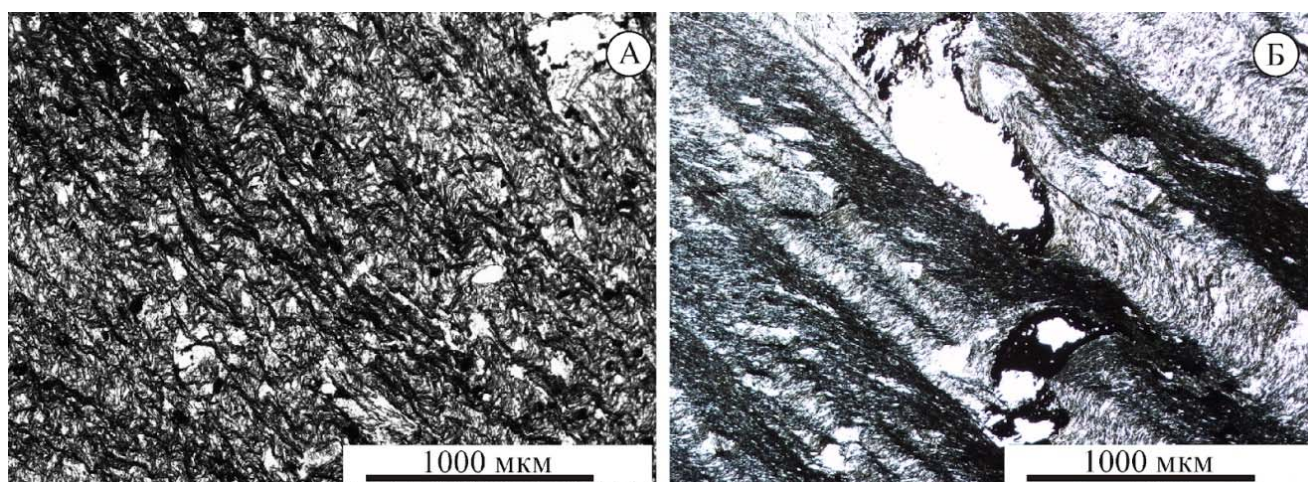


Рис. 2. А - плейчатая текстура породы, осложнённая кливажом, шифр Бет-156; Б - пустоты выщелачивания по пириту, шифр Бет-25; Увеличение 40.

Золото относится к числу наиболее изученных элементов-примесей чёрных сланцев. Это объясняется экономическим значением золоторудных месторождений, пространственно связанных с ними. Кларковые содержания золота в углеродистых отложениях мира составляют 0,008-0,01 г/т, аномальными значениями можно считать 20-35 мг/т, сильной аномалией – 35-50 мг/т, рудогенной аномалией – >50 мг/т. Основным минералом-концентратором золота в них является пирит. [11].

В пределах разреза были отобраны пробы и выполнены анализы на Au и Ag химико-спектральным методом и на Pt и Pd атомно-адсорбционным в ИГЕМе РАН (г. Москва). Из таблицы видно, что содержания Au варьируют от 0,06 до 0,27 г/т, Ag от 0,4 до 1,34 г/т. Наиболее высокие значения приурочены к зонам интенсивного рассланцевания и смятия. Кроме золота в пробах отмечена Pt – 20-100 мг/т (в среднем 42 мг/т) и Pd – 5-50 мг/т (11 мг/т), остальные элементы присутствуют в количествах ниже предела обнаружения (Rh <0,02, Ir <0,05, Ru < 0,05 г/т). В связи с этим можно предположить, что углеродистые отложения бетринской свиты обладают достаточно высокими перспективами на платиноиды и золото.

Характер распределения содержаний золота, строение разреза и тип минерализации указывают на схожесть рассматриваемой зоны с золотоносными объектами убогосульфидного кварцево-жильного типа в углеродистых сланцах Енисейского края, Забайкалья и Средней Азии, а из южноуральских объектов она ближе всего к золотоносным сульфидно-углеродистым сланцам, расположенным в зонах Караташского и Зюраткульского разломов [6].

Согласно исследованиям С.Г. Парады [4], среди углеродисто-терригенных пород, являющихся рудовмещающими для золоторудных месторождений, выделяется два основных геохимических типа: нормальный калиевый (средние содержания по 348 пробам: Na<sub>2</sub>O – 1,74%, K<sub>2</sub>O – 3,30%) и аномальный натриевый (средние содержания по 138 пробам: Na<sub>2</sub>O – 3,31%, K<sub>2</sub>O – 3,30%). Первый из них характерен для месторождений с золото-сульфидными вкрапленно-прожилковыми рудами, а второй – с золото-кварцевыми жильными и прожилковыми. Для углеродистых отложений бетринской свиты, среднее значение Na<sub>2</sub>O составляет 1,95%, K<sub>2</sub>O – 1,4%, что позволяет отнести их к

нормально калиевому формационному типу, характерному для месторождений преимущественно с золото-сульфидным прожилково-вкрапленным оруденением.

Таблица

№ обр.	Au, (г/т)	Ag, (г/т)	Pt, (г/т)	Pd, (г/т)
Бет-16	0,17	1,30	0,01	-
Бет-70	0,21	1,34	-	0,005
Бет-72	0,24	0,90	-	0,003
Бет-94	0,15	1,50	0,02	0,010
Бет-97	0,07	0,66	0,02	0,010
Бет-126	0,27	0,92	0,10	0,008
Бет-134	0,11	1,18	0,09	0,010
Бет-136	0,06	0,40	0,10	—
Бет-138	0,08	1,10	0,02	0,005
Бет-142	0,15	0,90	0,03	0,050

Судя по результатам соотношения щелочного модуля [11] ( $\Sigma\text{М} = \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ) и суммы щелочей, углеродистые отложения бетринской свиты попадают в поле золотоносных объектов с повышенными содержаниями металлов платиновой группы [10], и схожи с золотоносными углеродистыми кварц-хлорит-серицитовыми сланцами месторождения Сухой Лог.

Таким образом, содержания Au в углеродистых отложениях бетринской свиты можно считать аномальными и по показателям щелочного модуля и суммы щелочей они попадают в поле золотоносных объектов с повышенными содержаниями металлов платиновой группы, и схожи с золотоносными углеродистыми кварц-хлорит-серицитовыми сланцами месторождения Сухой Лог. Полученный материал позволяет достаточно высоко оценить перспективы углеродистых сланцев бетринской свиты на золото-сульфидное вкрапленно-прожилковое оруденение.

*Работа выполнена в рамках Государственного заказа по теме № 0246-2019-0078*

### Литература

1. Артюшкова О.В., Якунов Р.Р., Абрамова А.Н., Маслов В.А. Новые данные о возрасте «бетринской свиты» на севере Восточно-Зилаирской зоны // Геологический сборник № 3. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2003. С. 53–55.
2. Князев Ю.Г., Князева О.Ю., Сначев В.И., Жданов А.В., Каримов Т.Р., Айдаров Э.М., Масагутов Р.Х., Арсланова Э.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (3-е поколение). Сер. Уральская. Лист N–40 Уфа, СПб.: ВСЕГЕИ. 2013. 512 с.
3. Ожиганов Д.Г. Стратиграфия и фациальные особенности силурийских отложений западного склона Южного Урала // Уч. Записки Башпединститута. Уфа, 1955. Вып. IV. С. 55–92.
4. Парада С.Г. О литогенной природе некоторых золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 3. С. 275–288.
5. Пучков В.Н. Находки девонских конодонтов на западном склоне Урала и их значение для стратиграфии палеозоя Лемвинского типа // Конодонты Урала и их стратиграфическое значение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 33–51.
6. Рыкус М.В., Сначев В.И., Насибуллин Р.А., Рыкус Н.Г., Савельев Д.Е. Осадконакопление, магматизм и рудоносность северной части Урала. Уфа: БГУ, 2002, 268 с.
7. Сначёв А.В., Пучков В.Н. Первые находки палладий-золото-редкометальной минерализации в докембрийских углеродистых сланцах западного склона Южного Урала // Доклады РАН. – 2010. – Т. 433, № 1. – С. 77–80.
8. Сначёв А.В., Сначёв В.И., Рассомахин М.А., Колomoец А.В. Углеродистые сланцы Каменского участка: геология и рудоносность (Южный Урал) // Горный журнал. 2020. № 2. С. 24–29.
9. Сначёв А.В., Шулькин Е.П. Геологическое строение и золотоносность углеродистых отложений района горы Тётечная (Южный Урал) // Вестник Пермского университета. Геология. 2018. Том 17 №1. С. 52–60.
10. Ханчук А.И., Невструев В.Г., Бердников Н.В., Нечаев В.П. Петрохимические особенности углеродистых сланцев в восточной части Буреинского массива и их благороднометалльная минерализация // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 6. С. 815–828
11. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в чёрных сланцах. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 304 с.

УДК 553.44

## ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОТРАБОТКИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД ДАЛЬНЕГОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

**Четина Татьяна Сергеевна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
geologchetina@gmail.com*

**Шайнурова Светлана Маратовна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
sweet\_19\_96@mail.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Наумов Владимир Александрович

**Аннотация:** Месторождения свинцово-цинковых руд Дальнегорского рудного поля отрабатывает предприятие АО «ГМК «Дальполиметалл». Обогащение руд проводится на Центральной обогатительной фабрике. Техногенно-минеральные образования и продукты разработки руд представлены 1) вскрышными породами карьерной разработки (отвальная фация) и дренирующими их поверхностными, подземными подотвальными водами; 2) породами складированными на территории рудного склада (отвальная) и дренирующими их поверхностными водами; 3) продуктами флотационного обогащения (намывная фация) и находящимися в них водами; 4) шахтными рудничными водами. Показаны перспективы их вовлечения в промышленную отработку.

**Ключевые слова:** техногенно-минеральные образования, свинец, цинк, Дальнегорский район, АО «ГМК «Дальполиметалл».

## TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS OF LEAD-ZINC ORE MINING IN THE DALNEGORSK ORE FIELD

**Chetina Tatyana Sergeevna**

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, City Perm  
geologchetina@gmail.com*

**Shainurova Svetlana Maratovna**

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, City Perm  
sweet\_19\_96@mail.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy,  
Professor, Naumov Vladimir Alexandrovich

**Abstract:** Deposits of lead and zinc ores of the Dalnegorsky ore field are mined by the enterprise "GMK "Dalpolimetall". Ore processing is carried out at the Central processing plant. Man-caused mineral formations and ore mining presents 1) overburden career development (moldboard facies) and their surface drainage, underground Podotvalnoye water; 2) breed stored at the ore warehouse (moldboard) and draining the surface water; 3) the products of flotation enrichment (alluvial facies) and are in their water; 4) mine drainage. The prospects of their involvement in industrial development are shown.

**Keywords:** technogenic-mineral formations, lead, zinc, Dalnegorsky district, «GMK «Dalpolimetall».

**Горнодобывающая промышленность** Дальнегорского рудного поля сосредоточена в пределах горной системы Сихотэ-Алиня. Рельеф здесь резко расчлененный, средне-горный. Наиболее распространенными являются высоты с отметками 450-700 метров, отмечаются несколько высот с

отметками более 800 метров. К ним относятся горы: Тетюхе-Рудник (Верхний рудник) (804 м), Круглая (877 м) и Партизанская (872,9 м). Несколько южнее находится гора Солонцовая (1036 м).

Основным орографическим элементом района является главный водораздел хребта Сихотэ-Алинь. Относительное превышение водоразделов над днищами долин на восточном склоне равны 500-700 метров, на западном 200-300 метров. Для хребта Сихотэ-Алинь характерна резкая ассиметрия склонов: углы восточного склона колеблются в пределах 25-35 градусов, западного 16-30 градусов. Сравнительно небольшая протяженность и резко выраженная разница высот местного базиса эрозии для рек восточного склона хребта обусловила более сильную расчлененность его по сравнению с западным. Отрицательные формы рельефа представлены речными долинами, которые пересекают все территорию района преимущественно в юго-восточном и восточном направлении. Это обусловлено условиями структурно-тектонического строения складчатой системы Сихотэ-Алинь.

**Месторождения свинцово-цинковых руд** отрабатывает горно-металлургический комплекс предприятия АО «ГМК «Дальполиметалл». Предприятие отрабатывает два типа разных, но близких по составу месторождений, представленных свинцово-цинк-серебряным оруденением в известковых скарнах и серебро-цинк-свинцовым оруденением в жильных структурах. В составе предприятия действуют два рудника – «Николаевский» (Николаевское месторождение) и «2-й Советский» (Партизанское месторождение). Структурно к руднику «Николаевский» относятся участок открытых горных работ «Верхний» (месторождение Верхнее) и отдалённый участок «Королевский», эксплуатирующий Майминовское месторождение. Рудник «2-й Советский» включает в себя участок «Южный» (месторождение Южное) и «Силинский» (месторождение Силинское). Николаевское, Верхнее и Партизанское представляют собой месторождения скарново-полиметаллического типа с различной конфигурацией рудных тел. Южное, Майминовское и Силинское месторождения – жильные, полиметаллические, с высоким содержанием серебра в руде. Суммарная годовая мощность по добыче руды – около 1 млн. тонн [9].

Полиметаллические, олово-полиметаллические скарновые и жильные месторождения содержат геденбергит-сульфидные, аксинит-гранат-геденбергит-сульфидные, сульфидные руды. Среднее содержание свинца в рудах по данным за 1994 г. составляет 1,84-2,4 %, цинка 2,38-4,62 %. Из числа попутных компонентов наибольшее промышленное значение имеет серебро (от 35,7 до 307 г/т). Из числа других попутных компонентов в некоторых месторождениях балансом запасов учтены олово, с содержанием 0,30-0,42 %, висмут – 0,003-0,014 %, кадмий – 0,016-0,065 %, медь – 0,10-0,71 %, индий – 0,0006-0,007 %, сера – 3,09-16,8 % и другие [1].

**Обогащение руд** проводилось на Центральной и Красногорской обогатительных фабриках, в настоящее время работает только Центральная обогатительная фабрика (ЦОФ). Она находится в центре г. Дальнегорска. Месторождения расположены в радиусе 45 и 70 км. Склад временного хранения руды, которая поступает с отдаленных рудников (Майминовское, Силинское, Южное месторождение и карьер Верхний) находится в 1 км от ЦОФ, вблизи пункта взвешивания и экспресс анализа полезных компонентов. Вместимость склада 25-30 тыс. т [9].

Добыча осуществляется подземными выработками из шахт, а так же на карьерах. В пределах горного отвода карьера «Верхний» за контуром рудного тела сформирован породный отвал. Ранее породы при разработке месторождения засыпались в отработанные камеры нижнего горизонта. В пределах шахт, отвалы вскрышных работ складывают в отработанные выработки. Добытая руда транспортируется на обогащение железнодорожным и автомобильным транспортом. Технологическая схема обогащения включает трёхстадийное дробление, двухстадийное измельчение и прямую селективную флотацию свинца и цинка. В свинцовый концентрат попутно извлекают серебро, золото и висмут, в цинковый концентрат – кадмий и серебро. Максимально обогатительная фабрика способна перерабатывать около 1,2 млн. тонн руды в год [9].

Концентраты отгружаются на экспорт судами дедевейтом до 5 тыс. тонн в незамерзающей бухте пос. Рудная Пристань. В сутки 60-70 тонн концентрата перевозят на склад стивидорного цеха, который находится на Рудной пристани в 37 км от обогатительной фабрики автомобильным транспортом [9].

В результате длительного техногенного воздействия на природные компоненты в горнорудных районах Дальнегорска сложилась весьма неблагоприятная экологическая обстановка. Накопленные огромные массы техногенных минеральных образований в горнорудных районах подвержены активным геохимическим процессам, которые оказывают отрицательное, а зачастую, и крайне опасное воздействие на природную среду. Ежегодно объем таких отходов хвостохранилища АО

«ГМК «Дальполиметалл» пополняется, создавая острейшую экологическую и производственную проблему их безопасного хранения.

При освоении олово-полиметаллических месторождений сформировано хвостохранилище, в котором сосредоточены огромные объемы рудосодержащих песков – техногенно-минеральные образования (ТМО), являющихся в настоящее время мощными и долговременными источниками изменения химического состава компонентов природных экосистем.

**Техногенно-минеральные образования и продукты разработки** руд представлены следующими типами твердой и жидкой фазы: 1) вскрышные породы карьерной разработки (отвальная фация) и дренирующие их поверхностные, подземные подотвальные воды; 2) породы складированные на территории рудного склада (отвальная) и дренирующие их поверхностные воды; 3) продукты флотационного обогащения (намывная фация) и находящиеся в них воды; 4) шахтные рудничные воды.

Отвальные продукты отработки месторождения складировуются «на рельеф» и размещают в выработанном пространстве шахт в виде закладочного материала. В отвальных хвостах АО «ГМК «Дальполиметалл» содержится (%): свинца – 0,08 – 0,12; цинка - 0,16 – 0,23; железа – 4,0 – 5,2 [9].

Намывные техногенные фации [5, 6] образуются при заполнении впадин земной поверхности отработанными хвостами флотационного обогащения и образуют хвостохранилище горнообогатительной фабрики. Минеральный состав хвостов обогащения представлен (в %): Zn - 0,27-0,29; Pb - 0,11 - 0,18; Cu - 0,01 - 0,03 Ag - 5-6 г/т [1]. Общий объем хвостохранилища составляет около 40 млн.т.

В ТМО, как в природных россыпях [3, 4, 5, 7] происходит усиление гипергенных процессов (техногеогенез) и преобразуется состав первичных сульфидов в шламохранилищах. Они превращаются в сульфаты в кислой среде в результате разложения под действием дождевых вод и бактерий. На поверхности и в толще хвостов полиметаллических руд появляются налеты и тонкие корочки техногенных минералов: англезита, церуссита, смитсонита, госларита, эпсомита и др. Значительная часть металлов переходит в растворы [2], часть металлов мелких классов образует повышенные концентрации [4, 7] .

Возможные области использования твердой составляющей ТМО являются доизвлечение металлов и получение стройматериалов. В случае применения гравитационной схемы обогащения можно удалить сульфиды и их сростки в рудный концентрат. Безрудная минеральная матрица может быть использована как строительный материал, а также как минерализующая добавка для производства клинкера цемента или производства камнелитых материалов.

Переработка гидроминеральной части шламохранилища, содержащей ценные компоненты, возможна путем извлечения их в рентабельный товарный продукт. Одно из основных направлений решения проблемы эффективной переработки таких вод – теоретическое обоснование возможности селективного извлечения максимального числа компонентов и внедрения в производство комплексных технологических схем. Однако разветвление технологических схем, позволяя получить селективные по извлекаемому компоненту продукты, приводит к удорожанию процесса переработки [8]. Использование сорбционных и ионообменных систем извлечения ценных компонентов позволит экономически выгодно решить экологические проблемы.

Эффективно перерабатывать техногенные воды можно путём применения комплексных схем, включающих как традиционные методы очистки, так и гидрометаллургические приемы переработки растворов. Основной принцип – каждый метод должен быть применён для «своей» операции, на которой он обеспечивает максимальную эффективность и позволяет получить утилизируемый дополнительный продукт [8]. Экологические задачи снижения негативного воздействия осадков и вод на окружающую среду можно решать комплексно с применением природоподобных технологий управления качественным составом твердой и гидроминеральной составляющей ТМО путем их последовательного извлечения [6].

### **Литература**

1. Грехнев Н.И., Рассказов И.Ю. Техногенные месторождения в минеральных отходах дальневосточного региона как новый источник минерального сырья// Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). 2009, №6, С.42-43.
2. Зверева В. П., Зарубина Н. В. Горнопромышленная техногенная система дальнего востока и ее воздействие на экосферу// Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2008, № 6, с. 500-505

3. Лунев Б., Наумов В.А. Мелкое золото – главное золото нашей планеты // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2000. С. 50.
4. Лунев Б.С., Наумов В.А., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы в аллювии // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2003. № 6. С. 53.
5. Наумов В.А. Особенности формирования и распределения благородных металлов в техногенных россыпях и отвалах Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 1994. № 8. С. 39-50.
6. Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермский государственный университет. Пермь, 2010. 480 с.
7. Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы россыпей // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 4 (158). С. 123-126.
8. Шадренова И.В., Орехова Н.Н. Эколого-экономические аспекты комплексной переработки техногенного гидроминерального сырья // Горный информационно-технический бюллетень (Научно-технический журнал), 2014, №6. С.165.
9. Компания - АО "ГМК "Дальполиметалл". Электронный ресурс: <http://www.dalpolimetall.ru/>

УДК 553.3'3/9

## ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НОВО-ШИРОКИНСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ) ©

*Голдырев Виталий Николаевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 5 курса, г. Пермь, [vg121297@yandex.ru](mailto:vg121297@yandex.ru)*

*Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Наумов Владимир Александрович*

**Аннотация:** На основании анализа геологических особенностей месторождения, фазового состава золота, технологии обогащения и свойств руд Ново-Широкинского золото-полиметаллического эпитеpмального месторождения (Забайкальский край) выделены техногенно-минеральные образования (ТМО) и полезные компоненты, содержащиеся в них. Показаны перспективы повышения эффективности извлечения и использования полезных компонентов твердой и гидроминеральной части ТМО. Определены вероятные направления экономически выгодного использования ТМО.

**Ключевые слова:** Ново-Широкинское месторождение, обогащение полезных ископаемых, техногенез, золото-полиметаллические руды.

## TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS OF THE NOVO-SHIROKINSKY POLYMETALLIC EPITHERMAL DEPOSIT (ZABAIKALSKY KRAI)

*Vitaliy Goldyrev,*

*Perm State University,*

*5<sup>th</sup> year Student, Perm, [vg121297@yandex.ru](mailto:vg121297@yandex.ru)*

*Research supervisor: doctor of geology and mineralogy, professor Vladimir Naumov*

**Abstract:** Based on the analysis of the geological features of the Deposit, the phase composition of gold, the enrichment technology and the properties of the ores of the Novo-Shirokinsky gold-polymetallic



epithermal Deposit (Zabaikalsky Krai), technogenic mineral formations (TMF) and useful components contained in them are identified. Prospects for improving the efficiency of extraction of useful components of the solid and hydromineral part of the field are shown. Determined potential areas for the use of the TF

**Keywords:** Novo-Shirokinsky deposit, mineral processing, technogeogenesis, gold-polymetallic ores

Полиметаллические руды являются весьма сложным объектом обогащения. Они отличаются большим разнообразием, сложностью и непостоянством вещественного состава. В их состав кроме основных сульфидных минералов (галенита, сфалерита и халькопирита) могут входить вторичные сульфидные минералы меди (борнит, ковеллин, халькозин) и окисленные минералы меди и свинца. Сложность обогащения этих руд усугубляется присутствием пирита, а иногда марказита.

Помимо основных металлов свинца, меди, цинка они содержат Au, Ag, Cd, In, Ge, Se и другие элементы. Благородные металлы находятся в рудах в различных ассоциациях. Они встречаются в самородном состоянии, но часто связаны с минеральными фазами сульфидов.

Повышение комплексности использования полиметаллических руд достигается извлечением или доизвлечением при их переработке Au, Ag и некоторых других элементов, как в виде отдельных продуктов, так и в составе концентратов. Поэтому основной задачей обогащения является максимальное извлечение всех ценных компонентов входящих в состав руд [5] и использование минеральной матрицы вмещающих пород [7].

Ново-Широкинское золото-полиметаллическое месторождение находится в пределах Широкинского рудного поля. Оно располагается в 100 км к юго-востоку от Монголо-Охотского сутурного коллизионного шва в зоне Газимурского глубинного разлома, образовавшегося параллельно основной сутуре в процессе коллизии Сибирского и Монголо-Китайского континентов.

В геологическом строении месторождения принимают участие интрузии шахтаминского комплекса ( $J_{2-3}$ ), эффузивы шадаронской серии ( $J_{2-3}$ ), осадочные отложения акатуевской свиты ( $J_{1-2ak}$ ). Фундаментом Широкинской вулcano-плутонической структуры являются отложения нижнего кембрия (известняки, доломиты, песчаники, кварциты) [1].

По мнению Доломановой-Тополь А.А. [2], месторождение относится к эпитепирмальному (“intermediatesulphidation”) генетическому типу. Руда относится к колчеданно-полиметаллическому умеренно-сульфидному типу. Ново-Широкинское месторождение выделяется среди окружающих его рудных объектов Восточного Забайкалья необычным, комплексным составом руд, с содержанием золота около 4 г/т и серебра 86,5 г/т [1].

Фазовый анализ золота показывает, что в руде 76,41 % содержится в открытых сростках, в т. ч. 32,56% находится в свободной форме. Незначительная часть золота заключена в кислоторастворимых минералах – 2,33 %, в сульфидах – 19,27 % и в породообразующих минералах – 1,99 %. Основная доля частиц золота (91,6%) не превышает размера 25 мкм. Форма частиц золота неправильная, комковатая, от изометричной до вытянутой. Поверхность ямчатая, кавернозная. Содержание серебра в частицах золота может достигать 5 – 15 мас. % [5]. Золото приурочено к двум основным минеральным ассоциациям. Первая - кварц-гематит-полиметаллическая содержит золото в кварце в виде идиоморфных, устойчиво высокопробных выделений. Вторая - золото-кварц-полиметаллическая ассоциация, где золото отлагается в последнюю очередь после выделения всех сульфидов и сульфосолей [2].

Технология обогащения руд месторождения предусматривает гравитационно-флотационную схему, которая включает следующие основные операции:

- 1) крупнукосовое дробление исходной руды в щековой дробилке до крупности -150 мм;
- 2) измельчение дробленной руды в мельницах мокрого полусамоизмельчения до крупности 80 % класса минус 1 мм;
- 3) гравитационное обогащение руды на диафрагмовых отсадочных машинах типа МОД для выделения ценного компонента из слива мельниц мокрого полусамоизмельчения 1 стадии измельчения;
- 4) межцикловую флотацию хвостов гравитационного обогащения 1 стадии измельчения;
- 5) доизмельчение хвостов межцикловой флотации в шаровой мельнице до крупности 82 % класса минус 0.074 мм;
- 6) гравитационное обогащение доизмельченных хвостов на диафрагмовых отсадочных машинах типа МОД для выделения ценного компонента из слива шаровых мельниц 2 стадии измельчения;
- 7) пересортировка концентратов отсадки на концентрационных столах;
- 8) коллективная флотация для выделения коллективного свинцово-золотого концентрата;

9) флотационное обогащение хвостов коллективной флотации для выделения цинкового концентрата;

10) сгущение и фильтрация свинцово-золотого и цинкового концентратов.

Конечными продуктами обогащения являются свинцовый и цинковый концентраты. Из свинцового концентрата получают рафинированный свинец, черновую медь и сурьмянистый концентрат. Из серебристой пены, полученной при рафинировании черного свинца, после аффинажа получают сплав Доре, с дальнейшим выделением золота и серебра путем растворения и электролиза. При переработке цинкового концентрата получают товарный цинк, металлический кадмий, а также цинковые белила. В процессе переработки концентратов дополнительно извлекаются попутные металлы – медь и висмут в соответствующие товарные металлы, а также сурьма в товарный сурьмянистый концентрат.

Добыча в 2014 году составила: 2,006 т золота, 5,6 т серебра, 2 т кадмия, 12,9 тыс. т свинца, 5,9 тыс. т цинка, 1 тыс. т меди, 2,7 тыс. т сурьмы, 21 т висмута. Расчетное извлечение металлов в концентрат составляет: свинец – 92,3%, цинк – 88,0%, золото – 76,5%, серебро – 88,9%. Помимо концентратов в процессе отработки месторождения (в том числе обогащения) образуются многочисленные хвосты обогащения или техногенно-минеральные образования (ТМО). Это отвалы вскрышных пород, хвосты гравитационно-флотационного обогащения и магнитный скрап.

Основной задачей исследования является определение способов практического использования ТМО. Среди ТМО выделены следующие типы:

**1. Отвалы вскрышных пород** можно использовать для закладки (рекультивации) выработанного пространства, для строительства оснований породных складов, предотвращающих образование поверхностных дренажных вод, для формирования месторождений общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) [10]. Продукты растворения рудного вещества некондиционных вскрышных пород (гидроминеральное сырье) могут быть сорбированы для дополнительного производства металлов.

**2. Склад некондиционных руд.** При изменении конъюнктуры рынка возможна переработка некондиционных руд. С учетом бортового содержания, концентрации условного золота в отвалах могут достигать 1 г/т. При нахождении на воздухе и воздействии атмосферных осадков сульфиды разлагаются и образуют гидроминеральный продукт обогащенный металлами.

**3. Гидроминеральная часть в породах – продукт разложения первичных сульфидных руд.** В отвалах, благодаря выветриванию, окислению и выщелачиванию образуется жидкая фаза, которая способствует раскрытию упорных зерен сульфидных минералов. Поверхностные воды выносят золото в жидкой фазе и раскрывшиеся зерна, в результате чего благородные металлы могут оседать на различных барьерах. Этим природным процессом можно управлять для дальнейшего извлечения Au и Ag, которые были заключены в сульфидах и труднорастворимых минералах. Их извлечение возможно путем направления гидроминеральных потоков на сорбционные и ионообменные комплексы.

**4. Магнитный скрап** (материал), образующийся в результате магнитной сепарации можно использовать для дополнительного извлечения не только Fe (основные магнитные минералы - магнетит, гематит, пирротин), но и Au. Наибольшее количество мелких зерен свободного золота приурочено к кварц-гематит-полиметаллической ассоциации, в которой они местами буквально распылены, как это часто характерно для россыпей [4, 18]. Золото в интерстициях различных минералов образует как минимум вдвое более крупные кристаллы и их сростки. Последующее преобразование геля, с неоднократным растрескиванием и выполнением трещин последующими порциями раствора приводит, к переотложению золота. Укрупняясь, оно отлагается в частности на магнетите, гематите и по контактам различных минералов этой ассоциации. Зоны концентрации золота формируются на участках контрастных по значениям Eh и pH. Это зоны перехода от гематитизированного кварца к чистому, но содержащему сульфиды, контакты гематитизированного кварца и сидерита и т.п. [2].

Золотосодержащий магнитный скрап, который представляет собой порошкообразные чешуйки с наклепанным в них мелким и тонким золотом. Золото очень плотно наклепывается в неровности и щели скрапа. Содержание Au в магнитном скрапе может достигать нескольких сотен граммов на тонну, извлечение которого возможно после термической обработки, дезинтеграции и гравитационного обогащения.

**5. Осадки хвостохранилища.** Хвостохранилище Ново-Широкинского ГОКа расположено в долине пади Прямая, в 3 км от рудника. Емкость хвостохранилища ограждена дамбой. Мощность



насыпи дамбы составляет 4,8-9,8 м. Для предотвращения фильтрации воды через ложе хвостохранилища предусмотрен, понур из суглинистого грунта толщиной один метр.

При сопоставлении химических составов отвальных хвостов и первичного рудного материала, видно, что хвосты существенно обеднены по всем полезным металлам руд, особенно контрастно в отношении Pb. Однако, фиксируется существенная концентрация золота в хвостовой пульпе (табл. 1), которая по трубопроводам поступает в хвостохранилище.

Таблица 1

Содержание главных элементов и гранулометрический состав в промежуточных продуктах обогащения [9]

Содержания	«Питание»	Хвосты обогащения	Au-Pb-концентрат	Хвосты Pb-флотации
Au, г/т	2,4	0,82	86,4	11,7
Pb, %	1,765	0,0587	18,35	0,31
Ag, г/т	64	9	298	10
Zn, г/т	4660	917	2160	9160
Cu, г/т	2010	159	2500	1935
S, %	3,95	2,77	42,9	45,7
Sb, г/т	621	37	1205	436
Фракции, мкм	Доля, %			
>500-71	52,8	39,9	66,9	9,51
71-45	8,7	12,2	26,4	34,7
45-10	14,2	8,4	6,7	40,81
<10	24,2	39,5	0,1	14,98

Для выявления природы потерь Au в процессе обогащения руд проведены специальные минералогические и химические исследования отвальных хвостов в шламохранилище. Проанализированы закономерности распределения самородного золота в зависимости от трех параметров отвальных хвостов: 1) от крупности зерен (гранулометрии) материала хвостов; 2) от степени гравитационного обогащения материала хвостов; 3) от вероятной степени вскрытия зерен самородного золота в крупных размерных классах материала хвостов [9].

Выполнены химические анализы на весь комплекс продуктивных элементов руд образцов, приготовленных из отвальных хвостов (табл. 2).

Таблица 2

Результаты химических анализов образцов, приготовленных из отвальных хвостов [9]

Фракция, мкм	Au	Ag	Pb	Cu	Zn
	г/т				
200-125	0,451	3,5	483	152	474
125-71	0,731	3,0	439	125	453
71-10 легк	0,852	2,5	381	112	511
71-10 тяж	4,482	7,5	936	292	555
<5 тяж	2,583	16,0	1012	294	838

Табл. 2 демонстрирует:

- 1) концентрация Au увеличивается в тонких фракциях отвальных хвостов;
- 2) гравитационная сепарация (материал освобожден от шламовой составляющей) тонких классов отвальных хвостов крупностью 10-71 мкм с помощью HS-11 приводит к контрастному обогащению их самородным золотом;
- 3) фиксируется концентрирование вскрытого при измельчении крупных фракций отвальных хвостов (фракция <5 тяж) самородного золота (до 2.6 г/т Au) [9].

Таким образом, показаны, по крайней мере, два потенциальных источника извлечения дополнительного золота из отвальных хвостов. С учетом гранулометрического состава этого продукта, видимо, целесообразно: 1) извлечение дополнительного тонкого золота (после отделения из отвальных хвостов их шламовой составляющей) из тонкой части отвальных хвостов (10-71 мкм); 2) извлечение нескрытого мелкого золота из крупной составляющей хвостов (после их измельчения) – нескрытое мелкое самородное золото.

Обнаружение зерен самородного золота и крупных свободных (более 100 мкм) зерен продуктивных сульфидов (галенита, сфалерита, тетраэдрита) в отвальных хвостах, а также высокая доля шламовой составляющей на начальных этапах обогащения руд явно свидетельствуют о наличии недостатков технологии пробоподготовки (измельчения) и обогащения руд [9].

По прогнозам ООО «Руссдрагмет» отработка Ново-Широкинского месторождения закончится в 2029 г. Площадь хвостохранилища на конец эксплуатации составит 498 тыс.м<sup>2</sup>, емкость 4707 тыс. м<sup>3</sup>. К этому времени с учетом потерь и динамики добычи руды, запасы золота в хвостохранилище составят около 10 т (предполагаемое среднее содержание - 2,1 г/м<sup>3</sup>), затраты на добычу которых будут ничтожно малы.

Несмотря на сульфидный состав руд, воды хвостохранилища имеют нейтральную среду (pH=7.30), что определяется высоким потенциалом нейтрализации вмещающих свинцово-цинковое оруденение карбонатных пород, а также присутствующих в рудах карбонатных минералов, поступающих в отвал [3]. Нейтральная среда препятствует растворению минералов, содержащих Au.

Наиболее подходящим способом обогащения является выщелачивание, так как хвостохранилище представляет собой крупный изолированный резервуар (чан). Основные пути повышения эффективности извлечения золота при выщелачивании:

1) Усиление процесса разложения сульфидов, способствующий высвобождению золота. Основной путь разложения – окисление сульфидов, которое может осуществляться путем кислородного (или озонового) барботажа осадков непосредственно в отвале посредством закачки воздуха через сеть скважин в отвалы; интенсификации деятельности бактерий; некоторых видов растений. Зимой проводить кислородные продувки под слоем льда [6].

2) Обеспечение циркуляции пульпы для перемешивания и выведения золота из насыщенных растворов, так как существует латеральная и вертикальная зональность распределения концентраций золота. Его распределение зависит от формы нахождения и неравномерно как в растворах, так и в твердой фазе [6]. По мнению автора, повышенные концентрации металла будут наблюдаться в местах сброса пульпы в хвостохранилище (рис. 1).

3) Выделение гравитационного золотосульфидного концентрата и отдельное накопление сульфидных концентратов и безсульфидных хвостов. В безсульфидных хвостах останется только часть золота в сростках с кварцем, не поддающихся гравитационному разделению. Их выщелачивание можно продолжить в отвалах и проводить традиционное выделение золота (необходимость продолжения выщелачивания следует обосновать на основе баланса распределения золота в технологических типах) [6].



Рис. 1. Ореол повышенных концентраций Au (места сброса пульпы в хвостохранилище)

Таким образом, Ново-Широкинское хвостохранилище в будущем может рассматриваться как техногенное месторождение, для которого необходимо изучение закономерностей распределения вещества (гранулометрический и минеральный состав), содержания и технологических свойств золота (формы нахождения и фазовый состав), поровых и поверхностных растворов, их химический состав, содержание попутных компонентов, pH и Eh среды и микробиологических особенностей. Также рекомендуется минералого-технологическое картирование отвалов с целью выделения отдельных блоков отвалов с различными технологическими характеристиками руд и обоснованием системы управления качественным составом отвальных руд [6].

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что комплексное использование Ново-Широкинского месторождения принесет существенный экономический и экологический эффект: уменьшение выбросов, снижение платы за количество отходов производства, доход с продажи ОПИ, увеличение извлечения металла, налоговые льготы и государственную финансовую поддержку.

### *Литература*

1. *Абрамов Б.Н. и др. Широкинский рудный узел (Восточное Забайкалье): условия образования, геохимия пород и руд, связь оруденения с магматизмом // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 6. С. 6–17*
2. *Доломанова-Тополь А.А. Характеристики рудообразующего флюида, минералого-геохимические особенности и условия формирования Новоширокинского золото-полиметаллического месторождения, Восточное Забайкалье // Автореф. дис. канд. геол.-мин.наук. Москва, 2017. 21 с.*
3. *Замана Л.В., Чечель Л.П. Гидрогеохимические особенности зоны техногенеза полиметаллических месторождений юго-восточного Забайкалья // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-1. С. 33-38.*
4. *Лунев Б., Наумов В.А. Мелкое золото – главное золото нашей планеты // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2000. С. 50.*
5. *Мязин В.П., Литвинцев С.А. Повышение эффективности гравитационного извлечения золота из комплексных золотополиметаллических руд // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2018. Т. 41. № 1. С. 126–136.*
6. *Наумов В.А. Наумова О.Б. Осовецкий Б.М. Преобразование рудного золота при выщелачивании // Современные проблемы науки и образования. 2013 №6. С. 550-555.*
7. *Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермский государственный университет. Пермь, 2010. 480 с.*
8. *Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы россыпей // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 4 (158). С. 123-126.*
9. *Рудашевский Н.С., Аликин О.В., Антонов А.В., Рудашевский В.Н., Заболоцкий А.И. Анализ потерь самородного золота процесса переработки руд Новоширокинского месторождения (Забайкалье)//Уральская минералогическая школа. 2018. № 24. С. 183-187.*
10. *ИТС 49-2017 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Добыча драгоценных металлов: (утв. приказом Росстандарта от 15.12.2017 № 2840); Дата введения 2018-06-01.- М.: Бюро НДТ. - 151 с.*

УДК 553.411.071

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД ЗУН-ХОЛБИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

**Москвитина Мария Леонидовна**

*Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова  
магистрант 1 курса, г. Улан-Удэ  
e-mail: [homashca@mail.ru](mailto:homashca@mail.ru)*

**Извекова Александра Дмитриевна**

*Геологический институт Сибирского Отделения Российской академии наук  
аспирант 2 курса, г. Улан-Удэ  
e-mail: [boxjer@mail.ru](mailto:boxjer@mail.ru)*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., ведущий научный сотрудник  
Дамдинов Булат Батуевич

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования минерального состава главных кварц-сульфидных руд крупнейшего в Восточном Саяне Зун-Холбинского золоторудного месторождения. Выделено три минеральных типа руд: сливные пирит-пирротиновые, кварц-карбонат-сульфидные и кварц-полиметаллические. Термобарогеохимические исследования в комплексе с методом минеральной геотермометрии позволили установить физико-химические условия отложения кварц-сульфидных руд Зун-Холбинского золоторудного месторождения. По результатам изотопного анализа сульфидной серы и кислорода с разных горизонтов Зун-Холбинского золоторудного месторождения определен источник рудного вещества

**Ключевые слова:** Восточный Саян, Зун-Холбинское золоторудное месторождение, флюидные включения, минеральная геотермометрия, изотопный состав.

## CONDITIONS FOR THE FORMATION OF QUARTZ-SULFIDE ORES OF THE ZUN-KHOLBINSKY GOLD ORE DEPOSIT (EAST SAYAN)

**Moskvitina Maria**

*1<sup>st</sup> year Master's Degree Student of the Buryat State University  
St. Ulan-Ude  
e-mail: [homashca@mail.ru](mailto:homashca@mail.ru)*

**Izvekova Alexandra**

*Geological Institute SB RAS, post-graduate student of 2<sup>nd</sup> year of study  
St. Ulan-Ude  
e-mail: [boxjer@mail.ru](mailto:boxjer@mail.ru)*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Leading Researcher  
Bulat B. Damdinov

**Abstract:** The article presents the results of the main quartz-sulfide ores mineral composition study of the largest Zun-Kholba gold deposit in the East Sayan. Three mineral types of ores were distinguished: massive pyrite-pyrrhotite, quartz-carbonate-sulfide and quartz-polymetallic ores. Fluid inclusion study together with the mineral geothermometry the P-T conditions of the quartz-sulfide ores deposition of the Zun-Kholba gold deposit were established. Based on the sulfur and oxygen isotope composition in different horizons the source of ores was determined.

**Keywords:** East Sayan, Zun-Kholba gold deposit, fluid inclusions, mineral geothermometry, isotopic composition.

Зун-Холбинское золоторудное месторождение, открытое в 1955 году геологами О.Ф. Горнаковым и А.Г. Лакиным, расположено в юго-восточной части Восточного Саяна, в пределах

Боксон-Гарганской структурно-металлогенической зоны [1] и приурочено к Урик-Китойской золоторудной зоне.

В строении Зун-Холбинского золоторудного месторождения принимают участия: 1) породы выступа кристаллического фундамента Тувино-Монгольского микроконтинента; 2) сланцево-карбонатные отложения чехла Тувино-Монгольского микроконтинента; 3) породы офиолитовой ассоциации; 4) породы Сумсунурского комплекса; 4) единичные дайки лампрофиров.

Рудные тела на месторождении не имеют четких геологических границ и представляют собой тектонически нарушенные и гидротермально измененные породы разного состава. В целом, на месторождении, выделяются два типа рудных тел: минерализованные зоны и жиллообразные рудные тела [3].

Согласно преобладающим рудным минералам можно выделить три типа кварц-сульфидных руд на Зун-Холбинском золоторудном месторождении:

1. Сливные пирит-пирротиновые руды;
2. Кварц-карбонат-сульфидные (пиритовые) руды;
3. Кварц-полиметаллические руды (пирит-сфалерит-галенитовые) руды.

*Сливные пирит-пирротиновые руды.* Данный тип руды слагает линзовидные тела в рудоконтролирующих зонах дробления. Содержание сульфидов достигает 90%. Главные сульфидные минералы – пирротин (60-70%), пирит (25-30%); второстепенные рудные минералы – халькопирит, галенит, сфалерит, галенит (5-7%).

*Кварц-карбонат-сульфидные (пиритовые) руды.* Сложены чередованием полос серого, темно-серого, белого кварца; окварцованного серовато-белого карбоната и гнездовой, прожилковой, полосчатой и вкрапленной сульфидной минерализацией. Содержание сульфидов колеблется от 2 до 40%. Главные рудный минерал – пирит (70-80%); второстепенные рудные минералы – халькопирит, галенит, сфалерит, арсенопирит (10-20%); редкие минералы – Те и Вi содержащие минералы (гессит, самородный висмут, тетрадимит, викингит), а также единичные зёрна шеелита. Структуры данного типа руды: полосчатые, пятнистые, прожилково-вкрапленные.

*Кварц-полиметаллическая (пирит-сфалерит-галенитовая) руда.* Представлены системами кварц-полисульфидных жил и прожигов. Содержание сульфидов до 70%. Главные рудные минералы – галенит, сфалерит, пирит (80-90%), второстепенные минералы – халькопирит, пирротин (10-20%), встречаются редкие линзовидные включения гессита и тетраэдрита.

Выяснено, что Зун-Холбинское месторождение неблагоприятно для термобарогеохимических исследований, поскольку содержит очень мало первичных флюидных включений. Это связано с тем, что месторождение залегает в пределах сдвиговой зоны северо-западного простираания [2] в пределах которой широко проявлены пострудные тектонические деформации, которые уничтожают большую часть первичных флюидных включений.

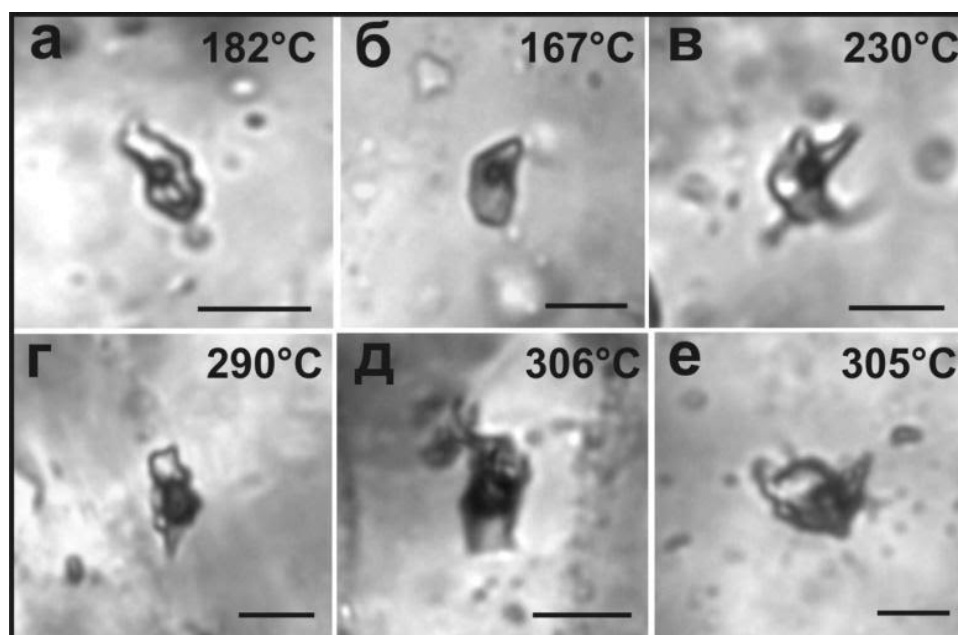


Рис. 1. Первичные ФВ из кварца Зун-холбинского месторождения. Цифрами показаны температуры гомогенизации. Длина линейки - 5 мкм.

Все флюидные включения (рис. 1) можно разделить на два морфологических типа: 1. Каплевидные и округлые включения; 2. Флюидные включения с извилистыми очертаниями неправильной формы.

Размер включений варьируется от 5 мкм до 14 мкм и имеет двухфазный состав: первая фаза – это газовый пузырь; вторая фаза – это водно-солевой раствор (жидкая).

Температура эвтектики ( $T_{эвт.}$ ) изученных флюидных включений варьирует от -36 до -38, что говорит о том, что в растворе преобладают хлориды Mg и Fe с примесью K и Na.

Соленость изученных растворов варьирует от 0.88 до 7.59 мас.% экв. NaCl.

$T$  гомогенизации ( $T_{гом.}$ ) колеблется в пределах от 168 до 340°C. Вычислив  $T_{гом.}$  мы определили условия захвата флюида, используя компьютерную программу FLINCOR [5] и данные, опубликованные в статье [7]. Исходя из результатов, флюидные включения захватывались при  $T$  от 182 до 342° C и при  $P$  от 170 до 704 бар (рис.2)

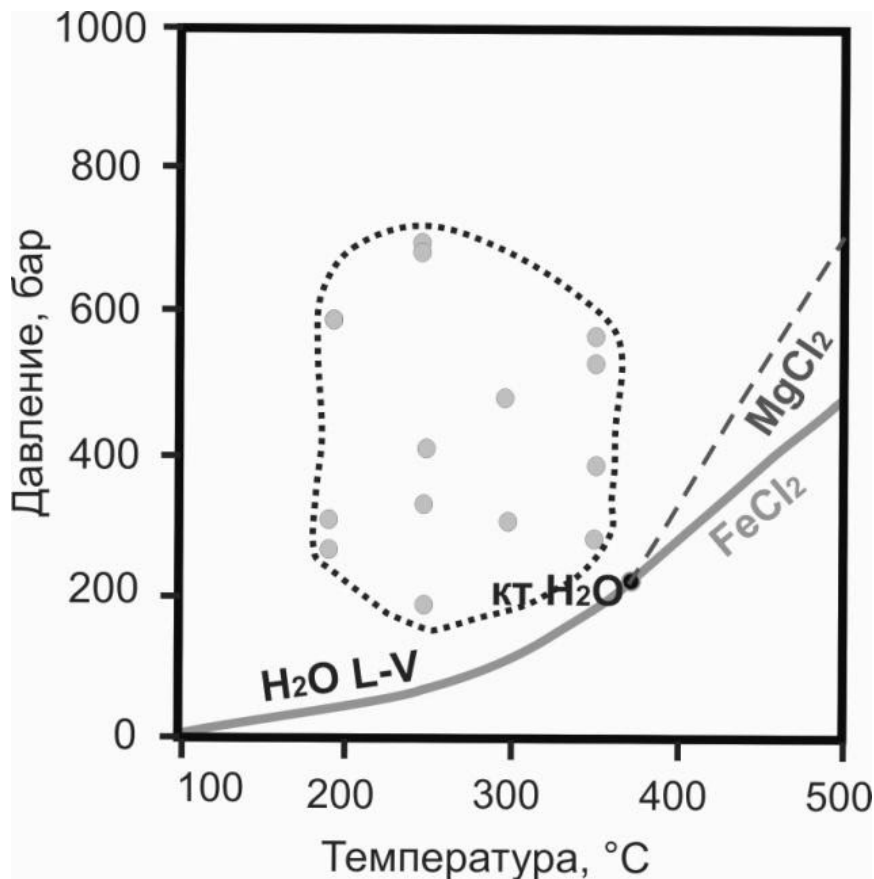


Рис. 2. Диаграмма  $P$ - $T$  условий образования флюидных включений

Для получения информации о температурных условиях образования Зун-Холбинских руд были использованы два минеральных геотермометра: электрум-сфалеритовый и арсенопиритовый.

В основе **электрум-сфалеритового геотермометра** лежат данные о железистости сфалерита ( $X_{FeS}$ ) и атомного количества серебра в самородном золоте ( $N_{Ag}$ ) [4]

Температурные условия рудообразования по электрум-сфалеритовому геотермометру варьируются от 315 до 464° C.

Основу **арсенопиритового геотермометра** составляют экспериментальные исследования зависимости состава арсенопирита от температуры и летучести серы [6]

Для определения температурных параметров нужно знать атомное содержание As (%) и использовать диаграмму фазовых отношений в системе Fe-As-S в равновесии с паром  $S_2$ .

Согласно полученным значениям температур можно сделать вывод, что формирование арсенопирита происходило при температурах от 271 до 400 °C.

При сравнении полученных данных минеральной термометрии и термобарогеохимических исследований, можно увидеть, что значения температур, полученные разными методами согласуются

между собой и попадают в один температурный интервал от 271 до 464 °С, который, таким образом, отвечает температуре рудоотложения.

Результаты изотопного анализа сульфидной серы с разных горизонтов Зун-Холбинского золоторудного месторождения показывают, что общий интервал значений  $^{34}\text{S}$  варьирует от 0 до +4,6 ‰. Полученные значения отвечают глубинному (мантийному) источнику серы.

Значения  $\delta^{18}\text{O}$  на нижних горизонтах – более 17‰, тогда как с уменьшением глубины, значение постепенно снижается, до 13.3‰. Такое распределение изотопных отношений можно интерпретировать как увеличение доли метеорных вод в приповерхностных условиях, тогда как на глубоких горизонтах в составе флюидов преобладали метаморфогенные воды.

Работа выполнена в рамках государственного задания ГИН СО РАН (№ АААА-А17-117011-650012-7) и гранта РФФИ № 18-05-00489.

### **Литература:**

1. Гордиенко И.В., Рошкетев П.А., Гороховский Д.В. Окинский рудный район Восточного Саяна : геологическое строение, структурно-металлогеническое районирование генетические типы рудных месторождений, геодинамические условия их образования и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. 2016. № 5. С. 405-429.

2. Жмодик С.М., Постников А.А., Буслов М.М., Миронов А.Г. Геодинамика Саяно-Байкало-Муйского аккреционно-коллизийного пояса в неопротерозое – раннем палеозое, закономерности формирования и локализации благороднометаллогоруденения // Геология и геофизика. 2006. Т 47. №1. С. 183-197.

3. Золото Бурятии / П. А. Рошкетев, А.Г. Миронов, Г.И. Дорошкевич / под ред. А. Г. Миронва. – Улан-Удэ: Издательство БНЦ СО РАН. 2000. 463 с.

4. Молошаг В. П. Использование состава минералов для оценки физико-химических условий образования колчеданных руд Урала // Литосфера. 2009. № 1. С. 28-40.

5. Brown P. E. FLINCOR: A microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data // American Mineralogist. 1989. Vol. 74. P. 1390 – 1393.

6. Kretschmar U. , Scott S. D. // Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application // Canadian Mineralogist. 1976. Vol. 14. P. 364 – 386.

7. Steele-MacInnis M., Lecumberry-Sanchez P., Bodnar R. J. Nokie Flincs\_H<sub>2</sub>O-NaCl: A Microsoft excel spreadsheet for interpreting microthermometric data from fluid inclusions based on the PVTX properties of H<sub>2</sub>O – NaCl // Computers & Geosciences. 2012. Vol. 49. P. 334-337.

УДК 550.8.053

## **СПЕЦИФИКА ПОДХОДА К БЛОЧНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПЛАСТООБРАЗНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Щенкова Евгения Сергеевна**

ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН), аспирант 2го года обучения, г. Москва  
e-mail: evgenia\_shenkova@mail.ru

**Научный руководитель:** Член-корреспондент РАН, д.г.-м.н., Петров Владислав Александрович

**Аннотация:** В работе описан подход к блочному моделированию пластообразного золоторудного месторождения: начиная от геологической интерпретации и заканчивая готовой блочной моделью. Приводятся результаты статистического и геостатистического анализа.

**Ключевые слова:** блочное моделирование, база данных, месторождение, геологический домен, геостатистика, золото.

## SPECIFICITY OF AN APPROACH TO BLOCK MODELING OF A BLANKET GOLD DEPOSIT

*Schenkova Evgenia Sergeevna*

*Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences (IGEM RAS),  
post-graduate Student 2-nd year of study, Moscow  
e-mail: evgenia\_schenkova@mail.ru*

*Research Supervisor: Corresponding Member of RAS, Doctor of Geology and Mineralogy, Petrov  
Vladislav Alexandrovich*

**Abstract:** The paper describes an approach to block modeling of blanket gold ore deposit: from the geological interpretation to the finished block model. The statistical and geostatistical analysis results are presented.

**Keywords:** block modeling, data base, deposit, geologic domains, geostatistics, gold.

При блочном моделировании месторождений любых промышленных типов первым и важным этапом является сбор и анализ всей доступной геологической информации. Чем лучше геологическая модель - тем проще проведение оценки запасов.

Для правильной оценки содержаний в каждом блоке нам необходимо максимальной точно представлять себе границы популяции и правильно разделять ее на домены. Здесь на помощь нам приходит понимание генезиса нашего месторождения, литологии, условий залегания, выветривания, структурных преобразований и любой другой доступной информации. Мы должны, используя понимание геологических условий, построить наиболее достоверную и информативную трехмерную модель.

Геологические и геолого-съемочные работы в пределах площади рудного поля и сопредельных площадей проводились с 1948 года. В результате проведенных работ к настоящему времени площадь полностью закрыта полистной геологической съемкой масштаба 1:50000. На территорию имеются топ основа масштабов 1:25000 и мельче, АФС масштабов 1:15000 – 1:20000 хорошего качества.

Оконтуривание рудных залежей и запасов по результатам геологоразведочных работ проводилось последовательно – сначала по разведочному пересечению, то есть по мощности рудных тел, затем по разведочным разрезам и после этого на горизонтальной проекции, т.е. в плане.

Оконтуривание рудных тел по разведочному пересечению выполнялось на основе общепринятого принципа компенсации по бортовому содержанию золота с учетом максимальной мощности пустого прослоя 5 метров и минимальной мощности рудного тела 5 метров, что определялось системой отработки рабочими уступами высотой 5-10 метров. Дополнительное обоснование минимальной мощности рудного тела 5 метров приведено по результатам сравнения подсчета запасов при  $M_{\min.p.t.}=5$  м и 2 метра. Границы залежей проводились по границам крайних в разрезе рудных тел.

### **База данных**

Базы данных содержат информацию о координатах устьев скважин, интервалах опробования, результатах анализов, инклинометрии, литологии и вторичных изменениях пород, а также о выходе керна.

Минимальная длина пробы составляет 0,2 м, максимальная 4 м, средняя длина - 1 м.

### **Статистический анализ данных опробования**

Статистический анализ выполнялся по файлу опробования скважин. Целью анализа являлось определение типа распределения золота в рудах.



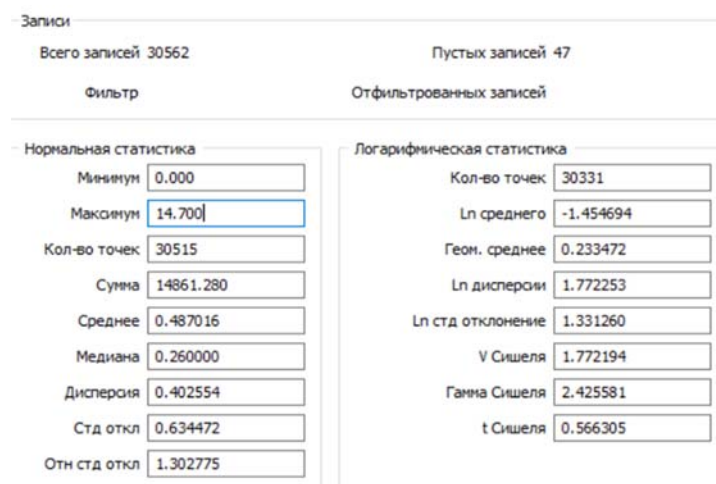


Рис. 1. Результаты статистического анализа в файле опробования для содержаний золота

По полученным данным можно сделать вывод о логнормальном распределении компонента и о наличии нескольких популяций, которые нам предстоит выделить при построении каркасов рудных тел.

### Каркасы рудных залежей

Основная цель построения каркасных моделей – использовать только те данные опробования, которые имеют отношение к оценочному объёму.

Кроме того, существует несколько подходов интерпретации пластообразных месторождений:

1. Классическое оконтуривание.
2. Интерпретация кровли/подошвы.
3. Интерпретация по центральной линии.

На выбор метода интерпретации чаще всего влияет условия залегания пласта и данных о его гипсометрии.

Каркасные модели были построены методом классического (от разреза к разрезу) оконтуривания. На основе рудных интервалов, выделенных по следующим параметрам кондиций: бортового содержания - 0,4 г/т, минимальной мощности рудных тел - 5 м и максимальной мощности безрудных прослоев - 5 м.

Построено 14 каркасных моделей

### Композитирование

Для композитирования содержаний золота была выбрана длина 1,0 м, как наиболее соответствующая средней длине пробы. При композитировании использовался алгоритм наилучшей подгонки, который допускает колебание длины пробы в пределах заданного интервала в 0,5 м. При этом потери данных были сведены к минимуму, а длина подавляющего большинства композитов колебалась от 0,97 до 1,04 м.

### Статистический анализ выбранных данных опробования

Повторный статистический анализ был сделан с целью оценки статистических параметров содержаний полезных компонентов в различных типах руд. Эти данные в последствие были использованы для проверки проинтерполированных средних содержаний в блочных моделях.

### Геостатистический анализ

Целью геостатистического анализа является создание серии направленных вариограмм, которые могли бы быть использованы как механизм взвешивания для алгоритма обычного Кригинга и определения параметров поискового эллипсоида для интерполяции методом Обратных пропорциональных расстояний. Параметры вариограмм вносят весомый вклад и в категоризацию ресурсов.

### Вариография

Геостатистический анализ проводился для всех проб в пределах месторождения. Расчет вариограмм производился по композитам. На начальном этапе рассчитывались вариограммы по скважинам с шагом 1 м для определения величины эффекта самородка. (рис. 2)

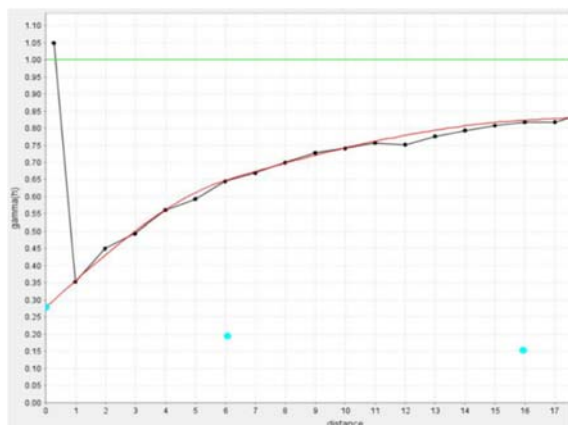


Рис. 2. Вариограмма вдоль скважин

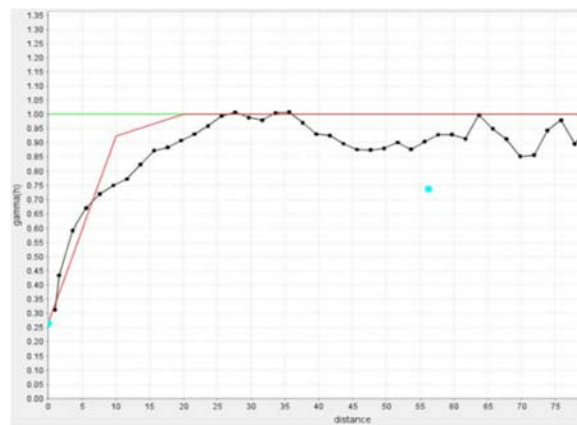


Рис. 3. Вариограмма 1-ая ось

Значение эффекта самородка равно 0,28.

Затем был произведен расчет вариограмм в различных плоскостях, после этого, с целью определения параметров поискового эллипсоида, были выделены вариограммы по трем главным направлениям и построены модели вариограмм (рис. 3).

#### Поисковые эллипсоиды и количество проб, участвующих в интерполяции

Параметры моделей вариограмм легли в основу определения размеров осей поискового эллипсоида. Направление главной оси эллипсоида выбиралось индивидуально для каждой залежи, в зависимости от азимута ее длинной оси. Угол погружения главной оси эллипсоида (plunge) всегда равнялся  $0^\circ$  (ось ориентировалась горизонтально), угол уклона (dip) промежуточной оси также был всегда равен  $0^\circ$ .

Первый поисковый радиус по большой оси определялся равным максимальному пределу влияния (до 50 м). Второй и последующие радиусы поиска (в случае необходимости) были кратны первому. Соотношения осей эллипсоида равнялось: большой и промежуточной 2:1, большой и малой 3:1. Для интерполяции блочной модели использовались минимум 3 и максимум 15 проб, попадающих внутрь соответствующих каркасов. Влияние одной скважины было ограничено тремя пробами.

#### Блочное моделирование

Создание блочных моделей состояло из следующих стадий:

- Построение пустых блочных моделей для всех рудных тел.
- Кодирование блочной модели каркасными моделями рудных тел.
- Интерполяция содержаний в ячейки блочной модели.

#### Блочная модель

Размеры элементарной ячейки блочных моделей месторождения составляют  $5 \times 5 \times 5$  м. Эти размеры наиболее соответствуют морфологии минерализации и распределению данных опробования в пространстве. Параметры, описывающие блочную модель, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры блочной модели			
Размер блока (м)	5	5	5
Кол-во блоков	597	698	68
Угол поворота(град)	0	0	0

#### Интерполяция содержаний

Учитывая высокие значения эффекта самородка для месторождения, для интерполяции содержаний как золота использовался не кригинг, а метод обратных расстояний со степенью 3. Содержания внутри каждого каркаса интерполировались с использованием только проб из этого каркаса.

#### Проверка блочной модели

Проверка блочной модели включала в себя:

- Визуальное сравнение содержаний в скважинах с содержаниями в ячейках блочной модели;
- Сравнение композитов, декластеризованных в пределах ячеек с содержаниями, присвоенными этим ячейкам при интерполяции.

Полученная блочная модель, которая обязательно проверяется визуально, проходит цифровую и статистическую проверку и, обязательно, заверяется сопоставлением данных с традиционным подсчетом.

Как только, успешно пройдены все проверки мы можем использовать блочную модель для классификации ресурсов, планирования дальнейших горно-технических и геологических работ.

### *Литература*

1. Ред. Воларович Г.П., Иванова В.Н. Методика разведки золоторудных месторождений // ЦНИГРИ, Москва, 1991.
2. Шурыгин А.М. Статистика при подсчете запасов месторождений // М., Изд-во Моск. ун-та, 1978.
3. Jacqui Coombes. The Art and Science of Resource Estimation // Coombes Capability, Pert, 2010.

УДК 3179

## **ЛИТИЙ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМАХ**

**Кузнецов Давид Алексеевич**

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
Dazovid@yandex.ru

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., доцент, Наумов Владимир Александрович

**Аннотация:** в статье приведен анализ литиеносности различных типов образований и геологических условий их формирования, показывающий широкие возможности расширения минерально-сырьевой базы лития и возможностей его использования.

**Ключевые слова:** литий, оксид лития, нетрадиционные источники, гидроминеральное сырье, галогенная толща.

## **LITHIUM IN NATURAL AND TECHNOGENIC SYSTEMS**

**Kuznetsov David Alekseyevich**

Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, City Perm  
Dazovid@yandex.ru

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Reader, Naumov Vladimir Alexandrovich

**Abstract:** the article provides an analysis of the lithogenicity of various types of formations and the geological conditions of their formation, showing the wide possibilities for expanding the mineral resource base of lithium and the possibilities for its use.

**Keywords:** lithium, lithium oxide, unconventional sources, hydromineral raw materials, halogen strata.

**Основные сферы использования лития.** Литий — один из наиболее востребованных редких металлов в мире, применяемых в военных и гражданских отраслях промышленности, он используется во многих областях человеческой деятельности: оборонной, химической и нефтехимической промышленности, авиационном и ракетно-космическом материаловедении, электрохимической и ядерной энергетике, металлургии, машиностроении, медицине, электронной технике.

Структура потребления лития в мире на 2019 г. [9] выглядит следующим образом: 1) **электротехника** (56 % от общего объема); производство литий-ионных аккумуляторов для электромобилей, бытовой техники, мобильных устройств; щелочных аккумуляторов (гидроксид

лития – компонент электролита); полупроводник для термоэлектрических преобразователей (сплав сульфида лития и сульфида меди); изготовление лазеров и оптики (фторид лития);

2) **керамика и стекло** (23 %); стекло на основе литийалюминий-силиката, упрочненного волокнами карбида кремния обладает огромной прочностью; стекло с соединениями лития имеет повышенную химическую устойчивость, прозрачность для ультрафиолетового или инфракрасного излучения, светочувствительность; керамика, созданная на основе алюмината и силиката лития затвердевает при комнатной температуре, используется в военной технике, металлургии, пригодна для термоядерной энергетики.

3) **консистентные смазки** (6%) эмульсии минеральных масел, кальциевого или литиевого мыла повышают вязкости масел;

4) **воздухоочистка** (2 %) на основе гидроксида лития (LiOH) и пероксида (Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) очищают воздух от углекислого газа с выделением кислорода (например,  $2\text{Li}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2\uparrow$ ); используются в изолирующих противогазах, в патронах для очистки воздуха на пилотируемых космических аппаратах и на подводных лодках.[3]

5) **прочее** (13%); в металлургии вспомогательное вещество при выплавке алюминия; повышение пластичности и прочности различных сплавов, применяемых в авиации и космонавтике; в ядерной энергетике при производстве реакторов за счет высокой удельной теплоемкости.

**Основная добыча лития** на 2018 г. велась в Австралии 58% от общей добычи, так же добывали в Чили (18%), КНР (9%) и Аргентине (7%) (табл.1).

Таблица 1  
Основные производители лития [12]

Страна	Добыча (тонны)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Австралия	13300	14100	14000	18700	51000
Чили	11500	10500	14300	14100	16000
КНР	2300	2000	2300	3000	8000
Аргентина	3200	3600	5800	5500	6200
США	н.д.	н.д.	3100	3300	4000
Зимбабве	900	900	1000	1000	1600
Португалия	300	200	400	400	800
Бразилия	160	200	200	200	600
<b>Сумма</b>	<b>31660</b>	<b>31500</b>	<b>41100</b>	<b>46200</b>	<b>88200</b>

Крупнейшая компания по добыче лития - австралийская Talison Lithium Ltd., отрабатывает сподуменовое месторождение Greenbushes, является также крупнейшим в мире месторождением танталита. большую часть своей продукции поставляет на быстро растущий китайский рынок лития. [11]. Чилийская компания SQM – один из крупнейших производителей карбоната лития (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), карбонат лития извлекается в качестве побочного продукта на предприятиях, добывающих калий-хлоридную рапу на месторождении Salar de Atacama - крупнейшем литиевом месторождении в мире [11]. Компания Tibet Lithium New Technology Development Co. выпускает 5000 тонн/год карбоната лития из рапы месторождения Zabayu Salt Lake в Восточном Тибете. Guoan Lithium Science & Technology Co. производит 3500 тонн/год карбоната лития на месторождении Taijinaier Salt Lake в провинции Цинхай [11].

**Геохимия лития.** Содержание лития в верхней части континентальной коре составляет 21 г/т, в морской воде 0,17 г/т. Представляет собой лито- и гидрофильный элемент, литий входит в минеральный состав гранитоидов, пегматитов и грейзенов [5].

**Основные типы месторождений лития** связаны с твердой и жидкой минеральной фазой.

В минеральной форме известно более 40 видов, в которых литий присутствует в заметном количестве (более 0,1% атомной массы). В природе насчитывается значительное количество минералов лития (более 19), среди которых наиболее распространены сподумен, лепидолит, петалит, циннвальдит и породообразующих минералах (слюды, турмалины и др.), где присутствует в виде изоморфных примесей. В гранитоидах содержание Li увеличивается по мере увеличения содержания SiO<sub>2</sub> и щелочности.

Месторождения лития связаны с интрузиями редкометалльных гранитов и сопряженных с ними литийсодержащих пегматитов или гидротермальных комплексных отложений других металлов [10]. Литиевые руды образуются в связи с постмагматическими процессами при температурах 500-700°C на глубине 3-7 км. Основной промышленно-генетический тип месторождений литиевых руд — гранитные редкометалльные пегматиты. Попутно литий может получаться из редкометалльных танталоносных гранитов литий-фтористого типа, циннвальдитовых или лепидолитовых грейзенов. Относительно высокие концентрации лития выявлены также в осадочных глинистых породах и слюдисто-флюоритовых метасоматитах.

Содержание лития в процессе выветривания в большинстве случаев остается постоянным для кристаллических и обломочных пород. Это же относится к глинистым уплотненным породам — аргиллитам, глинистым сланцам, в которых происходит замедленный вынос-привнос лития и фактически сохраняется его первоначальное количество, накопленное в ходе седиментогенеза. [1].

Согласно исследованиям на Полоховском месторождении [2] для основных типов пород установлены такие индикаторные ассоциации: для сподуменовых метасоматитов — литий-ниобий-фосфор; для гранитов — литий-висмут; для альбититов — литий-галлий-серебро; для пелитизированных пород — литий-медь-молибден. Для поверхностных отложений характерна литий-фторовая ассоциация. Суммарное содержание подвижных форм этих элементов служит индикаторным показателем при поисках оруденения по солевым геохимическим ореолам

*Гидроминеральные формы лития.* Литий также встречается в подземных термальных водах с чрезвычайно высокой концентрацией различных микроэлементов. Другим распространенным типом отложений лития являются природные рассолы некоторых высокосолевых озер — это галургическое (гидроминеральное) сырьё. Оно включает в себя: межкристаллитную рапу, высокоминерализованные воды, геотермальные рассолы, а также попутные воды нефтяных скважин. Сырьё относится к экзогенной серии, осадочной группе, седиментогенетическому ряду, формации литиеносных рассолов. Содержание лития в водах колеблется в широких пределах, достигая 0,135 % в месторождении Салар-де-Атакама, Чили. В последние годы интенсивно разрабатываются способы получения литиевых солей из нетрадиционных видов сырья. Литий производится из природных рассолов в США и Чили.

*Литий в галогенных формациях.* Особое место занимают салары Южной Америки, выгодно отличающиеся тем, что концентрация лития в исходном природном рассоле составляет 1,0-2,5 г/л и при упаривании по галургической схеме из него можно получить концентраты с содержанием лития выше 40 г/л. Наибольшая часть гидроминеральных запасов лития приходится на долю салара Атакама площадью около 3000 км². Испаряемость воды в районе салара составляет 3200 мм/год, количество атмосферных осадков — 15 мм/год. Продукционные рассолы находятся на глубине 30-40 м. Данное месторождение относится к рассолам хлоридно-натриевого типа. Содержание в рапе хлорида лития — 2-5 г/л, запасы составляют 0,85 млн.т. в перерасчете на оксид лития. [4]

Сухое озеро Сёрлз (США, штат Калифорния), находится в бессточной котловине в 200 км к северо-востоку от Лос-Анджелеса. Содержание хлорида лития в рапе составляет 1 г/л, запасы составляют 0,4 млн.т. Рапа добывается из верхнего и из нижнего соляных пластов. В сутки перерабатывается 13,5 тыс. м³ рапы с получением литиевого концентрата (ликонца). Ликонц получают в качестве побочного продукта в процессе производства ценных солей бора, калия, натрия. [4]

Природные высокоминерализованные воды месторождения Сильвер-Пик (США, шт. Невада) представлены относительно неглубоко погребенной хлоридной натриевой рапой с литием. Месторождение расположено в бессточной долине в 200 км к северу от озера Сёрлз. Общая минерализация рапы свыше 200 г/л. Содержание лития в рапе 4 г/л. Запасы оксида лития в рапе Сильвер Пик оцениваются по данным Горного Бюро США в 7,4 млн.т. [4]

Концентрация лития в водах Мертвого моря по данным П.Г. Кудрявцева, составляет в среднем 20 мг/л [7]. Это соответствует кондициям для промышленного извлечения лития из гидроминерального сырья [6].

*Нетрадиционными источниками лития* могут быть галогенные толщи солей верхнепермских пород на территории соленосных бассейнов западного Урала и Прикаспийской синеклизы. Также как и в водах Мертвого моря в них должны сохраняться повышенные концентрации лития. Работами ПГНИУ установлено, что содержание лития в верхнепермских солях прикаспийской синеклизы [8] в среднем составляет 11 г/т. Перспективными по повышенным концентрациям лития является ангидритовая пачка в верхней части разреза северо-восточной части синеклизы (до 23 г/т) и

ангидритовый прослой в галоидной толще (40-70 г/т). Установлены перспективы для прослоев каменной соли в галогенной толще (свыше 9 г/т).

*Техногенное гидроминеральное сырье* лития связано с рассолами и попутными водами нефтяных месторождений. Попутные воды нефтяных месторождений, извлекаемые вместе с нефтями – техногенный ресурс лития. Значительных оценок его содержания и перспектив использования не проводилось. Перед закачкой рассолов (попутных вод) в пласты для поддержания пластового давления возможно создание технологической линии для извлечения лития и других металлов на основе сорбции или ионного обмена. Принципиальные схемы такого извлечения известны и при дополнительной оценке могут быть внедрены на производстве.

**Технологии извлечения лития** разработаны для его природных минералов и гидроминеральных ресурсов. Кислотный способ разработки предусматривает разложение минералов под действием серной кислоты, щелочной способ заключается в спекании минералов с СаО или СаСО<sub>3</sub>, при солевом минералы обрабатывают сульфатом калия (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), а затем выщелачивают водой. Извлечение лития из природных рассолов ведется галургическим способом, основанным на разнице растворимости хлоридов натрия и лития в концентрированных растворах в присутствии солей других металлов. Для бедных по литию рассолов необходимо использовать методы сорбционного извлечения лития с использованием селективных сорбентов. [3]

Требования к минимальным концентрациям для гидроминерального сырья не являются постоянными и обусловлены во многом уровнем развития экономики, техники и технологии, потребления этих компонентов в различных отраслях хозяйства и конъюнктурой мирового рынка. В настоящее время минимальные концентрации элементов, представляющих промышленный интерес (кондиционное содержание) для лития составляет 10-20 мг/л [6].

Таким образом, проведенный анализ литиеносности различных типов образований и геологических условий их формирования показывает широкие возможности расширения минерально-сырьевой базы лития и возможностей его использования.

### **Литература**

1. Бойко Т. Ф. *Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов* // *Геохимия редких элементов*. Изд. «Наука», т. 1, 1964. С. 51—73.
2. Жовинский Э.Я., Жук Е.А., Крюченко Н.О., Бугаенко В.Н, *Геохимические ассоциации химических элементов и их поисковое значение (на примере Полоховского месторождения лития)*. // г. Киев, Украина, 2009. С. 6.
3. Кудрявцев П.Г. *Литий: мировые запасы и перспективы применения*. // Израиль, 2016. С. 65-66.
4. Самойлов В.И.. *Природные минерализованные воды как важный промышленный источник лития и способы их галургической переработки* // г. Усть-каменогорск, Казахстан, 2006. С. 71-75.
5. Ставров О.Д., *Геохимия лития, рубидия, цезия в магматическом процессе*, М.: Недра, 1978. С. 214.
6. Шварцев С.Л. *Перспективы использования промышленных рассолов Сибирской платформы для извлечения лития и брома* // г. Томск, 2012. С. 2.
7. Kudryavtsev P.G. *Lithium In Nature, Application, Methods of Extraction (Review)*, Israel, 2016. С. 5-6.
8. *Проведение поисковых исследований с целью выявления обогащенных зон минерализации благородных металлов и лития в соляной толще прикаспийской впадины...* // *Отчет ПГНИУ*. г. Пермь, 2019. С. 106-109.
9. *Структура потребления лития в мире. Электронный ресурс*: <https://rg.ru/2019/11/12/kak-na-rynke-litiia-otrazitsia-politicheskaiia-napriazhennost-v-bolivii.html>
10. *Литиевые руды. Электронный ресурс*: <http://www.mining-enc.ru/litievye-rudy/>
11. *Литий. Сверхвозможности суперметалла. Электронный ресурс*: <http://rareearth.ru/ru/pub/20161026/02870.html>
12. ISE *Обзор рынка лития за сентябрь 2019. Электронный ресурс*: <https://institut-seltene-erden.de/ise-lithium-marktbericht-september-2019/>

## РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

*Македонская Александра Дмитриевна*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет», магистрант 2 курса), г. Казань  
e-mail: ymenalapki@gmail.com*

*Научный руководитель: д.х.н., профессор, Латыпова Венера Зиннатовна*

**Аннотация:** В статье рассматривается возможность применения современных методов биогидрометаллургии в целях извлечения золота из техногенных образований в Забайкальском крае Российской Федерации.

**Ключевые слова:** хвостохранилище, золото, выщелачивание, биогидрометаллургия

## CONSIDERATION OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF METHODS OF BIOHYDROMETALLURGY FOR THE EXTRACTION OF GOLD FROM THE TAIL OF THE ZABAIKALSK REGION

*Aleksandra Dmitrievna Makedonskaya,*

*Kazan (Volga region) Federal University, 2<sup>nd</sup> year Post-graduate Student, Kazan, Russia  
e-mail: ymenalapki@gmail.com*

*Research Supervisor: Doctor of Chemical sciences, Professor, Venera Zinnatulina Latypova*

**Abstract:** The article considers the possibility of using modern methods of biohydrometallurgy in order to extract gold from technogenic formations in the Trans-Baikal Territory of the Russian Federation.

**Keywords:** tailings, gold, leaching, biohydrometallurgy

Россия занимает 6-е место в мире по уровню добычи золота. Имеется множество техногенных объектов, из массива которых возможно извлечения концентрата с последующим получением из него золота, в том числе - множество техногенных месторождений (шламонакопителей) в местах выбывших из эксплуатации предприятий добычи золота. Специалистам необходимо лишь провести детальный анализ технологий золотоизвлечения для оценки показателей экономической и экологической эффективности мероприятий [3,6]. Современным, стремительно развивающимся направлением в сфере извлечения металлов из является биогидрометаллургия [2,4,11], являющаяся приоритетной в сравнении с другими методами с точки зрения минимизации негативного воздействия на окружающую среду [10]. Методы биогидрометаллургии применяются в процессах микробной добычи нефти, процессах биовыщелачивания и водоочистки.

Специалисты рассматриваемой области деятельности занимаются активным выведением новых штаммов бактерий, которые способны усовершенствовать процесс извлечения металлов (кобальта, меди, свинца, никеля, цинка и золота) при необходимой минимизации экономических затрат. На данный момент полупромышленные испытания методов бактериального выщелачивания техногенных образований с целью получения золотосодержащих концентратов уже проведены на Тасеевского, Ведугинского, Боголюбовского, Майского, Бакырчикского месторождений на территории Российской Федерации, а также месторождений Аксу, Кючус, Албазино, Зармитан, Кокпатас на территории Казахстана [5,8,9].

Цель работы состоит в обосновании возможности вовлечения в хозяйственный оборот предприятий, разрабатывающих техногенные золоторудные месторождения в целях извлечения золота методами биогидрометаллургии.

Объект исследования - предприятия, разрабатывающие техногенные золоторудные месторождения – шламонакопители, находящиеся в Балеysком районе Забайкальского края.

Рассматриваемое хвостохранилище с отходами предприятия золотодобычи расположено у юго-западной окраины г.Балей и восточной окраины пос.Ново-Троицкий. Ближайшая железнодорожная станция (ж.д.) – Приисковая Забайкальской ж.д. находится в 56 км к северу от г. Балей и соединена с ним шоссейной дорогой.

Предварительный анализ содержания благородных металлов (Au и Ag) в материале хвостохранилища на 2018 год имеет следующие значения: золота категории С1 - 9755 кг, илов - 9047 тыс. т с содержанием золота - 1,08 г/т; балансовые запасы серебра категории С1- 6505 кг, илов – 1708 тыс. т с содержанием серебра 3,81 г/т; балансовые запасы серебра категории С2- 21845 кг, илов – 7339 тыс. т с содержанием серебра 2,98 г.

Результаты гранулометрического анализа лежалых хвостов показывают относительно равномерное содержание золота во всех фракциях – от 0,9 до 1,1 г/т, за исключением наиболее крупного класса минус 1,7 + 0,2 мм, в котором содержание золота до 1,76 г/т при незначительном выходе класса – 3,6 %.

Приведенные показатели свидетельствуют о перспективности извлечения золота из рассматриваемого хвостохранилища предприятия золотодобычи Забайкальского края.

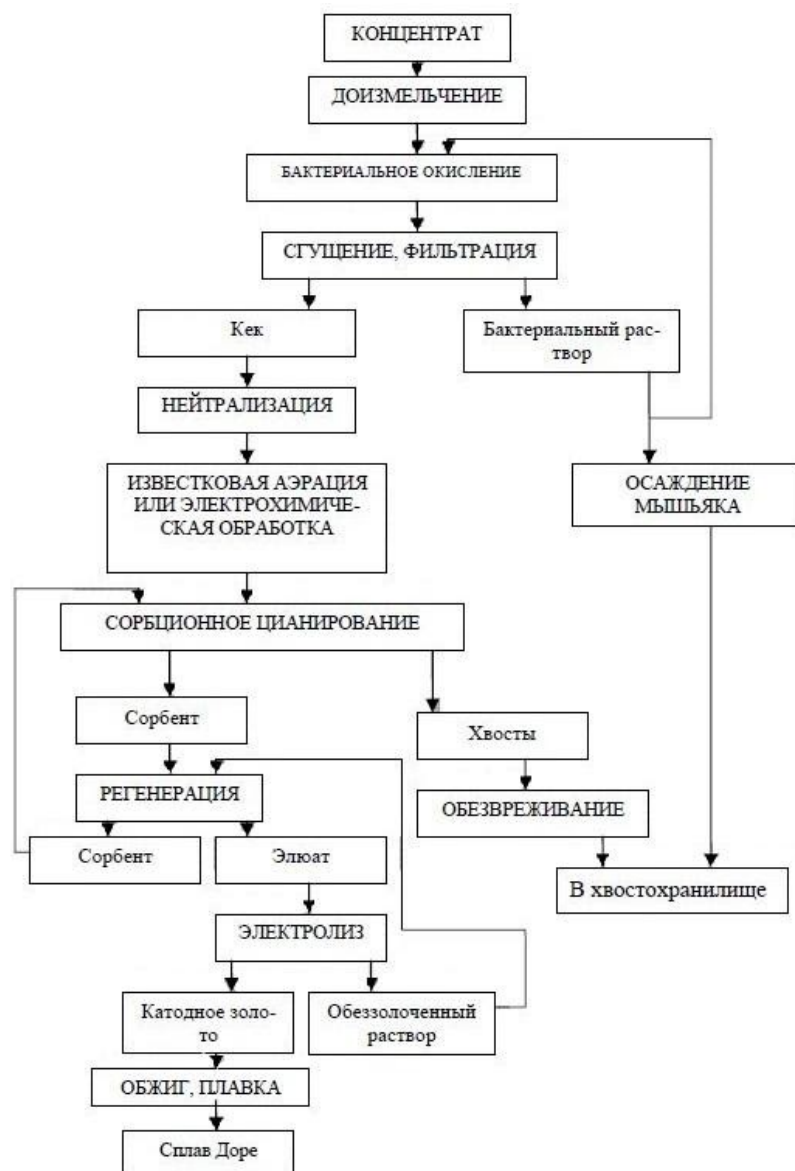


Рисунок. Технологическая схема биогидрометаллургической переработки золотомышьяковых концентратов (Зуборева, 2006)

В случае применения бактериального выщелачивания возможно использование штаммов *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* и *Thiobacillus ferrooxidans* [7], которые окисляют  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{S}^0$  и сульфидные минералы и способны существовать в условиях диапазона



температур 20 - 80 °С. Также возможно применение ацидофильных гетеротрофных бактерий *Acidiphilium cryptum*, *Ac. angustum*, *Ac. rubrum* и *Ac. facilis*, которые способствуют выщелачиванию металлов хемолитотрофными бактериями.

Проведение бактериального выщелачивания основано на использовании эффекта присутствия в процессе микроорганизмов, не наносящих вреда человеку и окружающей среде, в частности, автотрофных бактерий подобранного штамма, из-за естественной жизнедеятельности которых золотосодержащие сульфиды железа окисляются до конечных химических соединений (сульфат и арсенат железа, серная кислота). Этот процесс происходит без потенциально вредного технологического оборудования, выделяющего загрязняющие вещества в атмосферу, так же без добавления опасных для человека и окружающей среды веществ. Освобождаемое бактериями золото находится в форме, доступной для дальнейшего извлечения цианистыми растворами. Краткая схема процесса бактериального выщелачивания показана на рисунке.

Исходя из имеющегося опыта применения бактериального выщелачивания золота на других техногенных объектах, возможно предположить, какой процент извлечения металла возможно получить на выходе (табл.).

Таблица

Предполагаемые результаты цианирования руды после 5 месяцев бактериального выщелачивания

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Содержание золота в хвостах, г/т	Извлечение золота, %
-1,7+0,2	3,6	1,76	45,0
0,2+0,9	23,4	1,5	69,8
0,9+1,1	73	0,16	94,4
Итого	100	0,7 (по балансу)	69,7

Предположительные показатели извлечения золота можно считать эффективными с экономической точки зрения [1], так как извлечения золота составляет 69,7 %, что сопоставимо со средним показателем степени извлечения золота другими технологическими способами, например, методом прямого цианирования (62 %), оказывающему негативное воздействие на компоненты окружающей среды.

Полученные данные и реальный опыт вовлечения в хозяйственный оборот предприятия технологии бактериального выщелачивания шламамонапителей с целью получения золотосодержащего концентрата свидетельствуют о том, что на территории хвостохранилища Балецкого района Забайкальского края целесообразно применять рассматриваемый метод биогидрометаллургии.

### Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утв. Госстроем России, Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госкомпромом России. М.: Экономика, 2000, 420 с.
2. Гудков С.С., Шкетова Л.Е., Копылова Н.В., Михайлова А.Н. Кучное биовыщелачивание сульфидных руд. // М: Золотодобыча, 2011. - №146, январь. - С.120-124
3. Даллакян А.А. Сопоставительный анализ объемов производства и затрат на производство золота в отдельных странах мира.// Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ, 2005, №8, С. 30 - 33.
4. Зуборева Н.А. Эколого-экономическое обоснование эффективности извлечения золота из упорных руд методом бактериального выщелачивания // ГИАБ, 2006. - №6. - С.164-166
5. Каравайко Г.И., Кузнецов С.И., Голомзин А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. - М.: Недра, 1972. - 248 с.
6. Кидун Ю.Ю. Классификация и особенности состава техногенных месторождений золота. Сб. "Научных трудов посвященных 70-летию кафедры ЭППП". М.: МГГУ, 2001, С. 121-125.

7. Кусков В.Б., Кускова Я.В., Сидорович А. С. О возможности применения бактериальных методов в процессах переработки минерального и техногенного сырья // Вестник КузГТУ, 2019. - №1 (131). - С.36-41.
8. Лодейщиков В.В. Состояние исследований и практических разработок в области биогидрометаллургической переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов // Иркутск, Иргиредмет, 1993. - 200 с.
9. Польшкин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов // М.: Недра, 1982,. - 286 с.
10. Хайнасова Т. С., Левенец О. О., Балыков А. А. Бактериально-химические процессы переработки руд и их исследование в Камчатском крае // ГИАБ, 2016. -№S31.- С.223-232.
11. Kondrat'eva T. F. Percolation bioleaching of copper, zinc and gold recovery from flotation tailings of the sulfide complex ores of the Ural region, Russia / T. F. Kondrat'eva, T. A. Pivovarova, A. G. Bulaev and others // Hydrometallurgy. — 2012. — V. 111–112. — P. 82–86. — doi: 10.1016/j.hydromet.2011.10.00

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

*РАЗДЕЛ 2:*

*Минералогия, геохимия и петрография*

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

*Section 2:*

*Mineralogy,  
geochemistry and petrography*

УДК 553.632

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РАВНИННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*Колесникова Карина Алексеевна*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.*

*Платова, студентка 4 курса, г. Новочеркасск*

*karina\_kolesnikova@99.bk.ru*

*Научный руководитель: к. г.-м. н., доцент, Бутенков Александр Александрович*

**Аннотация:** Работа посвящена изучению закономерности вертикальной изменчивости вещественного состава солей Равнинного месторождения (Волгоградская область)

**Ключевые слова:** калийные соли, графики вертикальной изменчивости, вещественный состав

## REGULARITIES OF VERTICAL VARIABILITY OF THE MATERIAL COMPOSITION OF THE PLAIN DEPOSIT OF POTASSIUM SALTS (VOLGOGRAD REGION)

*Karina Kolesnikova*

*South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov,*

*4<sup>st</sup> year Student, Novocherkassk*

*karina\_kolesnikova@99.bk.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Alexander Butenkov*

**Annotation:** The work is devoted to the study of the patterns of vertical variability of the material composition of salts of the Plain field (Volgograd region)

**Keywords:** potassium salts, graphs of vertical variability, material composition

Равнинное месторождение калийных солей расположено в Волгоградской области, юго-западнее г. Волгограда, в пределах Котельниковского района. Оно непосредственно примыкает к разведанному Гремячинскому месторождению калийных солей.

Геологический разрез месторождения включает отложения верхнего карбона, перми, триаса, мела и всех систем кайнозойской группы. Соляные отложения приурочены к раннему отделу пермской системы и представлены кунгурским ярусом [2].

Кунгурский ярус (P<sub>1</sub>k) соответствует нижнепермской галогенной формации, сложенной каменной солью, доломитами, ангидритами, калийными и калийно-магниевыми солями, содержащими незначительное количество рассеянного терригенного материала. Верхняя граница яруса четко устанавливается по резкой смене хомогенных отложений терригенными.

В данной работе изучены результаты анализа вещественного состава солей по керну скважины № 50. Использована информация о содержаниях главных соляных минералов – галита, карналлита, ангидрита, кизерита, бишофита, каинита, тахгидрита а также содержаний нерастворимого остатка.

Были построены графики изменчивости с глубиной в интервале 2010 – 2785 м (рис.). Графики по скважине показывают преобладание галита по всему интервалу. Прочие минералы присутствуют в меньших количествах, но при этом в интервале 2483–2600 м отмечается возрастание содержания карналлита. Ангидрит, кизерит, бишофит, каинит, тахгидрит и нерастворимый остаток на всех интервалах представлены в меньшем количестве.

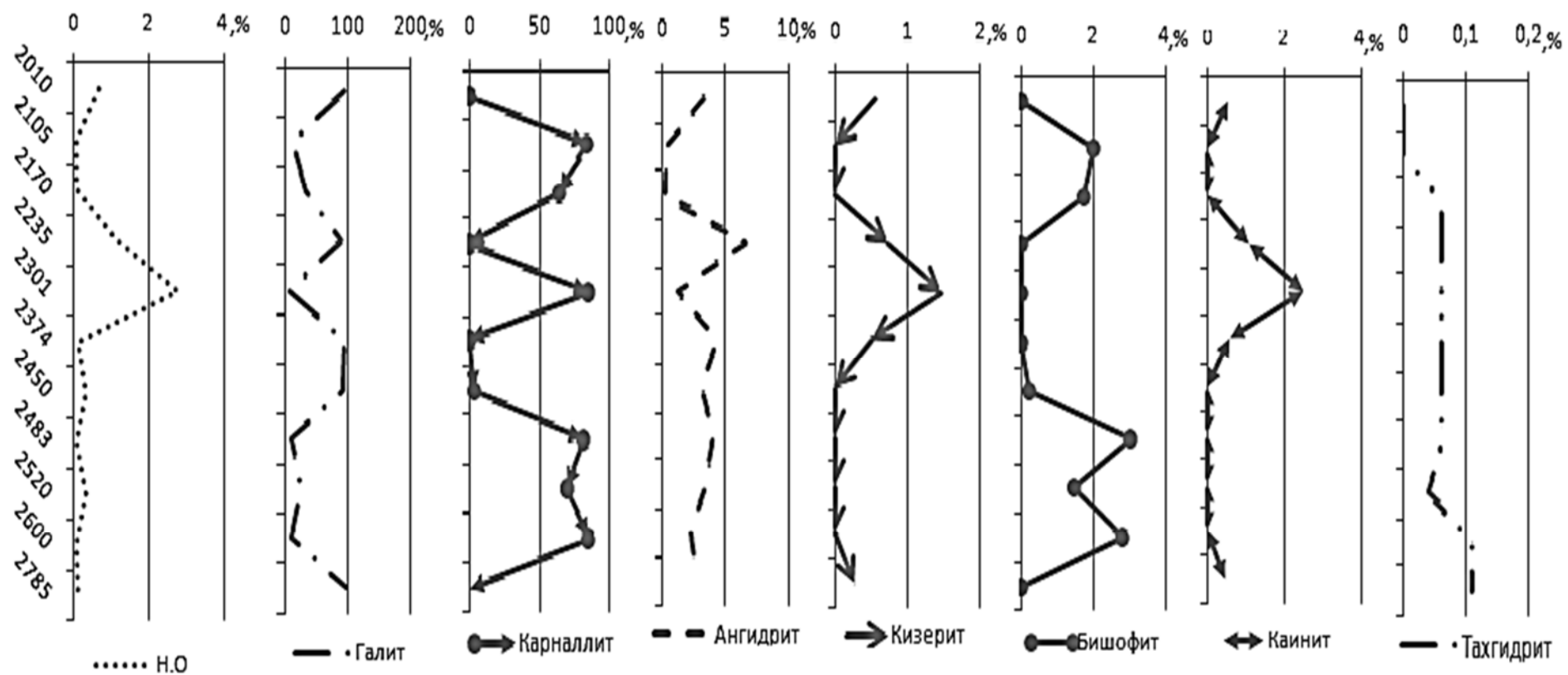


Рис. Графики изменчивости минерального состава по разрезу скважины

Содержания галита колеблются в пределах от 10 до 94 %. Максимумы содержаний приходятся на интервал 2374-2785 м, а также повышенные содержания отмечается на глубинах 2010-2235 м.

Содержания карналлита колеблются в пределах от 0 до 84,65 %. Максимумы содержаний приходятся на интервал 2483-2600 м.

Содержания ангидрита колеблются в пределах от 0,58 до 6 %. Максимумы содержаний приходятся на глубины 2235-2483 м.

Содержания кизерита колеблются в пределах от 0 до 2 %. Максимум содержаний приходится на глубину 2301 м.

Содержания бишофита колеблются в пределах от 0 до 3,04 %. Максимумы содержаний приходятся на глубины 2483-2600 м.

Содержания каинита колеблются в пределах от 0 до 2,52 %. Максимумы содержаний приходятся на глубины 2235-2374 м.

Содержания тахидрита колеблются в пределах от 0 до 0,11 %. Максимумы содержаний приходятся на глубины 2600-2785 м.

Нерастворимый остаток (Н.О.) по изучаемому интервалу присутствует в весьма малых количествах – от 0,06 до 2,78 %. Максимальный пик приходится на глубину 2301 м.

Анализ рассчитанной корреляционной матрицы Пирсона показал, что наиболее ярко проявлена отрицательная связь между количественно преобладающими галитом и карналлитом (коэффициент корреляции составил -0,99). Среди минералов, представленных в невысоких концентрациях, выделяются сильной положительной связью каинит и кизерит (коэффициент корреляции 0,98). Эти же два минерала также образуют сильную связь с нерастворимым остатком. Отмечена отрицательная связь между бишофитом и галитом (коэффициент корреляции -0,76). Так же отчетливо отрицательная связь отмечается для бишофита и кизерита (коэффициент -0,63), а также ангидрита и карналлитом (-0,59).

Таблица

Матрица корреляции Пирсона

	Н.О.	галит	карналлит	ангидрит	кизерит	бишофит	каинит	Тахидрит
Н.О.	1							
галит	-0,14	1						
карналлит	0,11	-0,99	1					
ангидрит	0,00	0,55	-0,59	1				
кизерит	0,92	0,10	-0,13	0,13	1			
бишофит	-0,47	-0,76	0,77	-0,31	-0,63	1		
каинит	0,96	-0,01	-0,02	0,05	0,98	-0,56	1	
тахидрит	-0,07	0,03	-0,03	0,11	-0,04	0,07	0,03	1

Отмеченные особенности взаимоотношений соляных компонентов изучаемого разреза обусловлены характером протекания процесса эвапоритизации, течение которого не было равномерным – спорадически происходили скачки насыщенности соляного раствора, обусловленные прежде всего климатическим фактором. В связи с этим по-разному проявляли себя минералы, отличающиеся своей растворимостью, чем и обусловлена изменчивость их содержаний по разрезу.

Сильная отрицательная корреляционная связь между галитом и карналлитом объясняется тем, что эти минералы обладают разной растворимостью – карналлит, являющийся хлоридом калия и магния, более растворим, чем галит [1]. Взаимно противоположные колебания концентраций этих двух солей по исследованному разрезу объясняются переменной насыщенностью соляного раствора, когда при относительных опреснениях выпадал галит.

Сильная положительная связь между каинитом, кизеритом и нерастворимым остатком объясняется тем, что эти два минерала относятся к классу сульфатов, они менее растворимы, чем остальные минералы, и их накопление соответствовало стадиям относительного опреснения солеродного бассейна, что также подтверждается их связью с интервалами повышенных содержаний нерастворимых примесей.

Отрицательная связь между галитом и бишофитом также объясняется разной растворимостью этих минералов – бишофит более растворим, и отложение его соответствует периодам повышения насыщенности соляного раствора.

### **Литература**

1. Байков А.А., Седлецкий В.И. Литогенез (мобилизация, перенос, седиментация, диагенез осадков). – Ростов-на-Дону, Изд-во СКНЦ ВШ, 1997. – 448 с.
2. Отчет о разведке Гремячинского месторождения калийных солей (Котельниковский район Волгоградской области). – Котельниково, 2007. – 316 с.

УДК 551.87; 551.77; 552.581

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАЛЕОЦЕН-ЭОЦЕНОВОГО МАКСИМУМА ПО КОСВЕННЫМ ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ (СРЕДНЕЕ ЗАУРАЛЬЕ)**

**Смирнов Павел Витальевич**

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», кандидат геолого-минералогических наук, г. Тюмень  
geolog.08@mail.ru

**Аннотация:** В статье представлены первые результаты анализа косвенных геохимических данных (расчет геохимических индексов и фациальных индикаторов палеопродуктивности, терригенного сноса, окислительно-восстановительных условий и данных изотопии) для раннепалеогеновой секции в Среднем Зауралье. По совокупности косвенных геохимических данных можно утверждать, что рассмотренный разрез, вероятно, охватывает первые две фазы палеоцен-эоценового максимума. Первая экскурсия углерода сопровождается наращиванием объема терригенного материала в условиях периодического эрозионного врезания и общей трансгрессивно-регрессивной ритмики.

**Ключевые слова:** палеоцен, эоцен, диатомит, палеоцен-эоценовый максимум, PETM, Зауралье.

## **IDENTIFICATION OF THE PALEOCENE-EOCENE MAXIMUM BY INDIRECT GEOCHEMICAL DATA (MIDDLE TRANSURALS)**

**Pavel Smirnov,**

University of Tyumen, Candidate of Geology and Mineralogy, Tyumen,  
geolog.08@mail.ru

**Abstract:** The article presents the first results of the analysis of indirect geochemical data (calculation of geochemical indices and facies indicators of paleoproductivity, terrigenous influx, redox conditions and carbon isotopy data) for the Early Paleogene section in the Middle Trans-Urals. From the combination of indirect geochemical data, it can be argued that the above section is probably embodies the first two-phase Paleocene-Eocene Thermal maximum. The first carbon excursion is accompanied by an increase in the volume of terrigenous material under conditions of periodic erosive incision and general transgressive-regressive rhythmicity.

**Keywords:** Paleocene, Eocene, diatomite, Paleocene-Eocene maximum, PETM, Trans-Urals.

Палеоцен-эоценовый термический максимум (PETM) является относительно хорошо задокументированным и крупнейшим гипертермальным событием в истории развития Земли. Глобальное повышение температуры более чем на 5 °C произошло по геологическим меркам стремительно – менее чем за 10 тыс. лет – и протекало еще в течении нескольких десятков лет, прежде чем произошло восстановление прежнего климатического режима. Климатические перестройки охватывали фактически все регионы мира и проявляли довольно равномерно от экватора до полюса, за исключением прибрежных районов Антарктиды.

Повышение температуры PETM сопровождалось трансформацией систем океанической и атмосферной циркуляций, оказывая во многих регионах мира существенное влияние на условия и

характер седиментации, геохимический и минеральный состав морских и океанических осадков, инициировав сукцессии и изменение биоты [1,2,3], увеличение биопродуктивности неритической области моря [4,5], развитие аноксии, значительное подкисление морской воды [6,7], уменьшение глубины критической глубины карбонатакопления [8] и существенное увеличение терригенного привноса с прилегающей суши. Несмотря на то, что многие причинные аспекты PETM остаются дискуссионными (от таяния многолетнемерзлых пород до формирования провинции крупных изверженных пород в северной Атлантике), важно отметить, что диссоциация гидратов метана на морском дне в настоящее время является наиболее общепринятой и аргументированной теорией, объясняющей механизм и общие черты динамики PETM [9,10]. Неотъемлемыми атрибутами разрезов, сформировавшихся на границе палеоцена и эоцена, является глобальная отрицательная изотопная экскурсия углерода на 2–3‰  $\delta^{13}\text{C}$  (carbon isotope excursion, CIE) и широко распространенным растворением донных карбонатных отложений.

Широкомасштабные исследования палеоцен-эоценовых секций инициированы по всему Миру, как на континентальных, так и для сугубо морских отложений. В России это уникальное геологическое событие на протяжении последних лет находится в фокусе научных интересов коллектива ученых Геологического института РАН. Основное внимание уделяется территории Русской Плиты и Восточного Перитетиса. Западно-Сибирский регион, который в раннем палеогене представлял своеобразный гиганский море-пролив между Арктикой и Тетисом, практически не охвачен такими исследованиями.

Настоящая статья представляет первые результаты анализа косвенных геохимических данных (расчет геохимических индексов и фациальных индикаторов палеопродуктивности, терригенного сноса, окислительно-восстановительных условий и данных изотопии) для раннепалеогеновой секции в Зауралье. Материалом для аналитических исследований послужили образцы керна скважины глубиной 70 м на территории крупнейшего в Зауралье Ирбитского месторождения у Пушкиревой Горы (57°39'33.16"N, 63°3'37.18"E; Ирбитский район, Свердловская область) [11,12]. В процессе бурения произведено визуальное описание разреза, фиксированы литологические границы, уровни грунтовых вод и выполнен отбор лабораторных проб с частотой 1 образец на погонный метр. Каменный материал, полученный из скважины, представлен диатомитами, диатомовыми глинами и их переходными разностями, что весьма типично для кремнистого разреза раннего палеогена в регионе [13].

На текущем этапе не удалось получить микропалеонтологических данных, что делает на данном этапе единственно информативными геохимические и литолого-минералогические методы. Массив данных, использованный для реконструкции условий природной среды, включает результаты исследования элементного состава, выполненного методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и изотопного анализа (для идентификации отрицательных экскурсий  $\delta^{13}\text{C}$ ). Хемостратиграфические профили представлены на рис. 1.

Распределение значений Si/Al в нижней части исследуемого разреза комплементарно соответствующим значениям других индексов терригенного сноса - Ti, K, Zr, нормализованных к алюминию. На этом основании можно предположить довольно однородный и выдержанный объем терригенного привноса. В интервале 36-46 м значения Si/Al резко увеличиваются в абсолютном выражении, так и по отношению к геохимическим модулям Ti, K, Zr, причем на фоне возрастания последних. Принимая во внимание, что Ti обыкновенно входит в состав аксессуарных минералов и ассоциирует с крупнообломочной компонентой тонкозернистых силиклатических [14,15], можно говорить, что резкое увеличение терригенного привноса обусловлено поставкой алевритовой фракции золовым транспортом, вероятно, за счет существенного увеличения площади сноса обломочного материала в бассейн седиментации. Синусоидальные изменения значений K/Al коррелируемые с локальными экстремумами Ti/Al фиксируют дополнительный крупнообломочный привнос в период стремительного повышения уровня моря. Последний факт согласуется, с представлениями [16,17,18], что Западносибирский бассейн в течение раннего-среднего палеогена испытывал циклическую смену уровней высокого и низкого стояния вод в трансгрессивно-регрессивной ритмике, связанной с общепланетарными колебаниями уровня моря в раннем палеогене и наличию свободного обмена водных масс между Арктикой и Тетис. Пики палеопродуктивности в высокой степени коррелируются с транзитом от субокисных условий на окисные, выявленных по экстремумам индикаторов V, Cu, Cr, что, очевидно, среди прочего способствовало развитию кремнескелетной флоры.



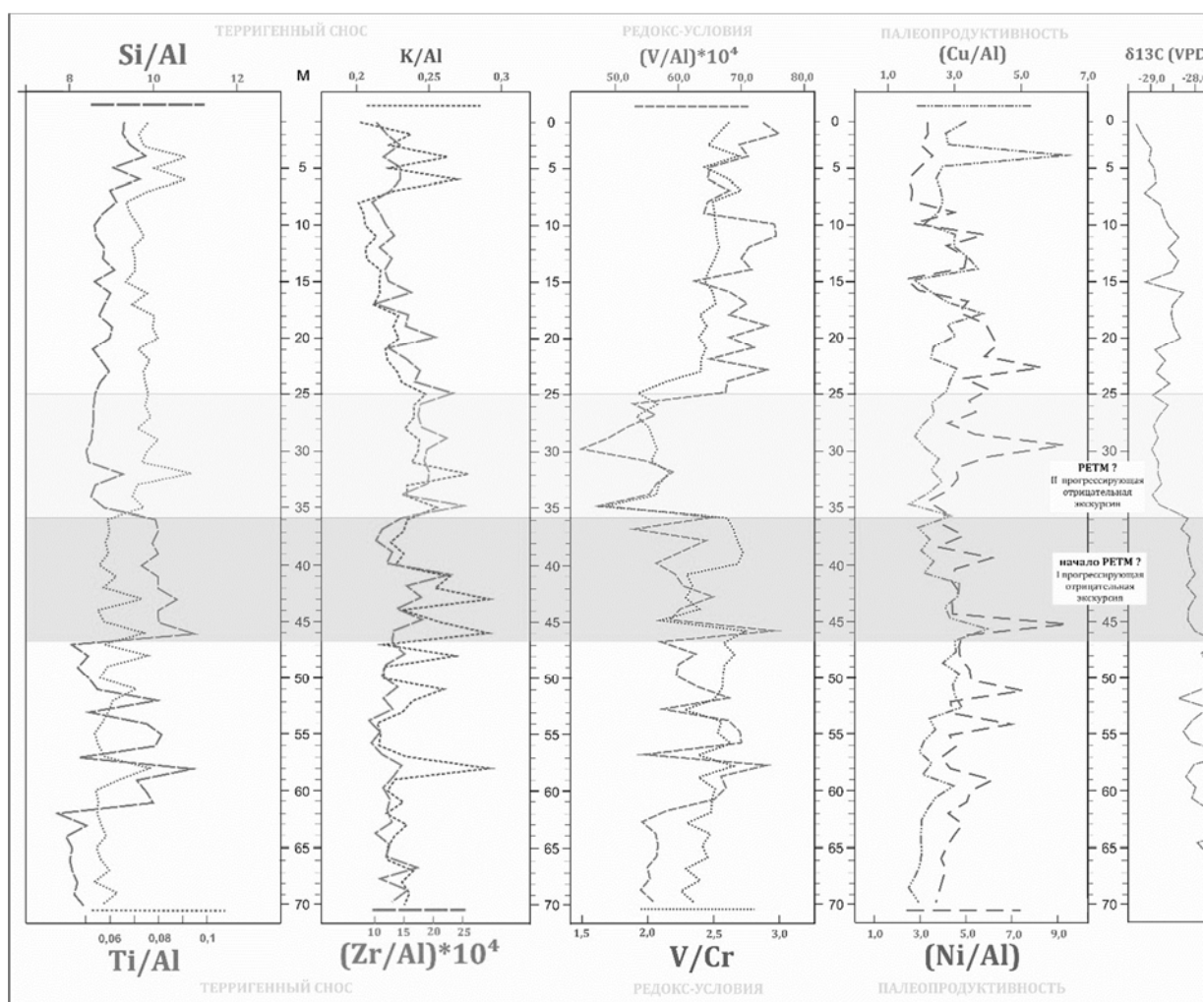


Рис.1 Вариативность распределения нормализованных концентраций элементов в скв. Ирбитская 1.

Изотопная кривая углерода имеет ряд колебаний в нижней части разреза, однако ее прогрессирующий отрицательный экскурс до  $\sim -28$  фиксируется на уровне глубин 46-47, и восстановление значений на прежний уровень не происходит. Этот интервал рассматривается как отвечающий определенным изменениям, которые имели относительно пролонгированный характер. Выше кривая отклоняется еще сильнее в область отрицательных значений, что условно обозначено на профиле как «II прогрессирующая отрицательная экскурсия».

Все полученные заключения, на данном этапе еще очень условны. Однако, геохимические данные указывают на наличие крупного явления, который существенно менял условия осадконакопления в период формирования отложений. Сам РЕТМ развивался в несколько этапов: начальная стадия (onset), пик потепления (peak), стабилизация и фаза восстановления условий (recovery phase), завершение климатического события (final recovery). По совокупности косвенных геохимических данных можно утверждать, что рассмотренный разрез, вероятно, охватывает первые две фазы палеоцен-эоценового максимума. Первая экскурсия углерода сопровождается наращиванием объема терригенного материала в условиях периодического эрозионного вреза и общей трансгрессивно-регрессивной ритмики. По параметрам она схожа с тем, что обыкновенно именуется начальной стадией РЕТМ. В данном разрезе нет очевидного завершения второй отрицательной экскурсии, что пока не позволяет сказать однозначно, какой объем раннего палеогена охватывает рассматриваемая секция.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-60004.

#### Литература

1. Frieling J., Iakovleva A.I., Reichart G.-J., Aleksandrova G.N., Gnibidenko Z.N., Schouten S., Sluijs A. Paleocene-Eocene warming and biotic response in the epicontinental West Siberian Sea. Paleocene-

- Eocene warming and biotic response in the epicontinental West Siberian Sea* // *Geology*, 2014. V. 42, №9, P. 767–770. doi.org/10.1130/G35724.1
2. McInerney F. A., Wing S.L. *The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A perturbation of carbon cycle, climate, and biosphere with implications for the future* // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2011. vol. 39, no. 1, pp. 489–516. doi.org/10.1146/annurev-earth-040610-133431
3. Shcherbinina E., Gavrilov Y., Iakovleva A., Pokrovsky B., Golovanova O., Aleksandrova, G. *Environmental dynamics during the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM) in the northeastern Peri-Tethys revealed by high-resolution micropalaeontological and geochemical studies of a Caucasian key section* // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2016. vol. 456, pp. 60–81. doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.05.006
4. Bains S., Norris R.D., Corfield R.M., Faul K.L. *Termination of global warmth at the Palaeocene/Eocene boundary through productivity feedback* // *Nature*, 2000, vol. 407, no. 6801, pp. 171–174. doi.org/10.1038/35025035.
5. Dickson A.J., Rees-Owen R.L., Marz C., Coe A.L., Cohen A.S., R. Pancost, Shcherbinina E. *The spread of marine anoxia on the northern Tethys margin during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum* // *Paleoceanography*, 2014, vol. 29, no. 6, pp. 471–488. doi.org/10.1002/2014PA002629
6. Penman D. E., Honisch B., Zeebe R.E., Thomas E., Zachos J.C. *Rapid and sustained surface ocean acidification during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum* // *Paleoceanography*, 2014, vol. 29, no. 5, pp. 357–369. doi.org/10.1002/2014PA002621
7. Babila T.L., Penman D.E., Hönisch B., Kelly D.C., Bralower T.J., Rosenthal Y., Zachos J.C. *Capturing the global signature of surface ocean acidification during the Palaeocene–Eocene Thermal Maximum* // *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2018, vol. 376. – 20170072. doi: 10.1098/rsta.2017.0072.
8. Zachos J.C., Wara M.W., Bohaty S., Delaney M.L., Petrizzo M.R., Brill A., Premoli-Silva I. *A transient rise in tropical sea surface temperature during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum* // *Science*, 2003, vol. 302, no. 5650, pp. 1551–1554. 10.1126/science.1090110
9. Khozyem H., Adatte T., Spangenberg J.E., Tantawy A.A., Keller G. *Palaeoenvironmental and climatic changes during the Palaeocene–Eocene Thermal Maximum (PETM) at the Wadi Nukhul Section, Sinai, Egypt* // *Journal of the Geological Society*, 2013, 170, pp. 341–352. doi.org/10.1144/jgs2012-046
10. Hupp B.N., Kelly D.C., Zachos J.C., Bralower T.J. *Effects of size-dependent sediment mixing on deep-sea records of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum* // *Geology*, 2019, 47 (8): 749–752. doi: https://doi.org/10.1130/G46042.1
11. Smirnov P.V., Konstantinov A.O., Gursky H-J. *Petrology and industrial application of main diatomite deposits in the Transuralian region (Russian Federation)* // *Environmental Earth Sciences*, 2017, vol. 76, pp. 682. doi.org/10.1007/s12665-017-7037-3
12. Смирнов П.В. *Результаты комплексных исследований вещественного состава диатомитов Ирбитского месторождения* // *Известия Томского Политехнического Университета. Инжиниринг георесурсов*. 2016. Т. 327, № 6, С. 93–104.
13. Смирнов П.В. *Предварительные результаты ревизии минерально-сырьевой базы опал-кристобалитовых пород в среднем Зауралье* // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 2017. Т. 328, № 4, С. 28–37.
14. Calvert, S.E., and Pedersen, T.F. 2007. *Elemental proxies for palaeoclimatic and palaeoceanographic variability in marine sediments: interpretation and application*. In *Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography*, ed. C. Hillaire-Marcel and A.D. Vernal, Amsterdam: Elsevier.
15. Soua, M. 2011. *Productivity and bottom water redox conditions at the Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event in the southern Tethyan margin, Tunisia*. *Revue Méditerranéenne de l'Environnement* 4: 653–664.
16. Смирнов П.В., Константинов А.О. *Биогенное кремненакопление в Западно-Сибирском морском бассейне в палеоцене-эоцене: факторы и стадии* // *Литосфера*. – 2017. – Т. 17. – №4. – С. 26–47. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-4-026-047
17. Амон Э.О. *Факторы и условия накопления биогенных силицитов в палеогеновом бассейне Западной Сибири* // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический*. 2018, Т. 93, № 4, С. 51–67.
18. Nesterov I.I., Smirnov P.V., Konstantinov A.O., Gursky H-J. *Types, features, and resource potential of Palaeocene–Eocene siliceous rock deposits of the West Siberian Province: a review* // *International Geology Review*, 2020. DOI: 10.1080/00206814.2020.1719370

## ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА ВЕНДСКОГО ПЕРИОДА АНГАРО- ЛЕНСКОЙ СТУПЕНИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

**Матвеев Илья Сергеевич**

*Томский Государственный университет, магистрант 2 года обучения, г. Томск*

*e-mail: ilya82.matveev@yandex.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Тишин Платон Алексеевич*

**Аннотация:** В работе приводится краткая литолого-геохимическая характеристика нефтегазоносных терригенных осадков парфеновского горизонта, Чонской свиты верхнего венда, Ангара-Ленской ступени Сибирской платформы.

**Ключевые слова:** Парфеновский горизонт, литология, петрохимическая типизация пород.

## LITHOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE ROCKS OF THE PARTHENIAN HORIZON OF THE VENDIAN PERIOD ANGARA-LENA STAGE OF THE SIBERIAN PLATFORM

**Matveev Ilya Sergeevich**

*Tomsk State University, Master's Degree Student 2 years of study Tomsk*

*e-mail: ilya82.matveev@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Tishin Platon Alekseevich*

**Abstract:** The paper gives a brief lithological and geochemical description of the oil and gas bearing terrigenous sediments of the Parthenov horizon, the Chonskaya suite of the Upper Vendian, the Angara-Lena stage of the Siberian platform.

**Keywords:** Parthenian horizon, lithology, petrochemical typification of rocks.

Ангара-Ленская ступень расположена на юге Сибирской платформы, в настоящее время она рассматривается в качестве одной из наиболее крупных зон преимущественно газонакопления на Сибирской платформе. На её территории открыт ряд крупных месторождений, такие как Ковыктинское, Ангара-Ленское, Хандинское, Чиканское и других. В разрезе осадочного чехла Ангара-Ленской ступени выделены три нефтегазоносных комплекса: вендский терригенный, вендско-нижнекембрийский карбонатный и нижнекембрийский галогенно-карбонатный. Парфеновский продуктивный горизонт, занимающий самую верхнюю часть разреза терригенного венда, представляет особый интерес, поскольку с ним связаны промышленные притоки газа на ряде месторождений.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости изучении закономерностей строения терригенных коллекторов на примере парфеновского горизонта вендского периода. В перспективе, данная работа, позволит разработать модель образования аналогичных структур на территории Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. В практическом плане это может способствовать открытию новых месторождений и доразведке уже существующих объектов.

Парфеновский горизонт был вскрыт на территории Хандинской лицензионной площади. Породы данного горизонта были изучены при помощи оптических и физических методов исследований. В результате была получена структурно-текстурная характеристика пород горизонта, уточнен их минеральный состав и сделана петрохимическая типизация по данным рентгенофазового анализа.

### Структурно-текстурная характеристика

Исследуемый интервал сложен породами терригенного состава, которые представлены чередованием разнородного песчаника и алевролита, с редкими глинистыми и гравийными включениями. Текстуры особенности выражаются в чередовании горизонтальной и косой слоистости, встречаются участки керна с массивными и деформационными текстурами.

Наблюдаются глинистые ксенолиты. Вторичные изменения на макроуровне выражены в обильном обогащении органическим веществом, ожелезнении и хлоритизации [2] (рис.1).



Рис.1 Фото фиксация керна парфеновского горизонта

Под микроскопом устанавливается, что в строении данных пород принимают участие терригенный (65%) и аутигенный (35%) минеральный комплекс.

Терригенный минеральный комплекс представлен зернами кварца (87,5%), полевыми шпатами (5,3%), обломками пород (7,2%). Кварц характеризуется слабо окатанными и полуокатанными зернами, размером от 0,01 мм до 0,6 мм. Полевые шпаты встречаются в виде плагиоклазов, ортоклазов, и микроклинов, изометричной или вытянутой формы, размером до 0,24 мм. Плагиоклазы диагностируются по полисинтетическим двойникам с четкими границами, ортоклаз узнается по совершенной спайности и отсутствию микроклиновой решетки, микроклин по полисинтетическим микродвойникам в двух направлениях (микроклиновая решетка)[1]. Обломки пород представлены кварцитами с различной степенью окатанности, размером до 2 мм.

Для терригенных минералов характерны комфортабельные, инкорпорационные и микростилолитовые контакты зерен.

Аутигенный минеральный комплекс представлен мусковитом, биотитом, хлоритом, новообразованным кварцем, доломитом и пиритом.

Мусковит образует вытянутые, изогнутые агрегаты с высокими цветами интерференции. Биотит образует пластинчатые агрегаты, часто замещен хлоритом. При одном никеле бурый. Хлорит распространён в межзерновом пространстве, замещает зерна биотита. Доломит слабо распространён в межзерновом пространстве, имеет перламутровые цвета интерференции, отдельные зерна выделить трудно. Регенерационный кварц образует каемки вокруг обломочных зерен. Пирит, изотропный, распространен в виде редких вкраплений в отдельных участках шлифа.

Вторичные изменения характеризованы пиритизацией, ожелезнением, замещением биотита-хлоритом, серецитизацией полевых шпатов, гравитационной коррозией зерен.

Органическое вещество повсеместно распространено в образцах, имеет буровато-черный цвет при одном и скрещенных николях.

Цемент порово-базального типа, состав в основном гидрослюдисто - хлоритовый. Однако, в заполнении порового пространства, порой участвуют регенерационный кварц и доломит.

Петрохимическая интерпретация по данным рентгенофазового анализа.

Для петрохимической типизации изученных пород использовалась систематика, предложенная Э.Я. Юдовичем и М.П. Кетрис в 1986 году, в основе которой лежат пороговые значения  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (в масс. %) и основные литогеохимические модули: гидролизатный, алюмокремниевый, фемический, титановый и нормативной щелочности [4].

По разрезу преобладают псевдосилиты, представляющие кварцевые породы с повышенной магнезиальностью, что, может быть, обусловлено доломитовой либо хлоритовой минерализацией. Также выделяются псевдосиаллиты (терригенные гидрослюдистые породы) и псевдосиферлиты (железистые аналоги), обогащение пород железом, возможно, объясняется развитием хлорита. Алкалиты, вероятно, подчеркивают насыщение породы полевошпатовой составляющей.

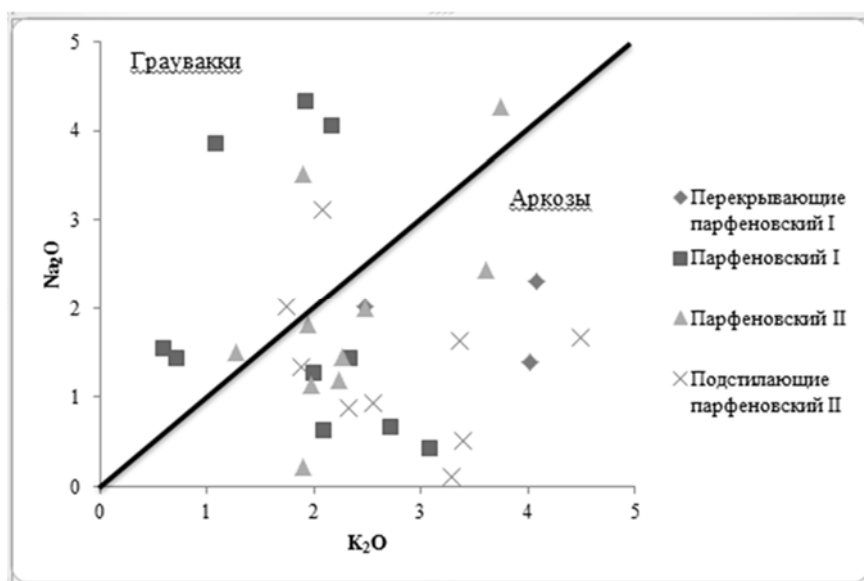


Рис.2 – Диаграмма Ф. Петтиджона для песчаников Хандинского лицензионного участка, вскрытых скважиной № 11

Анализ диаграммы Петтиджона (рис.2) для исследуемых песчаников показывает, что основная часть выборки относится к аркозам, за исключением некоторых образцов, отвечающих грауваккам.

В конечном итоге результаты исследований показали, что породы парфеновского горизонта осаждались в обстановках аллювиальных потоков и заводей [3]. В минеральном составе преобладает терригенная составляющая, а сами породы претерпели стадию начальных катагенетических преобразований. Петрохимический анализ показал, что в источниках сноса терригенного материала преобладали граниты и гнейсы.

#### Литература

1. Врублевский В.А., Кортусов М.П., Уткин Ю.В. *Оптические свойства породообразующих минералов /под ред. А. И. Чернышова, Н. И. Кузватова: учебное пособие. Томск: Том. Гос. ун-т, Каф. петрографии, 2007.78с.*
2. Бетхер О. В. Володина И. В. *Осадочные горные породы: учебное пособие. Томск: Издательство НТЛ, 2007.172 с.*
3. Ежова А.В. *Литолого-фациальный анализ нефтегазоносных толщ: учебное пособие. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. 112 с.*
4. Кетрис М.П., Юдович Я.Э. *Основы литохимии. СПб: Издательство Наука, 2000.479 с.*

УДК 553

## **ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕДКОГО РОССЫПНОГО ТИТАН-ЦИРКОНИЕВОГО КАМБУЛАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ)**

**Коцарев Ярослав Романович**

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.*

*Платова, студент 4 курса, 2016-2021г, г.Новочеркасск, rpik777777@mail.ru*

**Научный руководитель:** *доцент, Кафтанатий Андрей Борисович*

**Аннотация:** Камбулатское месторождение титан-циркониевых песков представляет собой совокупность погребенных залегающих субгоризонтально двух рудных пластов продуктивных песков бешпагирской свиты средне-верхнесарматского возраста. Характер распределения тяжелых минералов титан-циркониевых песков фиксируется текстурным рисунком, отражающим гидродинамические условия среды осадконакопления и степень концентрации тяжелой фракции. В составе черного шлиха основную практическую значимость имеют титан-циркониевые минералы: (циркон, рутил, анатаз, ильменит, псевдорутит, лейкоксен). По минералогическим признакам титан-циркониевые пески Камбулатской россыпи можно охарактеризовать, как среднеобогатимые, что позволяет использовать их, как промышленный источник редких металлов.

**Ключевые слова:** титан-циркониевые пески, тяжелые минералы, россыпное месторождение, шлиховой минералогический анализ, текстурно-структурные исследования.

## **LITHOLOGICAL AND MINERALOGICAL FEATURES OF THE RARE PLACER TITANIUM-ZIRCONIUM KAMBULAT DEPOSIT (STAVROPOL TERRITORY)**

**Kotsarev Yaroslav Romanovich**

*South Russian state Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, student 4<sup>th</sup> year student,*

*Novocherkassk, rpik777777@mail.ru*

**Research Supervisor:** *associate Professor, Kaftanatiy Andrey Borisovich*

**Annotation:** The Kambulat deposit of titanium-zirconium sands is a combination of buried sub-horizontally two ore strata of productive sands of the Beshpagir Formation of the Middle Upper Sarmatian age. The distribution of heavy minerals of titanium-zirconium sands is fixed by a texture pattern reflecting the hydrodynamic conditions of the sedimentation environment and the degree of concentration of the heavy fraction. As a part of black concentrate, titanium-zirconium minerals of which (zircon, rutile, anatase, ilmenite, pseudorutile, leukoxen) have the main practical importance. According to mineralogical features, titanium-zirconium sands of the Kambulatsky placer can be characterized, as medium-rich, which allows them to be used as an industrial source of rare metals.

**Keywords:** titanium-zirconium sands, heavy minerals, placer deposits, schlichny mineralogical analysis, texture and structural studies.

Объект исследования во время прохождения производственной практики в ОАО «Кольцовгеология» располагался в селе Камбулат Ставропольского края. Камбулатское месторождение титан-циркониевых песков является частью Ставропольского россыпного района, геологическое строение которого определяется его положением в региональном структурном плане – приуроченностью к Ставропольскому поперечному поднятию (своду) [1]. В геодинамическом отношении рассматриваемая площадь принадлежит Скифской эпигерцинской плите, в которой выделяются палеозойский фундамент, переходный комплекс и осадочный чехол. В пределах рассматриваемой территории обнажаются исключительно неогеновые отложения, местами перекрытые значительными по мощности четвертичными осадками. Среди различных по морфологии типов выработанного и аккумулятивного рельефа здесь выделяются структурно-

денудационный и денудационный, а аккумулятивный рельеф представлен речными и озёрными террасами, поверхностями пролювиальных конусов выноса, делювиальных и пролювиально-делювиальных шлейфов.

Месторождение находится в пределах развития продуктивных песков средне- и верхнего сармата. Правобережного россыпного поля. Продуктивными на промышленно-значимые россыпи титан-циркониевых минералов в Ставропольском россыпном районе являются песчаные отложения бешпагирской свиты средне-верхнесарматского возраста, залегающие на породах верхнего и среднего сармата и мзотиса (частично), а также плейстоцен-голоценовый покров четвертичных образований. Камбулатское месторождение титан-циркониевых песков представляет собой совокупность погребенных россыпных залежей, залегающих субгоризонтально в виде геологических тел пластовой морфологии на двух стратиграфических уровнях толщи продуктивных песков бешпагирской свиты: верхнего и нижнего рудных пластов. Продуктивная толща согласно, местами с незначительным размывом залегает на плотных темно-зеленовато-серых плотиковых глинах калиновской свиты ( $N_{1kv}$ ) [2]. Прикровельная часть этих глин непосредственно в контакте с перекрывающими продуктивными песками бешпагирской свиты в ряде случаев характеризуется наличием зоны, окисленной до буровато-серого цвета. Представлена продуктивная толща тонко- и мелкозернистыми песками серого, желтовато-серого, буровато-серого цветов (до пятнистых пестроокрашенных). В них присутствуют единичные маломощные линзы (первые см) крупнозернистых песков с незначительной примесью гравийного материала и линзовидными прослоями песчаников на карбонатном цементе.

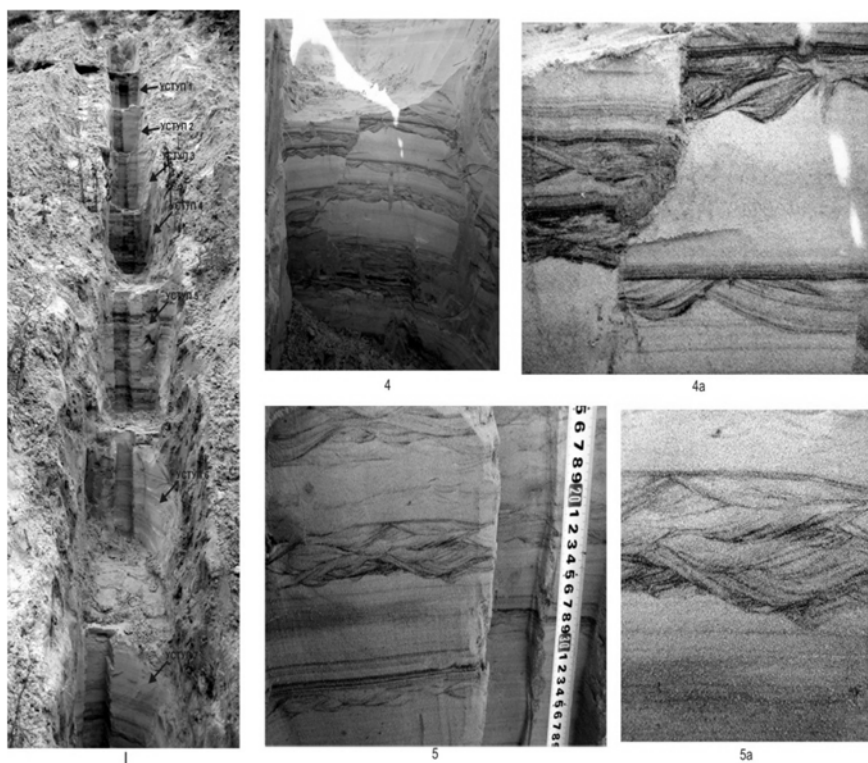


Рис.1. Тектурно-структурные особенности титан-циркониевых песков месторождения Камбулат. 1 – общий вид канавы с элементами распределения черного шлиха в уступах канавы и деталями преобладающих волнисто-косослоистых и подчиненных параллельно-слоистых текстур (4а и 5а), с разрывом сплошности оползневого характера (4 и 4а).

Тяжелая фракция концентрируется в слоях (горизонтальных и волнисто-косослоистых) малой мощности от нитевидных (мощностью порядка 1 мм) до утолщенных. Характер распределения тяжелых минералов в массе зернистого материала титан-циркониевых песков фиксируется текстурным рисунком, отражающим гидродинамические условия среды осадконакопления и степень концентрации тяжелой фракции в этих условиях. Серия параллельно- и косослоистых слоев и прослоев черного шлиха, разделенных прослоями безрудных песков, образуют горизонтально-слоистую пачку титан-циркониевых песков, предопределяющих контур россыпной залежи титан-циркониевых минералов. В разрезе залежи в центральной части преобладают элементы волнисто-косослоистых, в крайних частях залежи – горизонтально-слоистых текстур.

Титан-циркониевые продуктивные отложения месторождения представляют собою [3] тонкозернистые (размер зерен  $< 0,2\text{мм}$ ) существенно кварцевые слабо ожелезненные пески с небольшой примесью полевых шпатов, глинистых минералов (монтмориллонита, каолинита, иллита) и кальцита, обогащенные рассеянными рудными минералами и содержащие рудные прослои различной мощности.

К нижней и верхней частям разреза приурочены промышленно-значимые концентрации тяжелых минералов (черного шлиха), в составе которых основную практическую значимость имеют титан-циркониевые минералы (рис. 2) (циркон, рутил, анатаз, ильменит, псевдорутит, лейкоксен), подчиненное значение – дистен, силлиманит, андалузит, ставролит и др.). Распределение суммы тяжелых минералов (черного шлиха) в зернистом материале Ti-Zr песков весьма неравномерное: от рассеянно-зернистого в основной массе песков до слойковых обособлений черного шлиха параллельно- и (или) косослоистых текстур.

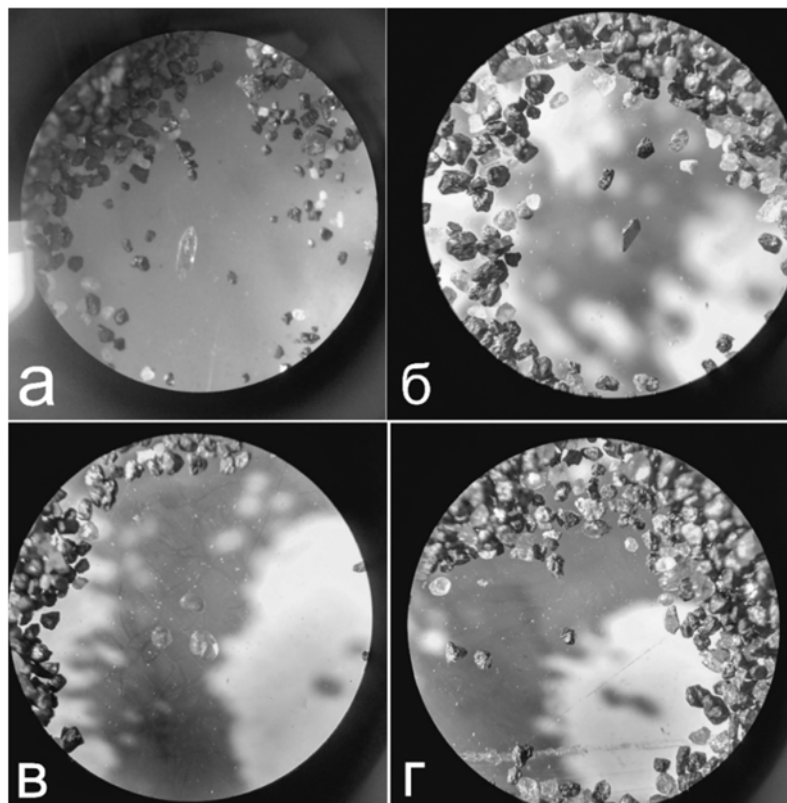


Рис.2 Основные минералы тяжелой фракции черного шлиха (в центральных частях изображения): циркон(а), рутил(б), гранат(в), ильменит(г).

В целом наиболее близким объектом – аналогом Камбулатской россыпной залежи Ti – Zr минералов является разведанное ранее, среднее по размерам, Бешпагирское месторождение. По минералогическим признакам титан-циркониевые пески Камбулатской россыпи можно охарактеризовать, как среднеобогатимые, что позволяет использовать их, как промышленный источник редких металлов.

### Литература

1. Васильев А.Т., Спорыхина Л.В. и др. Отчет о результатах работ с подсчетом запасов по Камбулатскому месторождению титано-циркониевых песков за 2014г по объекту №103-4.
2. Геолого-технологическое картирование Камбулатского участка. Окончательный отчет по разделу в рамках договора 194/10 «Разработка временных разведочных кондиций Камбулатского участка. ФГУП «ВИМС», Москва, 2011.
3. Кухаренко А.А. Минералогия россыпей. Москва, 1961г.



УДК 552.51:552.08

## МЕТОДИКА ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ОЧЁР, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

**Калинин Кирилл Павлович**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 4 курса, г. Пермь  
e-mail: kirill1998@mail.ru*

**Научный руководитель:** старший преподаватель Пактовский Юрий Германович

**Аннотация:** Приведена методика обработки литологической пробы аллювиальных отложений р. Очер. Проведен гранулометрический и количественный минералогический анализы пробы, определен выход тяжелой фракции. На основании проведенного исследования сделан вывод о генезисе изученных отложений.

**Ключевые слова:** Пермский край, р. Очер, аллювий, литологическое опробование.

## METHODOLOGY OF LITOLOGICAL TESTING OF ALLUVIAL DEPOSITS (ON THE EXAMPLE OF THE RIVER OCHER, PERM REGION)

**Kalinin Kirill**

*Perm State University, 4<sup>th</sup> year Student, Perm,  
e-mail: kirill1998@mail.ru*

**Research Supervisor:** Senior Lecturer, Paktovsky Yuri Germanovich

**Abstract:** The method of processing a lithological sample of alluvial deposits of the river Ocher is presented. Granulometric and quantitative mineralogical analyses of the sample were conducted, and the yield of the heavy fraction was determined. Based on this research, there was made a conclusion about the genesis of the analyzed deposits.

**Keywords:** Perm region, Ocher river, alluvial deposits, lithological testing.

Литологическая проба отобрана в среднем течении р. Очер, являющейся правым притоком р. Кама в юго-западной части Пермского края. В тектоническом отношении Очерский район располагается в пределах Восточно-Европейской платформы и относится к Верхнекамской впадине, Ракшинской седловине и Пермскому своду [1].

Пробоподготовка – наиболее ответственная стадия работы с геологическим материалом. Основная задача пробоподготовки – подготовка природного вещества для определенного вида анализа. В случае неправильной пробоподготовки данные анализа могут оказаться не корректными. Стандартная пробоподготовка производится вручную, трудоемкость процесса и повсеместное влияние так называемого «человеческого фактора» может приводить к ошибкам, связанных с анализом геологических проб [2]. Стандартная схема обработки литологических проб приведена на рисунке. Исходная масса пробы – 2048 г. Для гранулометрического анализа взвешивается каждый класс, результаты заносятся в таблицу (табл. 1). В результате ситового анализа выделены следующие классы (в мм): 50-25; 25-10; 10-5,0; 5,0-2,0; 2,0-1,0; 1,0-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05 и менее 0,05. Глинистая фракция в нашем случае не выделялась, как это обычно делается путем отмучивания, так как проба уже обезглинена речным потоком.

Из таблицы 1 видно, что гравийно-галечная часть (78,5%) пробы в несколько раз превышает песчано-алевритовую (21,5%). По соотношению гранулометрических компонентов пробу можно определить, как песчано (20,3%) – галечно (36,5%) – гравийную (42%). Галечный и гравийный классы составляют более половины массы пробы, поэтому литологическое название пробы будет

галечно-гравийный осадок, или – если добавить в название песчано-алевритовую часть (с процентным содержанием более 10%) – песчано-галечно-гравийный осадок.

Разделение на легкую и тяжелую фракции проведено тяжелой жидкостью (бромформ с плотностью 2,89 г/см<sup>3</sup>). Тяжелая фракция взвешивалась на лабораторных весах WAS 220/C/2 с точностью до четвертого знака. Выход тяжелой фракции низкий (0,52%), меньше 1%, что характерно для данного района.

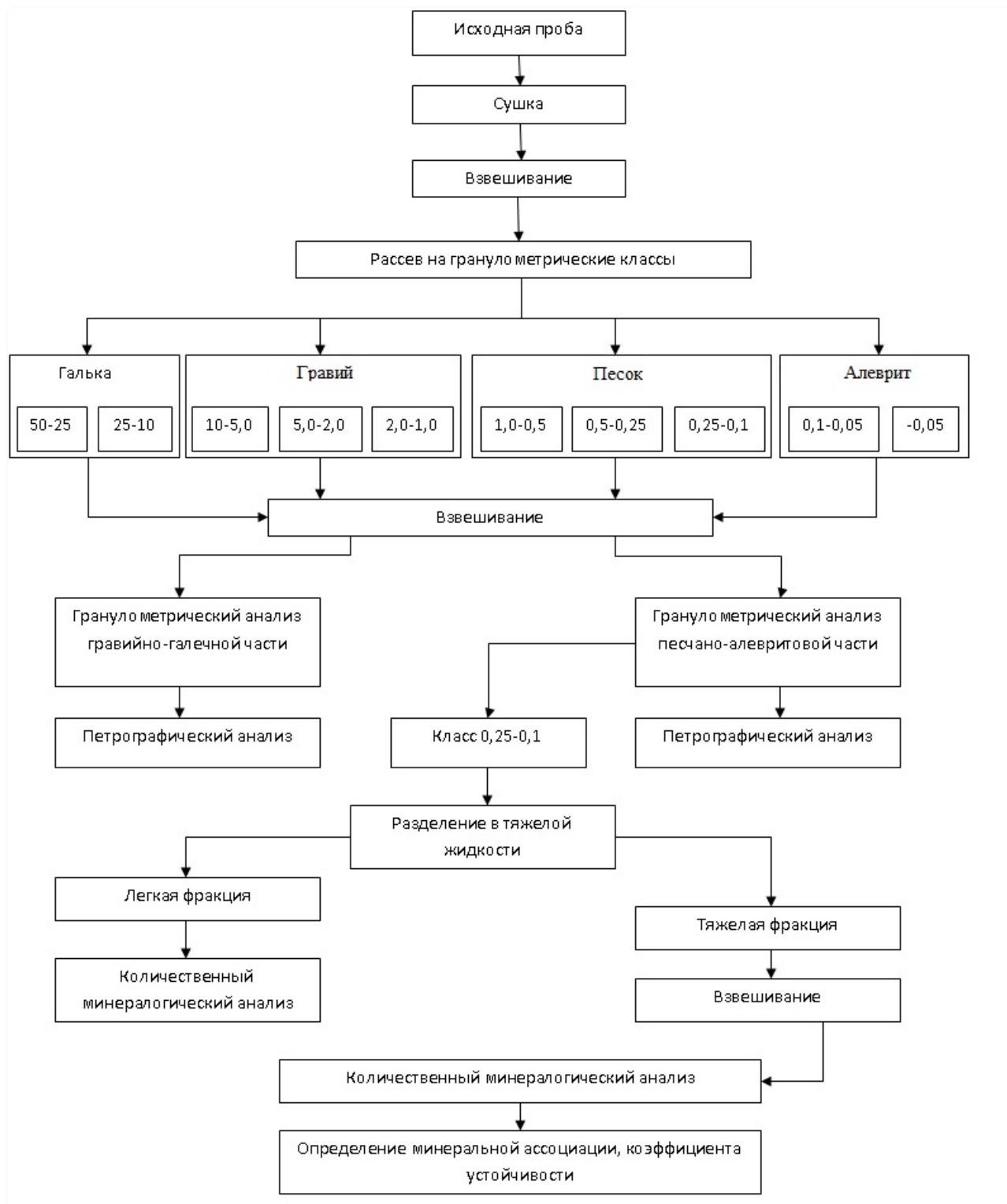


Рис. Схема обработки литологических проб для петрографического и количественного минералогического анализов

Минеральный состав легкой фракции определялся без ее взвешивания по 100 зернам. Большое влияние на точность анализа оказывает метод отбора средней пробы для анализа. Среднюю пробу можно извлечь квартованием. Пробу распределяем на стекле в виде дорожки и отсчитывают заданное

число зерен минералов (100 зерен для легкой фракции и 300 зерен для тяжелой фракции), а затем в них определяем количество зерен каждого минерала. Количественный минералогический анализ проводился под стереомикроскопом Meiji Techno EMT 2.

Для количественного минералогического анализа взята узкоразмерная фракция с представительным количеством зерен минералов (мелкопесчаный класс 0,25-0,1 мм).

Таблица 1

## Общий гранулометрический состав пробы

Класс, мм	Галька		Гравий			Песок			Алеврит		Итого
	50-25	25-10	10-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05	
Масса, %	7,9	28,6	26,0	13,3	2,7	4,4	12,5	3,4	0,9	0,3	100
	36,5		42,0			20,3			1,2		100

Результаты минералогического анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Результаты минералогического анализа

Минерал	Кол-во, %
Аллотигенные	
Гр. эпидота-цоизита	53,38
Гранат	7,52
Ильменит	0,75
Амфиболы	9,77
Ставролит	4,51
Циркон	1,50
Турмалин	10,53
Дистен	6,02
Лейкоксен	6,02
Итого:	100
Аутигенные	
Гидрогётит	96,37
Гематит	3,63
Итого:	100

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. наименование минеральной ассоциации для тяжелой фракции пробы – эпидотовая (53,38%) ассоциация с турмалином (10,53%). Все остальные минералы встречаются в количестве менее 10%.

Эпидот является индикаторным минералом эпидот-зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. По исследованиям Б.М. Осовецкого [3], источником эпидота в верхнепермских отложениях востока ВЕП является уральский ороген.

2. Уральская область сноса характеризуется эпидотовой ассоциацией тяжелой фракции аллювия [3].

3. Питающая провинция для образования данного осадка – разрушенные горные породы западного склона Урала.

**Литература**

1. Атлас Пермского края / Под общей редакцией А. М. Тартаковского. Перм. гос. нац. исслед. ун-та. Пермь: 2012. 124 с.
2. Бакулина Л.П. Шлиховое опробование и анализ шлиховых проб // учеб. пособие. Ухта: Изд-во Ухта, УГТУ, 2014. 126 с.
3. Осовецкий Б.М. Тяжелая фракция аллювия // Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 1986. 259 с.

УДК 552.12; 552.312; 54.021

## МИНЕРАЛОГИЯ ТОМСКОГО ДАЙКОВОГО КОМПЛЕКСА

**Абдурахманов Алимжон Анварович**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
магистрант 2 курса, г. Томск.*

*e-mail: alimzhon.abduraxmanov@inbox.ru*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент Бухарова Оксана Владимировна*

**Аннотация:** Дана минералогическая характеристика дайкового комплекса Томского ареала. Уточнен и расширен кадастр минералов дайкового комплекса. Изучен типохимизм породообразующих минералов: полевых шпатов и пироксенов.

**Ключевые слова:** дайковые комплексы, томские дайки, минеральные ассоциации, типохимизм полевых шпатов, пироксенов.

## MINERALOGY OF THE TOMSK DIKE COMPLEX

**Abdurakhmanov Alimjon**

*National research Tomsk state university, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student,  
City Tomsk*

*e-mail: alimzhon.abduraxmanov@inbox.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, reader Bukharova Oksana*

**Abstract:** Mineralogical characteristics of the dike complexes of the Tomsk area are given. The cadastre of minerals of the dike complex has been refined and expanded. The typochemical of rock-forming minerals: feldspars and pyroxenes was studied.

**Keywords:** dike complexes, Tomsk dikes, mineral associations, typochemicals of feldspars, pyroxenes.

Томский дайковый комплекс обнажается в окрестностях г. Томска на правом берегу реки Томь и в водоразделах рек Ушайки и Басандайки (56-57° с.ш.). Дайки имеют аз.прост. СЗ 280-305°, угол падения 70-80°. Мощность даек варьирует от 1 – 2 м до 15 – 20 м. Дайки прорывают песчано-сланцевые и глинисто-сланцевые отложения девонского и нижнекарбонового возраста. Магматизм в окрестностях г. Томска был описан впервые в 1915 году М.Э. Янишевским и Ф.И. Шнеллем. В более поздних работах [1, 2, 3, 4, 5] была дана петрографическая характеристика пород, с последующей петрохимической типизацией (названия даны географические):

- 1) бойцовский тип – долериты;
- 2) ларинский тип – монцодиориты;
- 3) степановский тип – микродиорит – порфиристы;
- 4) ярский тип – лампрофиры.

В данной работе представлены результаты изучения минеральных ассоциаций, которые стали возможны благодаря применению классического петрографического метода и растровой электронной микроскопии со спектральным микроанализом. Спектральный микроанализ был проведен в аналитическом центре коллективного пользования «Геохимии природных систем» ТГУ на сканирующем электронном микроскопе Tescan VEGA II LMU, совмещенном с энерго-дисперсионным спектрометром INCA Energy350 Oxford.

Бойцовский тип даек представлен долеритами и лейкодолеритами с микрогаббровой, порфировидной структурой. Фенокристы являются основным плагиоклазом, матрикс породы сложен средним плагиоклазом и пироксеном (авгит-диопсидом). Плагиоклаз имеет идиоморфные кристаллы с выраженным двойникованием, часто с обратным характером зональности. Второстепенные минералы – биотит, роговая обманка. Рудные минералы представлены титаномagnetитом, ильменитом и magnetитом. Незначительная сульфидная минерализация представлена сфалеритом, пиритом. При анализе пород были зафиксированы сфен, циркон и еще минерал игольчатого габитуса сложного Zr, Ti, Ca, Ce, Nd состава. Породы значительно изменены, развиты хлорит, кислый плагиоклаз, кальцит, калиевый полевой шпат.

Ларинский тип даек представлен монцодиоритами, основная масса которых сложена средним плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, моноклинным пироксеном и амфиболом. Так же в составе можно отметить биотит, реже кварц. Плагиоклаз имеет идиоморфные очертания и граничит часто с гипидиоморфным КППШ. Короткостолбчатый пироксен составляет не более 10 %, игольчатый амфибол с характерной буровой, буровато-зеленой окраской – до 5 %. Минералогической особенностью данного типа является высокое содержание минерала титана – сфена. Вторичная минерализация широко развита по КППШ (каолинизация), биотит подвержен частичной хлоритизации. В минеральной ассоциации зафиксирован эпидот. Рудная минерализация представлена ильменитом, титаномagnetитом и магнетитом. Из акцессорных присутствуют сфен и апатит, последний является хадакристаллом в биотите. Имеется незначительная сульфидная минерализация представленная пиритом и сфалеритом. Ларинский тип даек является примером «дайка в дайке» [2], где породы внутренней дайки отличаются меньшим содержанием пироксена и большим содержания – амфибола и биотита [1]. При секущих соотношениях между дайками отчетливо фиксируются зоны закалки, при этом породы имеют одинаковый минеральный состав [1].

Степановский тип даек охарактеризован как «гибридизированные дайки с высоким содержанием кварцевых ксенолитов» [2]. Высокое содержание кремнезема - особенность данных даек [1]. Они сложены сиенит-диоритами (монцодиоритами?) и диорит-порфиритами, в которых фенокристы плагиоклаза представлены андезином с альбитовой каёмкой. Основной матрикс породы выполнен идиоморфными зернами среднего плагиоклаза, гипидиоморфными кристаллами железистых амфиболов (ферро-актинолитом и ферророговой обманкой), ксеноморфным кварцем. Из акцессорных минералов распространены апатит, сфен. Для апатита характерен идиоморфный облик, редко встречаются индивиды округлой формы. Рудная ассоциация представлена срастаниями ильменита с магнетитом (окислительный распад). Пирротин, сфалерит, барит в породах мало распространены. Вторичные минералы представлены эпидотом и хлоритом.

Дайки ярского типа относятся к ряду оливин-пироксеновых минетт. Основная масса породы сложена идиоморфными индивидами клинопироксена, реже ортопироксена. Калиевый полевой шпат выполняет интерстиции между пироксенами. Второстепенные минералы представлены гипидиоморфными зернами слюд аннит-флогопитового ряда. Из акцессорных минералов обнаружены идиоморфные зерна апатита имеющий округлые, реже слабо удлиненные кристаллы; циркон встречается в основном в матрице кальцита. Рудные минералы представлены титаномagnetитом и магнетитом, в единичных зернах встречаются халькопирит, пирит, барит. Вторичные минералы представлены хлоритом, который развивается по слюде, и альбитом, замещающим калиевый полевой шпат.

Полевые шпаты дайкового комплекса томского ареала являются основными пороодообразующими минералами, которые представлены двумя сериями - щелочными полевыми шпатами и плагиоклазами (рис. 1). Щелочные полевые шпаты представлены ортоклазом, анортклазом и санидином.

Пироксены встречаются во всех дайках томского ареала. Химические анализы пироксенов представлены в таблице 1.

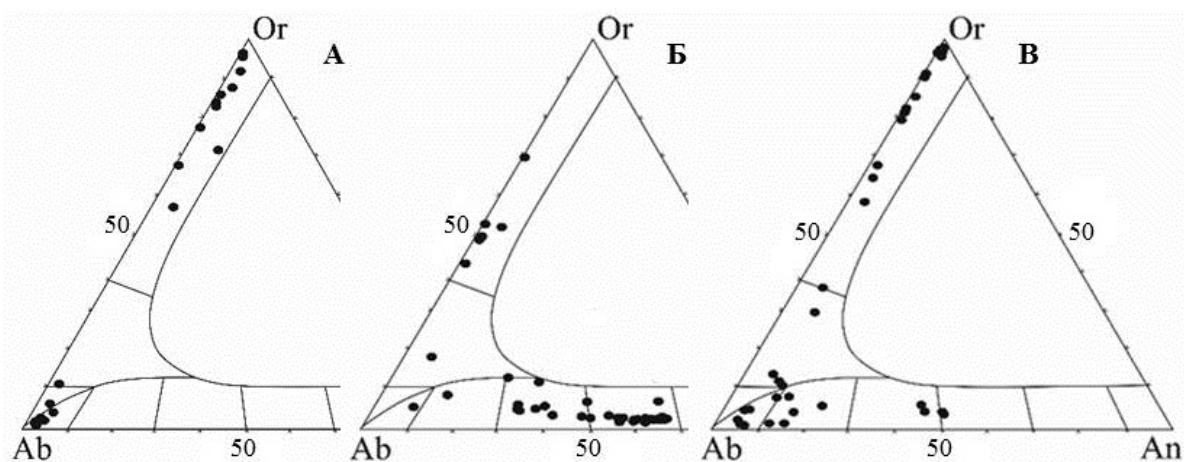


Рис. 1. Состав полевого шпата из даек ярского (А), бойцовского (Б) и степановского типов (В): Ab – альбит, An – анортит, Or – ортоклаз.

Таблица 1

Средний состав пироксенов из дайкового комплекса Томского ареала

Компоненты, в ес. %	Бойцовский тип		Степановский тип		Ярский тип		
	Диопсид (2)*	Авгит (13)	Диопсид (1)	Авгит (8)	Диопсид (11)	Авгит (4)	Клино- энстатит (7)
SiO <sub>2</sub>	52,23	53,6	53,16	54,75	55,04	54,27	61,8
TiO <sub>2</sub>	0,66	0,6	0,79	1,14	0,66	0,58	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,98	3,1	3,01	5,91	2,015	2,7	1,61
FeO	5,89	7,5	6,37	6,99	4,71	4,48	6,35
MnO	0,19	0,1	0	0,14	0,2	0	0
MgO	15,4	15,4	14,96	12,9	15,77	15,98	27,25
CaO	19,83	18,6	21,14	16,8	21,9	19,9	0,69
Na <sub>2</sub> O	0,37	0,5	0,31	1,9	0,37	0,59	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0,16	0,014	0,09	0,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,1	0	0	0,405	0,72	0
NiO	0	0	0	0	0	0	0,35

\*- количество анализов

Анортоклаз в большей степени характерен для степановского типа. Ортоклаз (более низкотемпературный полевой шпат) отсутствует в дайках бойцовского типа.

Плагинклары из яркого типа являются альбитом №1-8, который замещает калишпат. В бойцовском типе даек порфиры представлены битовнитом (Pl<sub>№78</sub>), в основной масса плагинклар - андезин-лабрадора (Pl<sub>№ 50-62</sub>). Альбит - олигоклар (Pl<sub>№8-14</sub>) является вторичным минералом, который образует каемки замещения вокруг первичного плагинклар. В дайках степановского тип плагинклар представлен андезином (Pl<sub>№44</sub>) частично замещенный альбит-олигокларом (Pl<sub>№8-13</sub>),

Все проанализированные пироксены имеют близкий состав. По результатам химического анализа на диаграмме Моримито (рис.2) пироксены попадают в поле диопсида и авгита. Для ярского типа характерно наличие клиноэнстатита.

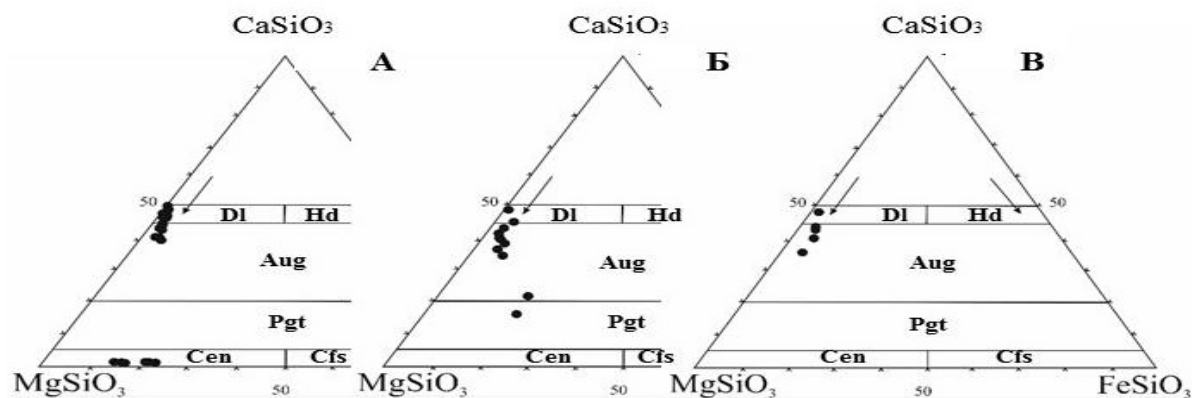


Рис. 2. Состав пироксенов из даек ярского (А), бойцовского (Б) и степановского типов (В): Dl- диопсид, Hd – геденбергит, Aug – авгит, Pgt – пижонит, Cen – клиноэнстатит, Cfs - клиноферросилит.

Рассматривая примесные элементы, обращает на себя внимание, что более титанистыми являются пироксены степановского типа. В диопсидах из даек ярского типа отмечаем присутствие хрома и никеля.

По результатам исследований была составлена таблица с минеральными ассоциациями даек Томского комплекса (таблица 2).

Наиболее богаты минеральными видами дайки степановского типа. Набор вторичных минералов томского дайкового комплекса выдержан (кислые плагинклары, хлорит, кальцит, мусковит). Набор рудных минералов (оксидов Fe и Ti) типичен для проанализированных пород.

Минеральные ассоциации даек Томского ареала

Минеральные виды	Бойцовский тип	Степановский тип	Ярский тип	Ларинский тип
Альбит	+	+	+	+
Олигоклаз	+	+		
Андезин	+			+
Лабрадор	+			+
Анортоклаз	+	+	+	
Санидин	+	+	+	
Ортоклаз		+	+	+
Авгит	+	+	+	
Диопсид	+	+	+	+
Энстатит			+	
Железистая роговая обманка	+	+	+	
Биотит	+	+	+	+
Флогопит		+	+	
Мусковит	+	+	+	
Кальцит	+	+	+	
Циркон	+	+	+	
Коффенит		+		
Бадделеит	+	+		
Барит	+		+	
Эпидот		+		+
Хлорит	+	+	+	+
Апатит	+	+	+	+
Сфен	+	+		+
Монацит	+		+	
Магнетит	+	+	+	+
Ильменит	+	+		+
Титаномагнетит		+	+	+
Рутил			+	
Пирит	+	+	+	+
Халькопирит			+	
Сфалерит	+	+		+
Кварц		+	+	+
Фаза Zr,Si, Ti, Ce,Nd,U,Th*	+	+		
*-элементы представлены по убыванию содержания				

### Литература

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Колывань-Томской складчатой зоны / В.И. Сотников, Г.С. Федосеев, Л.В. Кунгурцев и др. Новосибирск: СО РАН, 1999. 227 с.
2. Иванов К.В. Геология и петрография нижнекаменноугольных и дайковых пород окрестностей г. Томска: Автореф. дис. ...канд.геол.-минер. Томск: ТГУ, 1956. 17с.
3. Иванова Г.М. Дайковая интрузия северной части Колывань-Томской складчатой области и связанные с ней рудопроявления // Новые данные по магматизму и рудоносности Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск: СНИИГТИМС, 1968. 152-154 с.
4. Парначёв В.П., Парначёв С.В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска. Материалы к полевой геологической экскурсии. Справочное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2010.-144 с.
5. Чистяков В.К., Небера Т.С., Михалёва Л.А. Породы лампрофирового типа из окрестностей г. Томска // Минералогия, геохимия и полезные ископаемые Сибири. Томск: Томское отделение ВМО, 1990. Вып. 1. 160-169 с.

УДК 550.4.02:553.3/9

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЙ РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРЕДЕЛАХ ДУКАТСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ

**Комарова Юлия Витальевна**

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Россия), студентка 4 курса, г. Новочеркасск  
e-mail: Komarova186214@mail.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Исаев Владимир Сергеевич

**Аннотация:** Рассматриваются корреляционные связи между элементами благородно-полиметаллического оруденения по результатам поискового геохимического опробования, выполненного на территории Дукатской перспективной площади.

**Ключевые слова:** геохимический профиль, серебро, золото, свинец, корреляция.

## CORRELATION RELATIONSHIPS AND VARIABILITY OF ORE COMPONENTS CONTENT WITHIN DUCAT PERSPECTIVE AREA

**Komarova Julia Vitalyevna**

*South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Russia), 4<sup>th</sup> year student,  
Novocherkassk  
e-mail: Komarova186214@mail.ru*

**Research Supervisor** Candidate of Geology and Mineralogy, reader,  
Isaev Vladimir Sergeevich

**Annotation:** Correlation links between elements of noble-polymetallic ore are considered based on the results of geochemical survey performed on the territory of Dukata perspective square.

**Keywords:** geochemical profile, silver, gold, lead, correlation.

В основу данной статьи положены материалы, полученные в результате проведения поисковых работ на благородно-полиметаллическое оруденение на Дукатской перспективной площади. В процессе проведения данных работ было выполнено штучное геохимическое опробование по трем профилям общей протяженностью 7,5 км.

В геологическом строении участка выделяется комплекс стратифицированных пород, представленных терригенными отложениями и вулканогенными образованиями Галимовской, Каховской и Шороховской свит меловой системы [1]. Галимовская свита ( $K_{1gl}$ ) сложена мелко-среднезернистыми песчаниками и алевролитами, чередующимися со слоями аргиллитов, туфов риолитов и андезитов. В аргиллитах присутствуют линзы (до 0,5 м мощностью) пиритового, сидеритового и хлоритового состава.

Каховская свита ( $K_{1-2kh}$ ) представлена вулканогенно-осадочными отложениями. В основании свиты, почти повсеместно залегают мелко-среднегалечные туфоконгломераты, туфогравелиты с прослоями алевролитов и лавобрекчий андезитов. Выше располагается пачка грубопереслаивающихся лавобрекчий андезитов, псаммитовых туфов, мелкопорфировых и афировых риолитов.

Шороховская свита ( $K_{2šr}$ ) сложена преимущественно кислыми игнимбритовыми породами (риолиты с прослоями туфогенно-осадочных пород, игнимбриты, риодациты и дациты). В туфах встречаются обломки аргиллитов, алевролитов, песчаников.

Породы рассматриваемых свит прорваны дайками риолитов и включают кварц-сульфидные жилы с промышленными содержаниями свинца, золота и серебра. С целью выявления зон, повышенных концентраций рудных элементов на данном участке, были пройдены три геохимических профиля, по которым отобрано семьдесят пять штучных проб. Методом пробирного анализа в них были определены содержания золота, серебра и свинца.



По этим данным были построены вариационные диаграммы распределения золота, серебра и свинца в зависимости от состава пород профиля.

Из анализа вариационных диаграмм указанных элементов по профилю № 1 (рис.1) следует, что распределение рассматриваемых компонентов по профилю крайне неравномерное. Аномальные содержания Au, Ag, Pb фиксируется на интервале профиля в пробах от № 5 до № 10, с максимумом содержания в пробе № 7. В остальной части профиля содержание исследуемых элементов примерно равномерное и находится в пределах фоновых содержаний. При сопоставлении состава пород, составляющих указанный интервал профиля с аномалиями рассматриваемых элементов, следует, что они связаны с ореолами метасоматических изменений и кварц-сульфидными жилами, распространенными на данном участке профиля. В породах, не затронутых метасоматическими изменениями аномальных содержаний рудных элементов не отмечается.

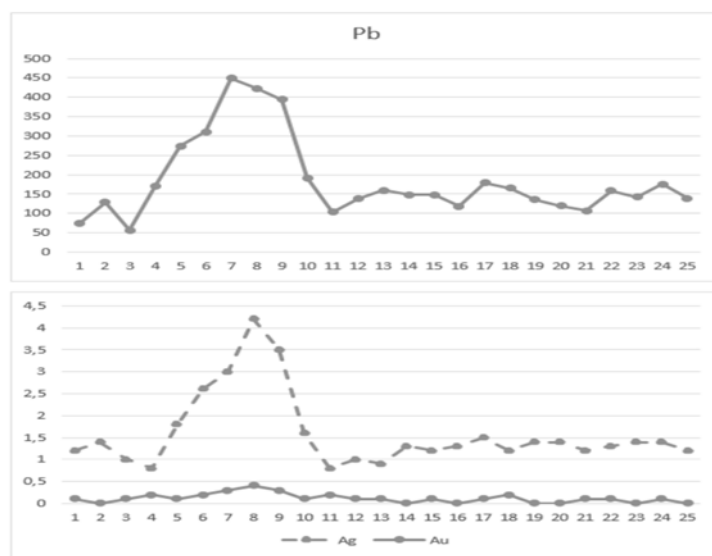


Рис. 1. Вариации содержания Pb, Ag и Au по профилю № 1.

По профилю № 2 (рис.2) вариации содержаний исследуемых элементов не значительны. В основе своей они находятся в пределах фоновых содержаний и не зависят от состава пород профиля. Небольшие отклонения от фоновых содержаний отмечаются в пробах №11, №15, №17-№19, №22.

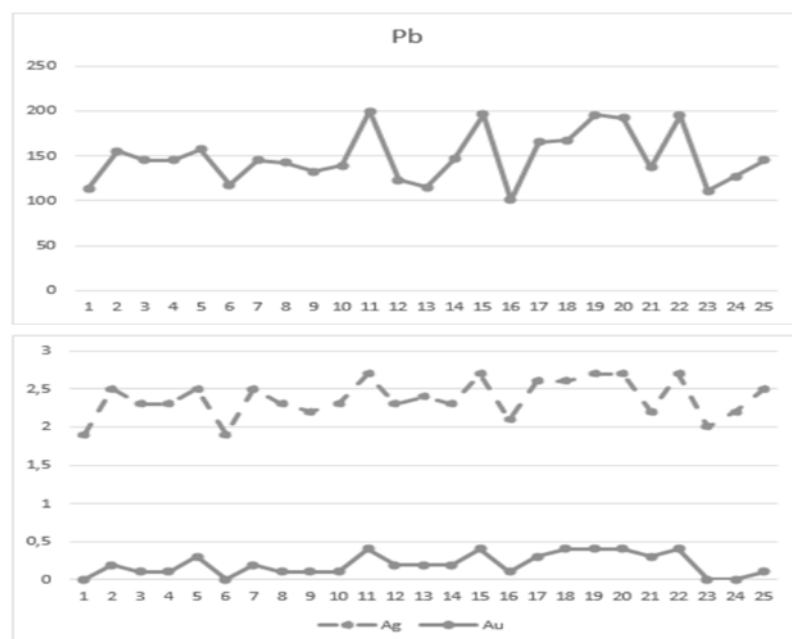


Рис. 2. Вариации содержания Pb, Ag и Au по профилю № 2.

Вариационная диаграмма по профилю № 3 (рис.3) показывает, что распределение рассматриваемых элементов в пределах данного профиля сходно с таковым по профилю № 1.

Аномальные содержания Au, Ag, Pb фиксируются на интервале профиля в пробах от № 9 до № 14, а максимум их содержания отмечается в пробах № 11 и № 13. В остальной части профиля содержание рассматриваемых элементов примерно равномерное и не превышает фоновых содержаний. Из анализа этих результатов следует, что наблюдаемая аномалия также связана с метасоматически измененными породами и кварц-сульфидными жилами.

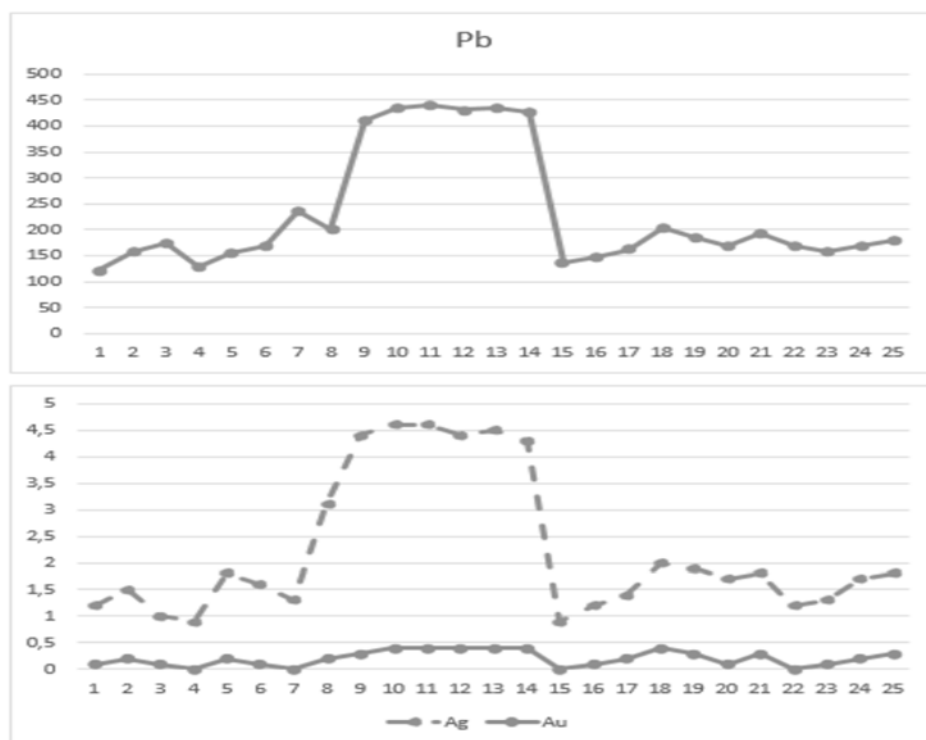


Рис. 3. Вариации содержания Pb, Ag и Au по профилю № 3.

По результатам геохимического опробования были рассчитаны коэффициенты корреляции между рассматриваемыми элементами [2] (табл.).

Таблица

Коэффициенты корреляции между серебром, золотом и свинцом по профилям

	1 профиль	2 профиль	3 профиль
Ag-Au	0,82	0,81	0,79
Au-Pb	0,80	0,81	0,79
Ag-Pb	0,91	0,89	0,96

Из анализа результатов корреляционных связей между приведенными элементами следует, что таковые между рассматриваемыми элементами являются значимыми и положительными. Так связь между Pb и Au находится в пределах 0,79-0,81, между Pb и Ag – 0,89-0,96. Поскольку свинец является одним из самых распространенных рудных элементов на территории, то выявленные связи являются важными с точки зрения прогноза благородно-металлического оруденения.

Свинец встречается в рудах всех формационных типов, образует обширные геохимические ореолы рассеяния, и установленная прямая корреляционная зависимость между серебром и свинцом в рудах серебро - полиметаллических месторождений, с высокими концентрациями свинца в ассоциации с Ag, Zn, Co, Bi, As, Au, Mn мы считаем, является надёжным поисковым критерием месторождений серебра и золота.

### Литература

1. Горячев Н.А., Котляр И.Н., Лейер П.У., Ньюбери Р. Дж. Основные этапы формирования мезозойского оруденения на Северо-Востоке России. В сб.: Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Тез. докл. Всерос. совещания. Магадан, 1997. С21–23.

2. А.М. Шихалёв. / Корреляционный анализ. Непараметрические методы – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 58 с.

## МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ «ГАБРИЭЛЬ» (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

**Коротченко Кирилл Викторович**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
магистрант 2 года обучения, г. Томск*

*e-mail: KorotchenkoVK@gmail.com*

**Научный руководитель:** К.С.-М.Н.

*Асочакова Евгения Михайловна*

**Аннотация:** В работе выявлены минералого-геохимические особенности и генезис пород рудопроявления «Габриэль». Обработка полученных данных проводилась в программе «Statistica».

**Ключевые слова:** колчеданные месторождения, полиметаллы, метасоматиты, руда.

## Mineralogical and geochemical features of ore occurrence «Gabriel» (Eastern Kazakhstan)

**Korotchenko Kirill Victorovich**

*Organisation, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Tomsk*

*e-mail: myjanuary97@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy

*Asochakova Evgenia Mikhailovna*

**Abstract:** The work provides a petrographic description of the rocks, reveals the mineralogical and geochemical features and genesis of the rocks of the Gabriel ore occurrence. Processing of the data was carried out in the program "Statistica".

**Keywords:** pyrite deposits, polymetals, metasomatites, ore.

Целью данной работы является анализ минералого-геохимического состава и генезиса образования пород рудопроявления Габриэль.

Габриэлевское рудное поле расположено в границах Бутачихинского структурно-фациального блока на юго-западном крыле крупного Синюшинского горст-антиклинория и в региональном масштабе связано с каледоно-герцинскими структурами Северо-Восточной зоны смятия. Рудопроявление представляет собой полосу среднедевонских образований, протяженностью свыше 40 км при ширине 3-5 км. Глубинными разломами его границы разделены на три основных тектонических блока. По Сигнальному взбросо-сдвигу Габриэль граничит с Тишинским рудным полем. Денисовский субширотный разлом отделяет его от Черемшанского рудного поля. По отложениям Заводской свиты проходит граница с Бутачихинским разломом.

По генетическому типу Габриэль относится к колчеданно-полиметаллическим месторождениям и пространственно совпадает с толщей вулканогенно-хемогенных образований риолитовой формации насыщенных большим количеством линейных тел, даек порфиров и диабазов. Оруденение локализуется в параллельных протяженных зонах повышенного расланцевания с обширными процессами метасоматических преобразований, представленных процессами березитизации, серицитизации, хлоритизации и окварцевания пород.

Проведенный петрографический анализ образцов керна позволил выделить несколько типов метасоматитов. В большинстве случаев породы характеризуются четко выраженными милонитовыми структурами и наличием вкрапленной сульфидной минерализации в пределах 5-20%.

В разрезе скважин было выделено несколько типов в различной степени метасоматически измененных пород (рисунок 1), самые представительные из них следующие.

**1. Кварц-альбит-серицит-хлоритизированный метасоматит.** 50% породы сложено пиритом, на контактах с которым развивается вкрапленность скаполита. Остальная масса в равной степени представлена альбитом, кварцем, серицитом и березитизированной породой (милонитовая

структура). Структура породы тонкомелкозернистая, текстура неоднородная. Также отмечена небольшая хлоритизация.

**2. Серицит-кварц-альбитизированный метасоматит.** Структура тонко- и мелкосреднезернистая гранобластовая, текстура неоднородная, с вкраплениями зёрен кварца, пирита и тонкомелкозернистого альбита. Основная масса сложена серицитом (около 50%), остальная сложена кварц-альбитизированной и березитизированной породой вместе с сульфидной минерализацией.

**3. Хлорит-альбитизированный метасоматит.** Порода полностью подвержена процессам хлоритизации с вкраплениями зерен тонкомелкозернистых пироксенов и слюды. Структура тонкомелкозернистая гранобластовая, текстура массивная. Образец рассекает карбонатная жила, практически полностью замещенная серицитом.

**4. Серицит-альбитизированный.** Образец представляет собой мусковит с явно выраженной тонкозернистой милонитовой структурой и сланцеватой текстурой. С единичными вкраплениями зёрен пирита кварца и альбита.

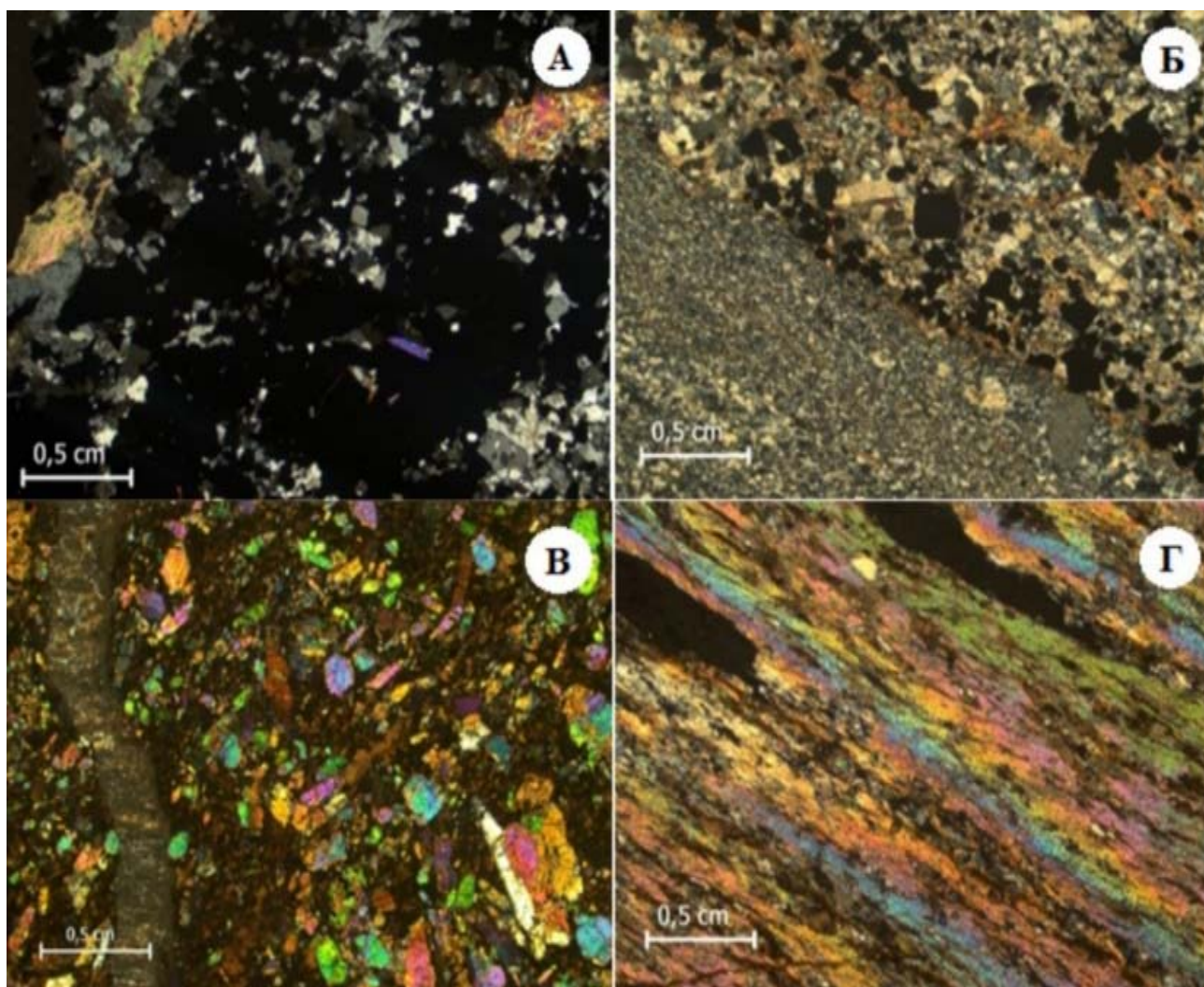


Рисунок 1 – Фотографии шлифов метасоматических пород. А - кварц-альбит-серицит-березит-хлоритизированный метасоматит; Б - серицит-кварц-альбит-березитизированный метасоматит; В - хлорит-альбитизированный метасоматит; Г - березитизированный метасоматит

Для изучения минералого-геохимических особенностей состава пород потребовалось произвести расчеты в программном комплексе «Statistica». Исходными данными геологической информации были результаты рентгенофлуоресцентного анализа пород по результатам разведочного бурения скважин территории рудопоявления Габриэль (Восточный Казахстан) (3575 наблюдений). (таблица 1). Основной целью является изучение общих тенденций и выявление закономерностей распределения химического состава пород и руд.

По результатам кластерного анализа в многомерной системе из было выделено 4 группы пород (кластера) близких друг к другу по составу. Для определения типа пород у каждого кластера были посчитаны средние значения оксидов.

Из таблицы 1 можно четко увидеть уменьшение кремнезема и увеличение оксидов магния, алюминия, железа, кальция ( $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $CaO$ ), а также серы ( $S$ ). Такая последовательность соответствует схеме перегруппировки элементов гидротермально преобразуемых вулканических пород на ранней стадии колчеданного рудообразования, выделенной В. И. Смирновым [1].

Таблица 1  
Средние значения оксидов каждого кластера

Среднее знач.				
	кл 1	кл 2	кл 3	кл 4
$Na_2O$	0,24510	0,09390	0,02366	0,04392
$MgO$	5,07603	4,82664	2,45579	1,04231
$Al_2O_3$	7,26253	5,79575	3,13439	1,74548
$SiO_2$	63,63187	77,81136	87,51167	94,12140
$P_2O_5$	0,12705	0,15981	0,04213	0,01718
$S$	3,27420	1,16897	1,50907	0,32267
$K_2O$	0,61135	0,32589	0,36606	0,36116
$CaO$	3,20512	1,89842	0,73897	0,59890
$TiO_2$	0,29158	0,30588	0,05175	0,03289
$MnO$	0,12782	0,12441	0,07044	0,03685
$FeO$	11,57708	5,67722	3,04704	1,27086

Для дальнейших исследований появилась необходимость в проведении факторного анализа методом главных компонент для выявления взаимосвязей между значениями переменных. Количество переменных равно количеству факторов, но многие факторы косвенно влияют на изменчивость состава пород. В данном случае есть 4 основных фактора, которые объясняют 80,4% дисперсии (рисунок 2).

Число факторов: 4		Качество представления: 80,4 %			
Перемен.	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
$Na_2O$	-0,213475	-0,374404	0,698286	-0,338862	
$MgO$	-0,809417	-0,074966	-0,057641	0,532894	
$Al_2O_3$	-0,821543	-0,235295	0,301651	0,336835	
$SiO_2$	0,884656	-0,395219	-0,215856	-0,032612	
$P_2O_5$	-0,564449	-0,079926	-0,351477	-0,311868	
$S$	-0,037440	0,879556	0,306053	-0,118577	
$K_2O$	-0,138708	-0,432678	0,716920	-0,104711	
$CaO$	-0,633027	-0,188082	-0,315300	-0,364663	
$TiO_2$	-0,700386	-0,153033	-0,255749	-0,442759	
$MnO$	-0,740781	-0,197532	-0,239097	0,200614	
$FeO$	-0,631085	0,679857	0,161842	-0,122391	
Общ. дис.	4,335811	1,884595	1,607873	1,019850	

Рисунок 2 – Факторная изменчивость и факторные нагрузки на переменные

Проецирование полученных данных на факторную плоскость (рисунок 3) позволяет увидеть нагрузки оксидов элементов на факторы.



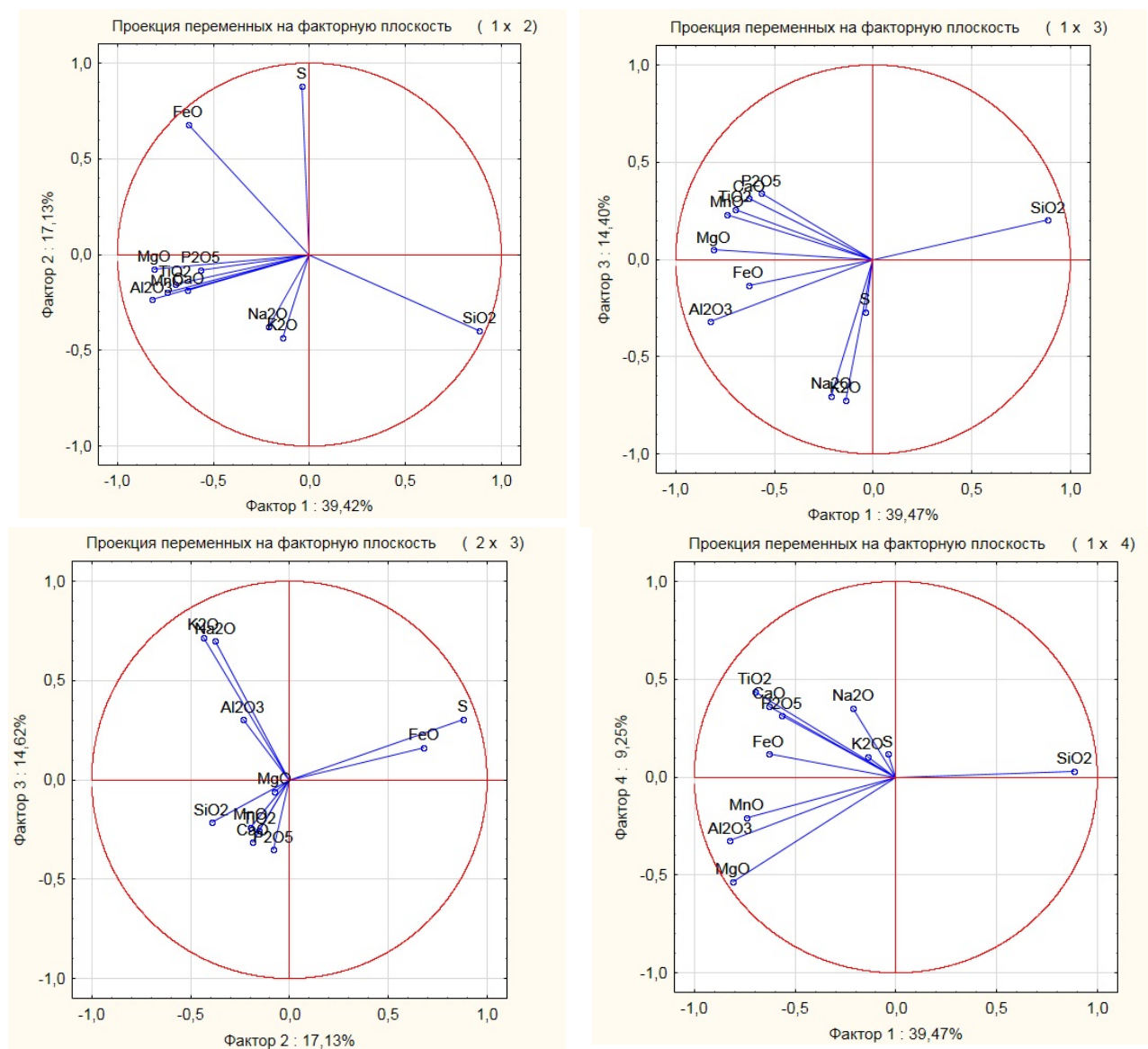


Рисунок 3 – Проекция факторных нагрузок на факторную плоскость

Проведя анализ полученной информации, можно сделать вывод о генезисе рудопроявления «Габриэль». Для колчеданных месторождений есть несколько этапов рудообразования. Так первый фактор можно связать с первым (предрудным) этапом и рассматривать как фактор комплексного образования первичных кислых пород, т.к. в его формировании участвует значительная часть изменяющихся параметров (рисунок 2). Второй фактор имеет высокую нагрузку на S ( $r=0,88$ ) и достаточно высокую на Fe ( $r=0,68$ ). Его можно связать с колчеданным этапом, сменяющим первый, когда происходит основное накопление массы сульфидов железа. Следующие два фактора относятся к первому этапу. Вследствие различной подвижности породообразующих элементов возникает метасоматическая колонна гидротермально измененных пород по мере удаления от рудоподводящего канала. Третий фактор с основной нагрузкой на K ( $r=0,72$ ) можно отнести к кварц-серицитовой зоне. Четвертый фактор с наивысшей нагрузкой на магний связан с серицит-хлоритовой зоной.

#### Литература

1. Дубровская Л.И., Князев Г.Б. Компьютерная обработка естественно-научных данных методами многомерной прикладной статистики. Томск: ТМЛ-Пресс, 2011, – 120 с.
2. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых / В. И. Смирнов. – М.: Недра, 1976. – 688 с.

УДК 552.3

## ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ УЧАСТКА «ВЕРХОТУРСКИЙ»

*Зяббаров Максим Рашидович*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 4 курса,  
Пермь*

[zyabbarov.maks@gmail.com](mailto:zyabbarov.maks@gmail.com)

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Илалтдинов Ильдар Ягфарович*

**Аннотация:** В статье рассматривается петрографическое изучение метасоматических горных пород участка «Верхотурский» и определение рудной минерализации.

**Ключевые слова:** петрография, метасоматические горные породы, участок «Верхотурский», рудная минерализация.

## PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE HOST ROCKS AND DETERMINATION OF ORE MINERALIZATION OF THE «VERKHOTURSKY» SITE

*Zyabbarov Maxim Rashidovich*

*Perm State University, 4<sup>d</sup> year Student, Perm*

[zyabbarov.maks@gmail.com](mailto:zyabbarov.maks@gmail.com)

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy,  
reader I.Ya.Ilaltidinov*

**Abstract:** The article considers the petrographic study of metasomatic rocks of the «Verkhoturinsky» site and the determination of ore mineralization.

**Keywords:** petrography, metasomatic rocks, «Verkhoturinsky» site, ore mineralization.

Верхотурская золоторудная площадь расположена в Свердловской области на территории муниципального образования Верхняя Пышма, в 30 км севернее г. Верхняя Пышма. Район расположен на восточном склоне Среднего Урала.

В региональном геолого-структурном плане район расположен в пределах Восточно-Уральской мегазоны, охватывая фрагменты Медведевско-Арамилской и Верхотурско-Исетской зон. В геологическом строении района участвуют вулканогенные, осадочные и интрузивные комплексы палеозойского геосинклинального структурного этажа и осадочные комплексы мезо-кайнозойского платформенного структурного этажа. Метаморфические комплексы допалеозойского структурного этажа обнажаются за пределами района – в смежном с востока Мурзинско-Адуйском блоке Сосьвинско-Адуйской зоны.

Петрографическому изучению подверглись 7 образцов горных пород из трех скважин с Верхотурского месторождения. Образцы пород для петрографического изучения были привезены с производственной практики.

Макроскопическое описание показало, что породы неравномерно окрашены в светло-серые, ржаво-бурые, светло-зеленые и черные цвета, структура пород мелкозернистая, текстуры пород – полосчатая, кавернозная, пятнистая, неоднородная, прожилковая. В образце 1 наблюдается неявно выраженная полосчатость, которая представляет собой чередование полос светло-серого кварца с зонами, содержащими фуксит, и отдельными зонами, содержащими гидроокислы железа. Каверны в образцах 1 и 2 изменяются от первых миллиметров до полутора сантиметра. Они выполнены микрошестками водяно-прозрачного кварца, отдельные каверны заполнены темно-бурым гётитом. В образце 3 наблюдаются реликты серпентинита темно-серого цвета, зерна фуксита и хлорита, минерализация в виде вкрапленности магнетита по всей породе.



Рис.1. Образец из 1 скважины, глубина - 49,0 м.



Рис.2. Образец из 2 скважины, глубина – 54,6 м.



Рис.3. Образец из 3 скважины, глубина – 97,9 м.

Для минералого-петрографического изучения месторождения были изготовлены 5 прозрачно-полированных шлифов и 3 аншлифа из 3-х скважин.

Петрографическое изучение шлифов проведено на поляризационном микроскопе Meiji Techno (Япония) в проходящем и в отраженном свете с использованием методов скрещенных николей. Кроме этого были сделаны снимки шлифов на оптическом микроскопе Olympus BX51 (Япония) в проходящем свете и в скрещенных николях при увеличении 50х. В ходе работы были изучены и проанализированы литературные данные по петрографии метасоматических горных пород исследуемой территории, приобретены практические навыки в определении и описании метасоматических горных пород в шлифах, а также в определении текстурно-структурных особенностей данных горных пород, их минерального состава и типизирование горных пород.

Результаты микроописания шлифов показали, что образцы горных пород относятся к метасоматическим породам. Они представлены кварцевыми апосерпентинитовыми и карбонатными апосерпентинитовыми метасоматитами.

Кварцевый апосерпентинитовый метасоматит характеризуется разномасштабной (от мелко- до крупномасштабной), гетеробластовой, лепидо-грано-фибробластовой структурой и беспорядочной текстурой. Также, в некоторых шлифах были обнаружены пластинчатые остроугольные зерна гематита и удлиненные чешуйки гидрослюда. Часто в кварцевых метасоматитах присутствуют угловато, угловато-сглаженные реликты серпентинитов гребенчатой структуры. В шлифах можно наблюдать стадии окварцевания серпентинитов с различной сохранностью структуры и первичной минеральной ассоциации.



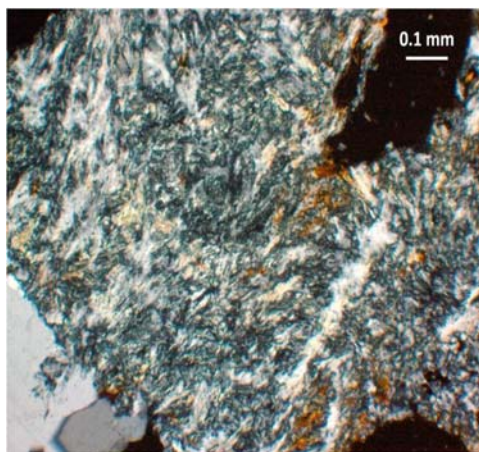


Рис.4. Реликты серпентина (с анализатором)

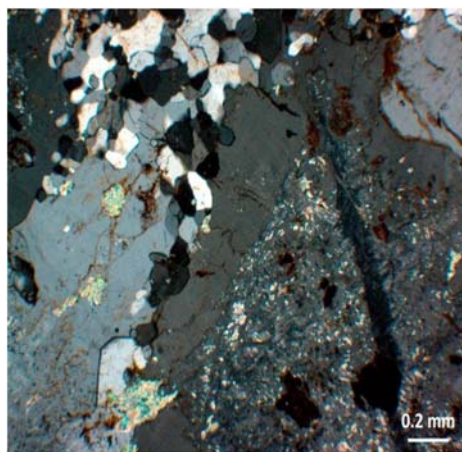


Рис.5. Включения фуксита в крупнокристаллическом кварце (с анализатором)

Карбонатный апосерпентинитовый метасоматит характеризуется разномасштабной (от тонко- до среднезернистой), гетеробластовой, лепидо-фибробластовой структурой и беспорядочной текстурой. Карбонатный метасоматит в той или иной мере замещается кварцем. Также в карбонатных метасоматитах обнаружены мелкочешуйчатые агрегаты талька и реликты плагиоклаза, практически замещенного серицитом и реликты пироксена.

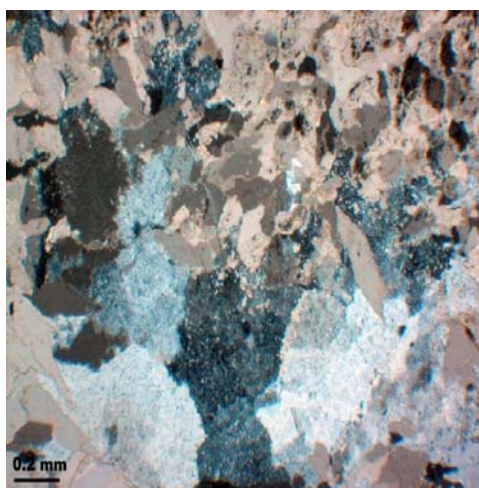


Рис.6. Карбонатный метасоматит со структурами серпентинита (с анализатором)

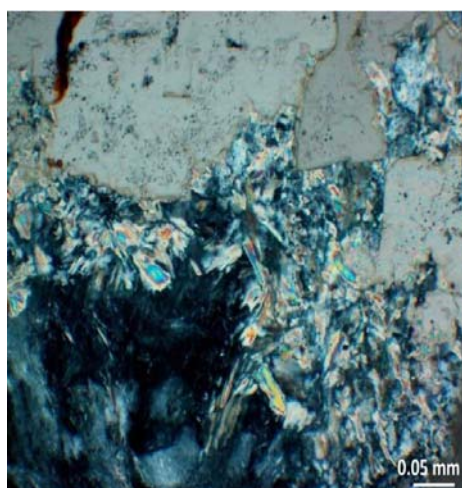


Рис.7. Мелкочешуйчатый агрегат талька на контакте реликта серпентинита (с анализатором)

Изучение шлифов в отраженном свете показало наличие среди рудных минералов пирита и арсенопирита, образующих вкрапленную, пятнистую текстуру. Пирит имеет светло-желтый цвет, высокую твердость (6-6,5) и отражательную способность (55%). Арсенопирит характеризуется белым с желтоватым оттенком цветом, высокой твердостью (5,5-6) и отражательной способностью (51-54%) [1].

Арсенопирит образует идиоморфнозернистые вкрапленные, сгустково-пятнистые агрегаты в виде кристаллов игольчатой, удлинненно-ромбической формы. Часто наблюдаются элементы радиально-лучистого строения агрегатов. Размер зерен изменяется от 0,04-0,2 мм по длинной оси.

Пирит образует идиоморфнозернистые и гипидиоморфнозернистые вкрапления размером 0,014-0,63 мм. Кристаллы арсенопирита часто сростаются с пиритом. В некоторых образцах находятся индивиды трещиноватого пирита, трещины заполнены кварцем.

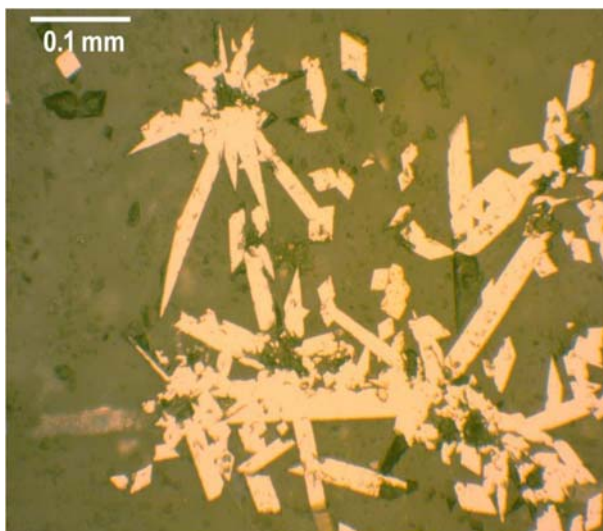


Рис.8. Арсенопирит (без анализатора)

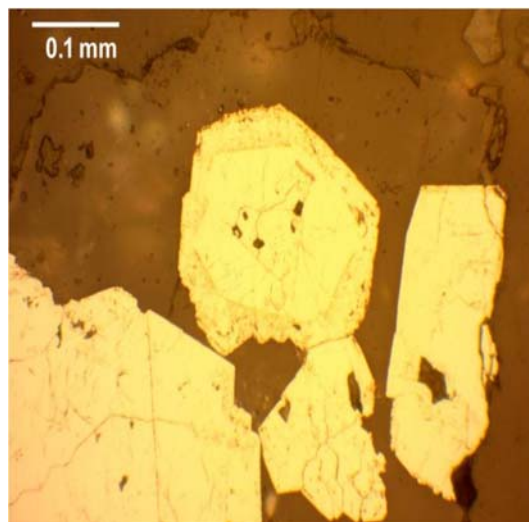


Рис.9. Пирит (без анализатора)

### *Литература*

1. Исаенко М.П., Афанасьева Е.Л.. Лабораторные методы исследования руд: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1992. – 254 с.

УДК 55.553

## **МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД ЗАПАДНО- АЩЕБУТАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ОРСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ)**

**Тагирова Лейсан Радиковна**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, студент 4 курса, г. Казань*

*e-mail: leisan.tagirova@bk.ru*

**Научный руководитель:** д-р г.-м.н., Хасанов Ринат Радикович

**Аннотация:** Произведено изучение вещественного состава рудной минерализации Западно-Ащевутакского месторождения методами оптической микроскопии, РФА и ICP-MS. Основная масса рудных минералов представлена сульфидами меди и цинка. По структурно-текстурным особенностям они подразделяются на сплошные и прожилково-вкрапленные руды. Руды месторождения обогащены рядом элементов-примесей Pb, As, Cd, Sb, Co и РЗЭ. По корреляционным связям выделяются 2 группы химических элементов (Cu-Fe-Co-As-Sb) и (Zn-As-Cd-Ba), указывающие на изменчивость состава рудных растворов. На основе анализа структурно-текстурных особенностей руд и их химического состава были выявлены сложные взаимоотношения рудных минералов, отражающих многостадийный характер формирования рудной минерализации.

**Ключевые слова:** Медно-цинковые руды, месторождение Западно-Ащевутакское, гидротермальные процессы, сульфидная минерализация, элемент-примеси, стадийность формирования.

## MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES AND CONDITIONS OF THE COPPER-ZINC ORES FORMATION OF THE WEST ASCHEBUTAK DEPOSIT (ORSK REGION)

*Tagirova Leisan Radikovna*

*Kazan Federal University, 4<sup>th</sup> year student, Kazan*

*e-mail: leisan.tagirova@bk.ru*

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Reader Khasanov Rinat Radikovich*

**Abstract:** The article studies the material composition of the ore mineralization of the West Aschebutak deposit using optical microscopy, X-ray powder diffraction, and ICP-MS. The bulk of ore minerals is represented by copper and zinc sulfides. According to structural and texture features, they are divided into solid and vein-disseminated ores. The ore of the deposit is enriched with a number of impurities of elements, such as Pb, As, Cd, Sb, Co and REE. According to the correlation bonds, 2 groups of chemical elements (Cu-Fe-Co-As-Sb) and (Zn-As-Cd-Ba) are distinguished, indicating the variability of the composition of ore solutions. Based on the analysis of structural and textural features of ores and their chemical composition, complex relationships of ore minerals were revealed. This is a reflection of the multi-stage nature of the formation of ore mineralization.

**Keywords:** Copper-zinc, West-Ashchebutaksky field, hydrothermal process, sulfide mineralization, impurities of elements, stages of generation/

Объектом исследований является Западно-Ащевутацкое месторождение медно-цинковых руд, которое расположено в Орском Зауралье (Домбаровского район Оренбургской области) [1,2,6]. В тектоническом отношении рассматриваемое месторождение приурочено к Ащевутацко-Джусинской структурно-формационной зоне Восточно-Магнитогорской палеоостровной дуги [5,7]. Образование месторождения связано с гидротермально метасоматическими процессами в участках проявления древнего островодужного вулканизма [4]. Оруденение Западно-Ащевутацкого месторождения залегает в зоне контакта натровых вулканитов и вулканогенно-осадочной флишоидной формацией позднеживетского возраста [7]. По данным [4] месторождение состоит из одного рудного тела пластообразной формы слабонаклонного залегания. Мощность рудного тела небольшая (первые метры) и увеличивается в его приповерхностной части. Рудное тело связано с Ащевутацким плутоно-вулканическим комплексом (D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>fr), где оно залегает между вулканическими толщами среднего (андезитобазальтовые и базальтовые порфиры и их туфы) и кислого состава (липаритовые и дацитовые порфиры, их лавобрекчиями и туфы). Месторождение находится в зоне умеренного метаморфизма с температурным диапазоном 250-450 (500) °C [4]. Оруденение сложено преимущественно сульфидами меди и, в меньшей степени, цинка, которые слагают массивные сульфидные и прожилково-вкрапленные руды [5].

Рудное тело Западно-Ащевутацкого месторождения было вскрыто скважиной. Вещественный (минеральный и химический) состав руд, отобранных из керна скважины, был исследован под поляризационным микроскопом в отраженном свете, а также с помощью рентгено-флуоресцентного анализа и ИСП-спектрометрии. В рамках настоящей работы были рассмотрены руды, которые по структурно-текстурным особенностям можно разделить на 2 типа: сплошные (массивные) и прожилково-вкрапленные руды.

Сплошные руды (рис. 1) обладают массивной, реже полосчатой текстурой и мелкозернистой структурой. Минеральный состав основной массы рудной минерализации представлен пиритом (py), халькопиритом (cp) и в меньшем количестве - сфалеритом (sp). Пирит является главным рудным минералом, который слагает основную массу руды. Он образует выделения неправильной формы размерностью до 1-2 мм и их агрегаты. Халькопирит также образует неправильные выделения, неравномерно распределенные в рудной массе. Сфалерит встречается в явно подчиненном количестве, он эпигенетичен по отношению к пириту и халькопириту, развиваясь по зернам последних. По данным [6] в составе рудной минерализации в качестве второстепенных минералов встречаются также ковеллин, халькозин, борнит, арсенопирит, гематит, марказит, мельниксит, хлорит и серицит.

Руды вкрапленного типа (рис. 2) характеризуются вкрапленной или прожилково-вкрапленной текстурой. Основная масса рудной минерализации сложена пиритом (py), а также халькопиритом (cp) и сфалеритом (sp). Пирит встречается в виде гипидиоморфных и неправильных изометричных зерен

и их агрегатов, иногда имеющих линзовидную форму, а также заполняет микропрожилки. Иногда его неправильные выделения встречаются в зонах дробления. Халькопирит наблюдается в виде вкрапленности представленной редкими неправильными выделениями размером до 1-2 мм, а также могут заполнять микротрещинки. Руды вкрапленного типа характеризуются более высоким содержанием сфалерита, который встречается в виде изометричных и удлинённых выделений и реже гипидиоморфных кристаллов размером от сотых долей до 1-2 мм, а также микропрожилков. По данным [6] в качестве второстепенных минералов отмечены также теннантит, сфалерит, галенит, а также хлорит, серицит, флогопит, мусковит и карбонатные минералы.

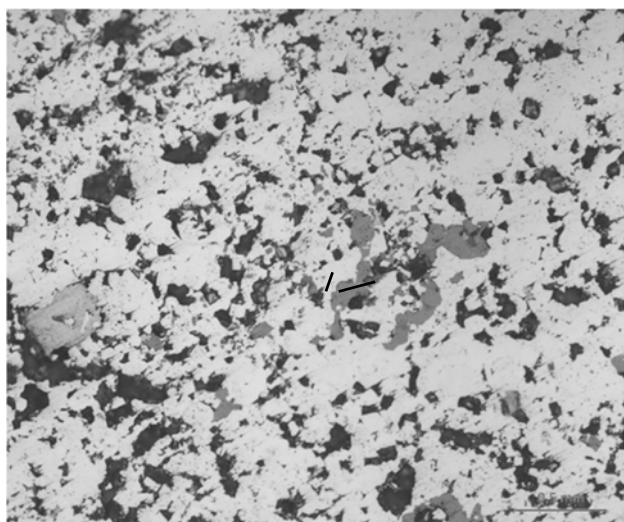


Рис. 1. Сплошная руда (один николь)

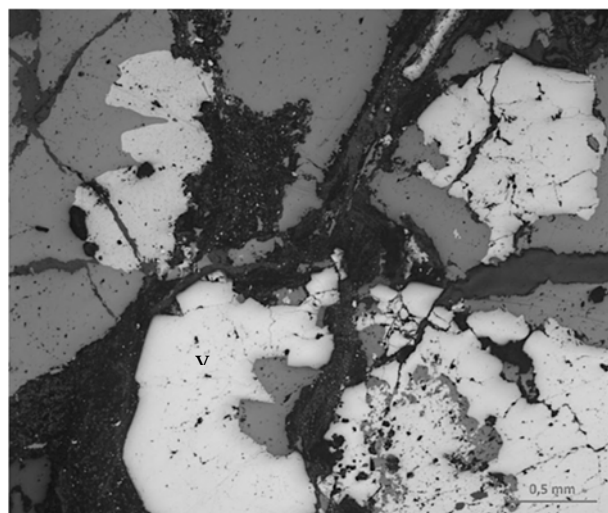


Рис. 2. Вкрапленная руда (один николь)

Анализ структурно-текстурных особенностей руд показал, что по морфологическим признакам можно выделить до 3-х генераций главных рудных минералов (пирит, халькопирит и сфалерит), характеризующих различные стадии формирования медно-цинковой минерализации сплошного (массивного) и прожилково-вкрапленного типа.

По результатам РФА и ICP-спектрометрии установлено, что руды месторождения обогащены рядом элементов-примесей Pb, As, Cd, Sb, Se, Co, Ga и РЗЭ. Изучение редкоземельных элементов Западно-Ащевутаского месторождения имеет особое значение, так как они наследуют спектр элементов обстановок минералообразования, в которых образуются гидротермальные отложения [3].

Результаты анализа на редкие и редкоземельные элементы интерпретировались с помощью методов математической статистики в программе STATISTICA (рис. 3). По данным корреляционного анализа отмечается сильная положительная связь между Fe и Cu (коэффициент парной корреляции +0,86). Это обусловлено устойчивой ассоциацией минералов железа и меди в составе оруденения (пирит, халькопирит, халькозин и др.). Одним из характерных примесных элементов в рудной минерализации является As, который встречается в качестве примеси в составе халькопирита. Коэффициенты корреляции As с Fe составляют (0,60) и с Cu – (0,53). Аналогичная картина наблюдается также у Sb с теми же элементами - Fe (0,63) и Cu (0,38). Одновременно As и Sb демонстрируют высокие корреляционные связи с Zn и Cd, которые характеризуются очень высокой связью и между собой – (0,99). В то же время между Cu и Zn отмечается отрицательная корреляционная связь (-0,11), что указывает на их поступление в составе различных порций рудных растворов. При этом наблюдается значительная отрицательная корреляция между Fe и Mg (-0,71), что может быть связано с различной геохимической подвижностью этих элементов, обусловленной разными величинами потенциалов окисления [3].



Переменная	Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$ N=9 (Построчное удаление ПД)								
	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Ba
Mn	1,00	-0,71	0,19	-0,48	-0,34	-0,79	-0,32	-0,73	0,02
Fe	-0,71	1,00	0,36	0,86	-0,07	0,60	-0,11	0,63	-0,54
Co	0,19	0,36	1,00	0,47	-0,09	0,26	-0,05	-0,38	-0,59
Cu	-0,48	0,86	0,47	1,00	-0,11	0,53	-0,13	0,38	-0,43
Zn	-0,34	-0,07	-0,09	-0,11	1,00	0,56	0,99	-0,01	0,31
As	-0,79	0,60	0,26	0,53	0,56	1,00	0,56	0,25	-0,13
Cd	-0,32	-0,11	-0,05	-0,13	0,99	0,56	1,00	-0,06	0,34
Sb	-0,73	0,63	-0,38	0,38	-0,01	0,25	-0,06	1,00	0,13
Ba	0,02	-0,54	-0,59	-0,43	0,31	-0,13	0,34	0,13	1,00

Рис. 3 – Корреляция Cu и Zn с элементами основного состава гидротермальных растворов

Таким образом, можно выделить 2 группы устойчивых ассоциаций химических элементов, которые отражают основные стадии формирования рудной минерализации:

- 1) Cu-Fe-Co-As-Sb
- 2) Zn-As-Cd-Ba

При этом As является сквозным элементом, поступление которого происходило в течение всего процесса формирования оруденения. Интересные результаты демонстрирует также корреляция Cu и Zn с редкоземельными металлами. Cu обнаруживает отрицательные корреляционные связи со всем комплексом лантаноидов, а Zn напротив – положительные, что указывает на поступление лантаноидов только с определенными порциями рудных растворов.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что руды Западно-Ащевутаского месторождения имеют длительную историю образования, что находит отражение на сложных взаимоотношениях ассоциаций рудных минералов и элементов. Рудная минерализация формировалась в широком диапазоне температур.

### Литература

1. Бакиров Г.Ш., Отчет о результатах общих поисков медных руд на глубоких горизонтах района Западно-Ащевутаского месторождения в 1982-1984 гг.
2. Бакиров Г.Ш., Отчет о результатах детальных поисков медных руд в Ащевутаском рудном районе в пределах вновь выявленных геофизических и геохимических аномалий в 1981-1982 гг.
3. Бутузова Г.Ю. Гидротермально-осадочное рудообразование в Мировом океане – М.: ГЕОС, 2003. – 156 с.
4. Викентьев И.В. Условия образования и метаморфизм колчеданных месторождений Урала. Колчеданные месторождения – геология, поиски, добыча и переработка руд. Материалы Всероссийской научной конференции (V Чтения памяти С.Н. Иванова). - Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2013. - С.21-25.
5. Гаськов И.В. Особенности развития колчеданных рудно-магматических систем в островодужных обстановках Рудного Алтая и Южного Урала / Литосфера, 2015, № 2. - С. 17–39.
6. Каюмов И.Ф., и др. Отчет о результатах поисковых и оценочных работ на медно-цинковые руды в пределах Западно-Ащевутаского участка в 2012-2015 гг.
7. Косарев А.М. Колчеданосные вулканические пояса Магнитогорской мегазоны на Южном Урале / Колчеданные месторождения – геология, поиски, добыча и переработка руд. Материалы Всероссийской научной конференции (V Чтения памяти С.Н. Иванова). - Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2013. - С.80-82.

УДК 552.3

## МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОД ГРУБООБЛОМОЧНОЙ ФРАКЦИИ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕКИ ЧЕЛБАНЬЯ

**Чумаков Александр Васильевич**

ФГБОУ ВО «ПГНИУ», студент 4 курса, г. Пермь

e-mail: chumakov.aleksandr.1997@mail.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Илалтдинов Ильдар Ягфарович

**Аннотация:** в статье рассматриваются минералого-петрографические особенности пород грубообломочной фракции россыпного месторождения реки Челбанья и анализ рудных включений этих пород.

**Ключевые слова:** Сусуманский район, магматические горные породы, гранитоиды, петрография, минералогия

## PETROGRAPHIC AND MINERALOGICAL RESEARCH OF THE ROCKS OF THE COLLECTED BLOCKING FRACTION OF THE SPILL DEPOSIT OF R. CHELBANYA

**Chumakov Aleksandr Vasilevich**

Perm State University, 4<sup>d</sup> year Student, Perm

e-mail: chumakov.aleksandr.1997@mail.ru

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, reader I.Ya.Ilatdinov

**Abstract:** The article considers the mineralogical and petrographic features of the rocks of the coarse clastic fraction of the placer deposit of the river Chelbanya and analysis of ore inclusions of these rocks.

**Keywords:** mineralogy, petrography, granitoids, igneous rocks, Susuman region.

Россыпное месторождение реки Челбанья расположено в Магаданской области на территории Сусуманского района в 15 км западнее г. Сусуман. Исследуемая территория расположена в высокогорной местности, она принадлежит Нерскому плоскогорью, который составляет часть Верхне-Колымского низкогорья и окружено хребтом Черского на северо-востоке, Верхнеколымским нагорьем на юго-востоке и хребтом Сарычева на юго-западе.

В структурно-тектоническом плане район россыпи находится в центральной части Верхояно-Колымской складчатой зоны, в пределах которой выделяется крупная структура - Инъяли-Дебинский мегасинклинорий. Для мегасинклинория характерен очень сложный линейный характер складчатости, широкое развитие разрывных дислокаций [4]. Его осложняет структура следующего порядка - Бурустахский синклинорий. Разрывные нарушения, довольно широко развитые в районе, разделяются на разрывы со смещением и без смещения. Наиболее крупными системами разрывов со смещением являются Нексиканская и Верхне-Нексиканская зоны разломов.

Целью исследования являлось минералого-петрографическое описание пород грубообломочной фракции россыпного месторождения реки Челбанья. Было собрано 15 образцов образца гранитоидов с площади разрабатываемого полигона, при этом детально изучались 4 наиболее характерных из них. Образцы пород для анализа были собраны во время прохождения производственной практики. Образцы пород были пронумерованы: № 2, № 3, № 7, № 10.

Петрографическое описание отвечало следующим требованиям:

- содержало характеристику строения породы – особенности распределения в ней минералов и взаимоотношения этих минералов (степень идиоморфизма, последовательность кристаллизации);
- содержало характеристику минерального состава, которая отражала бы как количественные соотношения минералов в породе, так и особенности каждого из этих минералов;

- было кратким, но полным, чтобы по описанию можно было составить представление об изучаемой породе (Князев В.С., Кононова И.Б., 1991).

Макроскопическое описание пород показало, что они окрашены в светло-серо-желтоватые оттенки разной насыщенности. Структура трех изучаемых материалов - крупно-мелко-среднезернистая, разномасштабная, в то же время имеется образец горной породы, который обладает порфировидной структурой. Текстура же у всех пород однородная и массивная. В образцах № 2, 7 и 10 заметны светло-серые зерна гипидиоморфных плагиоклазов светло-серо-желтого цвета, ксеноморфного прозрачного кварца и темно-серых листоватых агрегатов минералов группы биотита. При этом у образца №3 на фоне мелкозернистой кварц-полевошпатовой основной массы выделяются крупные кристаллы кислого плагиоклаза и слюды. Как и для большинства пород кислого отряда образцы обладают одинаковыми породообразующими минералами: кислый плагиоклаз (олигоклаз), слюда (биотит), КПШ (микроклин и ортоклаз), кварц (рис.1, рис. 2).



Рис. 1 - Образец №2



Рис. 2. Образец №3

Для минералого-петрографического изучения гранитоидов были изготовлены 4 прозрачно-полированных шлифа. Микроскопическое описание шлифов, изготовленных из анализируемых образцов в шлифовальной мастерской кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ, проведено на поляризационном микроскопе Meiji Techno (Япония) в проходящем свете с использованием методов скрещенных николей на основе традиционных методик [3, 5, 7]. В ходе проведения данного исследования были проанализированы геологические отчеты работ, проведенных на территории Северо-Востока России, различные фондовые источники, методики выполнения минералого-петрографического анализа магматических горных пород; приобретены практические навыки в определении и описании магматических горных пород в шлифах, а также - текстурно-структурных особенностей данных горных пород, их минерального состава.

Породы 2,7,10 схожи по своему описанию и различаются только соотношением породообразующих минералов и наличием аксессуарных минералов. Детальное описание образца №10:

-при изучении шлифа под микроскопом заметно однородное строение породы и значительное преобладание бесцветных минералов над окрашенными. Для данного шлифа характерно развитие вторичных минералов: серицит по кислому плагиоклазу;

-главные породообразующие минералы: кислый плагиоклаз (30 – 35 %), КПШ (до 20 %), кварц (25 – 30 %), биотит (10 – 15 %). Визуальное определение количества зерен проводилось с помощью специальных эталонных трафаретов (Швецов, 1958). Из аксессуарных минералов можно выделить отдельные зерна роговой обманки, рудные минералы, которые приурочены к скоплениям зерен биотита;

-кислый плагиоклаз представлен только гипидиоморфными зернами таблитчатой и призматической формы с отчетливыми полисинтетическими двойниками разного размера. По углу погасания (15°) этот плагиоклаз можно отнести к олигоклазу. Его зерна – бесцветные, прозрачные. Большая часть зерен в какой-то степени изменена, замещена серицитом. Размер зерен плагиоклазов изменяется от 0,7 до 1,5 мм. С анализатором обладает неравномерным погасанием с двойникованием, максимальная интерференционная окраска – серая, I порядка;

-КПШ в основном представлен кристаллами с закономерными вростками плагиоклаза. Такие агрегаты именуется пертиты. Но в шлифе встречаются неизмененные зерна КПШ. Эти зерна гипидиоморфны, бесцветны и обладают совершенной спайностью в двух направлениях, угол спайности – 90°, максимальная интерференционная окраска – серая, I порядка, погасание

неравномерное, по характеру двойников заметна решетка, которая позволяет отнести эти зерна к микроклину. Размеры отдельных зерен микроклина менее 0,7 мм, а пертитов – более 2 мм;

-кварц принимает ксеноморфную форму, его размеры изменяются от 0,8 до 2 мм, бесцветный, трещиноватый. Обладает неравномерным облачным погасанием, максимальная интерференционная окраска – светло-серая, I порядка;

-биотит представлен гипидиоморфными зернами субтаблитчатой формы с размерами от 0,35 до 1,7 мм. Для минерала типичен плеохроизм от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Обладает весьма совершенной спайностью, максимальная интерференционная окраска – темно-коричневая, III порядка. Зерна практически неизменные, в некоторых наблюдается скопление рудных минералов;

По процентному содержанию минералов в породе ее следует отнести к *гранитам* (рис.3)



Рис. 3 - Минералы гранита в скрещенных николях

После проведения микроскопического описания было сделано заключение о названиях остальных изучаемых пород: № 2 – гранодиорит; № 3 – плагиогранит-порфир; № 7 – гранит.

Следующий этап: выделение крупных скоплений рудных минералов для последующего детального исследования. Во всех образцах, которые были изучены, выявлена тенденция приуроченности рудных минералов к скоплениям биотита (рис.4). По мнению академика РАЕН Ляховича В.В: «...видовой состав аксессуарных минералов биотитовых гранитов разнообразен, однако наиболее распространенными аксессуарными минералами являются циркон, пирит, магнетит, ильменит, сфен, флюорит, апатит, гранат, эпидот; очень редко встречаются тантало-ниобаты, бастиезит, сподумен, висмутин, тетрадимит, перовскит, вольфрамит, дистен, силлиманит и др.» [2]. Предполагается, что изучаемые гранитоиды не станут исключением и будут обладать схожими аксессуарными минералами. Биотит и рудные минералы было решено проанализировать с помощью электронного микроскопа с применением микрозондового анализа.

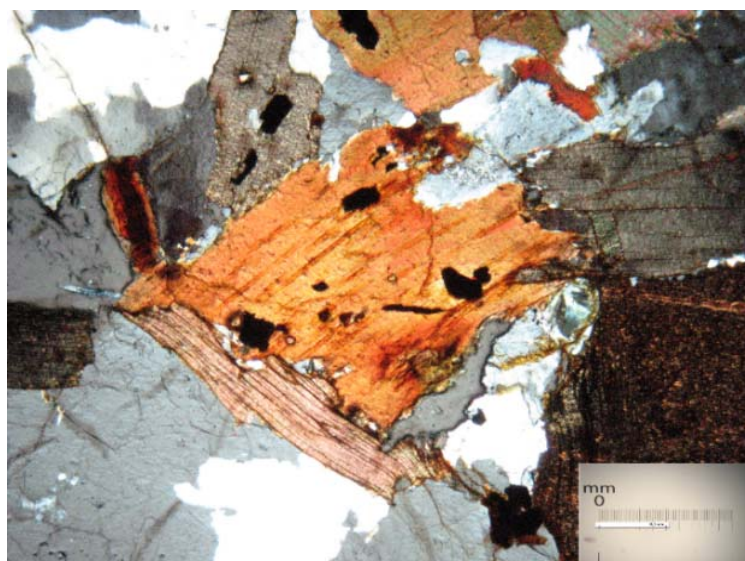


Рис. 4 - Биотит с рудными включениями в скрещенных николях



Анализ образцов гранитоидов проводился в Горном институте УрО РАН (г. Пермь) при помощи электронного микроскопа VEGA3 TESCAN. На рис. 5 показано распространение минералов в породе. Детальное исследование биотита и акцессорных включений показало наличие предполагаемых акцессорных минералов таких, как: циркон, титаномагнетит, апатит, монацит, рутил, ильменит.

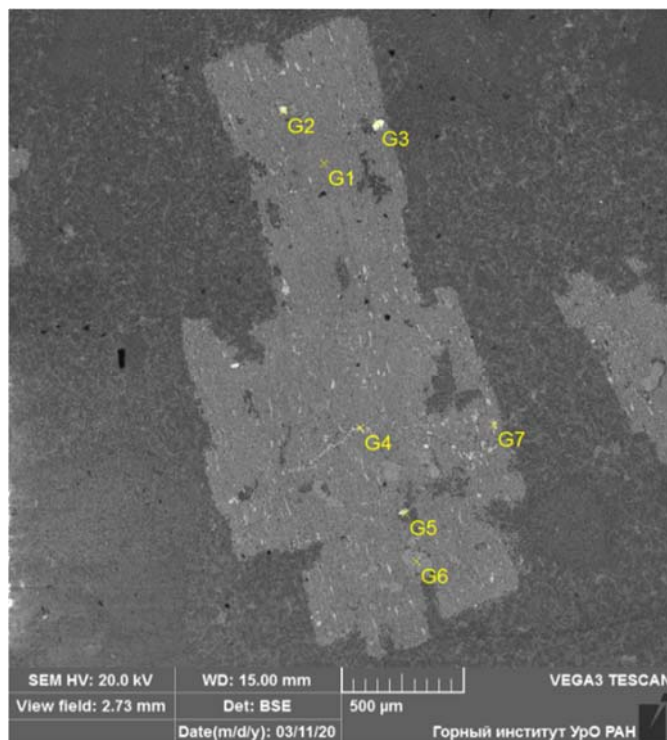


Рис. 5 - Зерно слюды и акцессорных минералов при изучении на электронном микроскопе. G1 – биотит, G2 – циркон, G3 – монацит, G4, G7 – титаномагнетит, G5 – циркон, G6 – апатит

Таким образом, проведенное исследование по минералогическому и петрографическому описанию пород, отобранных на реке Челбанья, показывает, что все отобранные образцы относятся к отряду кислых, нормально- и низкощелочного подотряда. Основные характеристики пород являются типичными для магматических образований для данной территории.

### Литература

1. Князев В.С., Кононова И.Б. *Руководство к лабораторным занятиям по общей петрографии: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. – 128 с.: ил.*
2. Ляхович В.В. *Акцессорные минералы горных пород. Учебное пособие. М.: Недра, 1979. – 296 с.*
3. *Петрография кристаллических пород с основами кристаллооптики: Прогр., метод. указ., контр. вопр. и задания для студентов днев. и заоч. отд-ний спец. 0805 "Гидрогеология и инж. геология" / Сост. Ф.А. Курбацкая; Перм. гос. ун-т. Геол. фак. Каф. минералогии и петрографии — издание: 1992*
4. Сидоренко А.В. *Геология СССР. Том XXX. Северо-Восток СССР. Книга 2. Геологическое описание / А.В. Сидоренко. - Москва: Недра, 1970. - 317 с.*
5. Трусова, И.Ф. *Петрография магматических и метаморфических пород / И.Ф. Трусова, В.И. Чернов. – М.: Недра, 1982. – 194 с.*
6. Швецов М.С. *Петрография осадочных пород – 3-е изд., прераб. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. 412 с.*
7. Шур М.Ю. *Петрография. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 99 с.*

УДК 553.4+549.27

## МИНЕРАЛЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В РУДАХ ТАЛНАХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)

*Астафьев Сергей Валерьевич*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
магистрант 1 курса, г. Томск  
e-mail: sergeyastafeev@mail.ru*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Зырянова Луиза Алексеевна*

**Аннотация:** В работе приведены черты геологического строения и состав руд Талнахского месторождения. Приведены результаты минераграфического исследования сульфидных медно-никелевых руд (вкрапленные халькозин-борнитовые и сплошные пентландит-халькопирит-пирротиновые) Талнахского месторождения. В изучаемых природных разновидностях руд установлено наличие минералов элементов платиновой группы, проведен расчет их кристаллохимических формул.

**Ключевые слова:** медно-никелевые руды, минералы группы платины, Талнахское месторождение, Норильский рудный район.

## MINERALS OF THE ELEMENTS OF THE PLATINUM GROUP IN THE ORES OF THE TALNAKH DEPOSIT (NORILSK ORE DISTRICT)

*Sergey Astafev*

*National Research Tomsk State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Tomsk,  
e-mail: sergeyastafeev@mail.ru*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Louise Zyryanova*

**Abstract:** The paper considers the features of the geological structure and composition of the ores of the Talnakh deposit. The results of mineralogical studies of copper-nickel sulfide ores (interspersed chalcocine-bornite and solid pentlandite-chalcopyrite-pyrrhotite) of the Talnakh deposit are presented. In the studied natural varieties of ores, the presence of minerals of elements of the platinum group was established, their crystal-chemical formulas were calculated.

**Keywords:** copper-nickel ores, platinum group minerals, Talnakh deposit, Norilsk ore district.

Предметом исследования являются вкрапленные халькозин-борнитовые и сплошные пентландит-халькопирит-пирротиновые руды Талнахского месторождения.

В настоящее время существует достаточно работ, посвященных изучению минералов элементов платиновой группы (МППГ) в рудах Талнахского месторождения [Рябов, Шевко, Гора 2001; Додин 2002; Налдретт 2003; Спиридонов, Кулагов, Серова и др. 2015].

Основной задачей настоящей работы является исследование МППГ обозначенных разновидностей руд Талнахского месторождения. Работа базируется на результатах минераграфических исследований руд (микроскоп Leica DM750P с фотоприставкой Leica MC120 HD) и рентгеноспектрального микрозондового анализа (РСМА) на базе электронного микроскопа VEGAII LMU. Анализы выполнены в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета. Аналитик Бестемьянова К.В. Количество анализов 138.

Талнахский рудный узел приурочен к пересечению субмеридиональным Норильско-Хараелахским разломом центриклинали Хараелахской мульды. Интрузивные образования рудного узла представлены силлами и пологосекущими телами титан-авгитовых оливиновых и оливинсодержащих долеритов и габбро-долеритов. Основными промышленными объектами Талнахского рудного узла являются Талнахское и Октябрьское уникальные месторождения сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд.

Месторождения связаны с Талнахским рудоносным интрузивом, который состоит из ряда отдельных ветвей, расходящихся от предполагаемого подводящего канала. Талнахское месторождение приурочено к интрузивным ветвям так называемого верхнего рудного этажа, залегающим в терригенных угленосных породах пермо-карбонового возраста (тунгусская серия) [Рябов, Шевко, Гора 2001].

Среди руд месторождений Норильской группы по структурно-текстурным признакам выделяют три типа: вкрапленные в материнских породах, сплошные сульфидные руды в приподошвенной части интрузива, вкрапленно-прожилковые в породах экзоконтакта. Основная масса сульфидных медно-никелевых руд локализуется в области нижнего эндо- и экзоконтакта никеленосных массивов, отдельные тела вкрапленных и сплошных руд отмечаются в кровле интрузива [Додин 2002].

Описываемые руды относятся к одному природному типу, а именно к сульфидным медно-никелевым рудам. По структурно-текстурным признакам они разделяются на две природные разновидности: сплошные (содержание сульфидов >70%) и вкрапленные (содержание сульфидов <50%), для которых в свою очередь с учетом минерального состава выделяют природные разновидности. Предметом внимания стали халькозин-борнитовые и пентландит-халькопирит-пирротинные природные разновидности руд.

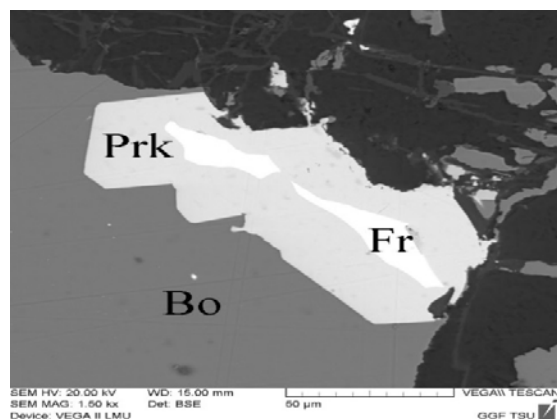
В составе руд преобладают сульфиды меди и никеля: пентландит, и халькопирит, широко развит кубанит. Постоянными минералами руд являются также пирротин, магнетит. В изученных рудах присутствуют галенит, миллерит, паркерит, платиноиды и другие.

Минеральный состав и структурно-текстурные характеристики исследуемых руд выполнены согласно соответствующим определителям и генетической классификации структур и текстур руд [Исаенко, Борщинская, Афанасьева, 1986; Афанасьева, Исаенко, 1988].

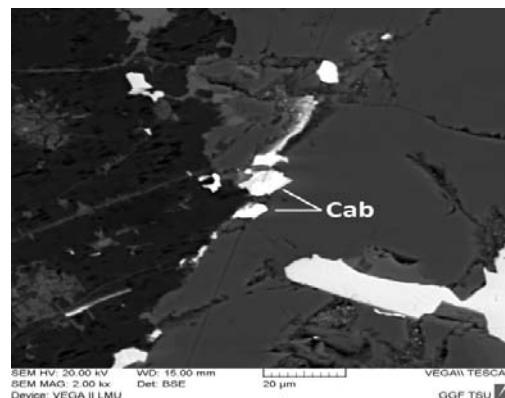
Минеральный состав вкрапленной халькозин-борнитовой руды определяется следующей ассоциацией рудных минералов: борнит (30-40%), халькозин (30-40%), миллерит (5-10%), галенит (5-10%) при их суммарном содержании в руде <50%. Структура рудного агрегата аллотриоморфнозернистая. Наблюдается мирмекитовая микроструктура срастания борнита и халькозина.

Минеральный состав сплошной пентландит-халькопирит-пирротинной руды представлен пентландитом (40-45%), халькопиритом (30-35%), пирротинном (15-20%), магнетитом (5-10%) и др. при сумме сульфидов >70%. Текстура руды массивная (сплошная). Микроструктура агрегатов халькопирита и пирротина аллотриоморфная. В сульфидных агрегатах с магнетитом гипидиоморфнозернистая микроструктура. Установлены пламенивидные микроструктуры распада твердого раствора пентландита в пирротине.

Минеральный состав руд был подтвержден результатами рентгеноспектрального микроанализа. По результатам РСМА в изучаемых рудах установлены редкие минералы и минералы платиновой группы. Рассчитанные для них кристаллохимические формулы близки к теоретическим: **фрудит**  $Pd_{1.0}Bi_{2.01}$  (сингония моноклинная) и **паркерит**  $Ni_{2.74}(Bi_{1.80}Pb_{0.175})_{1.974}S_2$  (сингония ромбическая), **кабриит**  $(Pd_{2.10}Fe_{0.06})_{2.16}Sn_{0.99}Cu_{1.00}$  (сингония ромбическая) (рис. 1), **поликсен**  $(Pt_{0.62}Fe_{0.26}Ni_{0.07}As_{0.03}Cu_{0.02})_{1.00}$  (рис. 2)



а)



б)

Рис. 1. Вкрапленная халькозин-борнитовая руда. Фрудит (Fr) и идиоморфные кристаллы паркерита (Prk) в борните (Bo) (а); зерна кабриита (Cab) (б), (изображение в отраженных электронах)

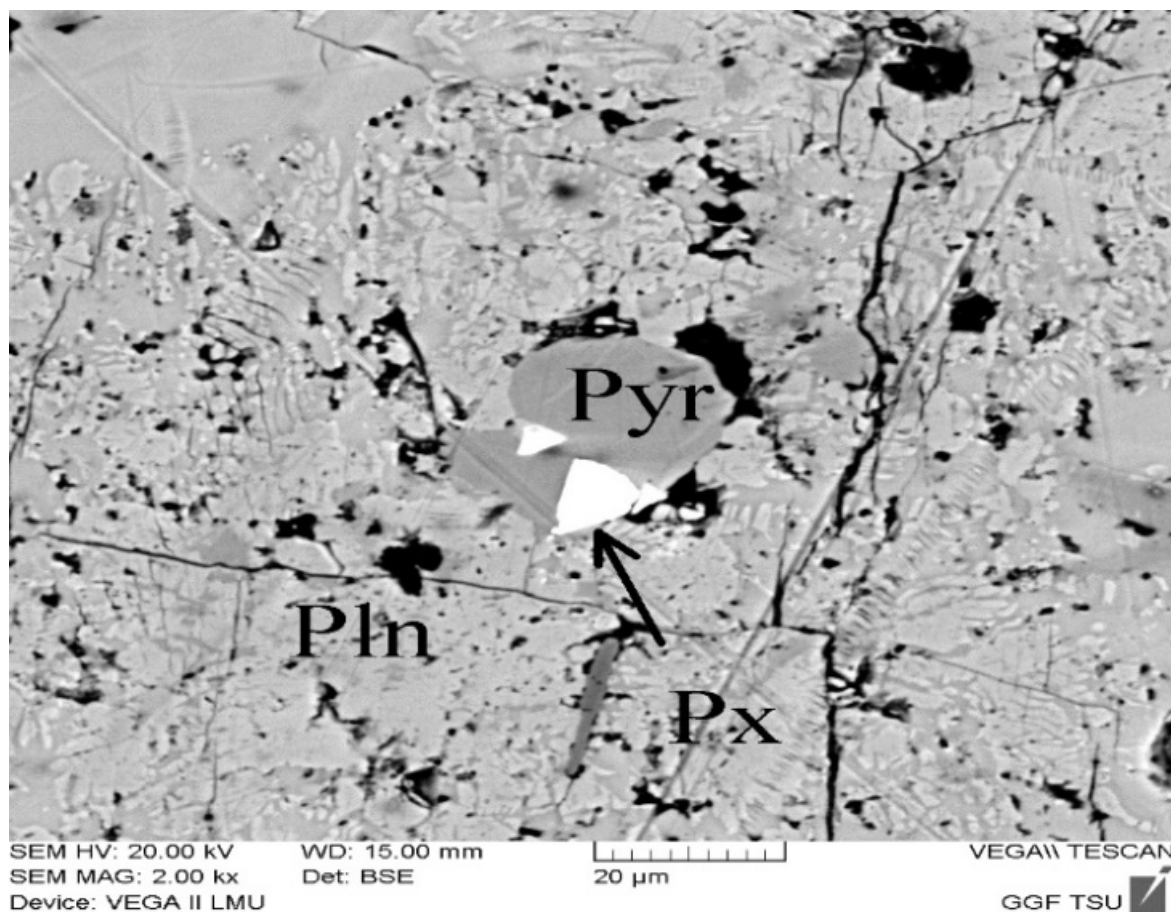


Рис. 2. Сплошная пентландит-халькопирит-пирротиновая руда. Зерно поликсена (Px) в сростании с пирротинном (Pyr) в пентландите (Pln) (изображение в отраженных электронах)

Пространственно-временные взаимоотношения паркерита и фрудита позволяют считать фрудит более ранним относительно паркерита.

Таким образом, вкрапленная халькозин-борнитовая руда содержит палладиевую минерализацию, представленную фрудитом и кабриитом, в то время как сплошная пентландит-халькопирит-пирротиновая руда - платиновую, представленную поликсомом.

#### Литература

1. Афанасьева Е. Л., Исаенко М. П. Технологическая минераграфия. – М.: Недра, 1988. 226 с., с ил.
2. Додин Д. А. Металлогения Таймыро-Норильского региона (север Центральной Сибири). – Спб.: Наука, 2002. – 822 с.
3. Исаенко М. П., Боришанская С.С., Афанасьева Е.Л. Определитель главных минералов руд в отраженном свете. Учеб. Пособие для вузов. 2- е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. 382 с., с ил.
4. Налдретт А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометальных руд. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2003, 487 с.
5. Рябов В.В., Шевко А.Я., Гора М.П. Магматические образования Норильского района, - Новосибирск, Нонпарель, 2001. - 405 с.
6. Спиридонов Э. М., Э. А. Кулагов, А. А. Серова и др. Генетическая минералогии Pd, Pt, Au, Ag, Rh в норильских сульфидных рудах // Геология рудных месторождений. - 2015. - Т. 57, № 5. - С. 447–476.

УДК 553

## МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДОЛЕРИТОВ БАСЕЙНОВ РЕК ВИЛЮЙ И МОРКОКА

*Унхеева Татьяна Васильевна*

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, студент 4 курса,  
г. Иркутск*

*e-mail: tanyaunkheeva@mail.ru*

**Научные руководители:** *к.г.-м.н., доцент, Иванова Раиса Николаевна,  
старший преподаватель Яхно Марина Владиславовна*

**Аннотация.** Минералого-петрографическое изучение шлифов и аншлифов показали пород трапповой формации, сопряженных с кимберлитовыми трубками взрыва Республики Саха (Якутия), показало, что они представляют собой интрузивы основного состава – долериты. При минералогическом изучении в образцах были обнаружены рудные минералы, а именно титаномагнетит, магнетит.

Все образцы имеют сходный составом главных минералов, представленных плагиоклазом и пироксеном, но отличаются по набору и степени развития второстепенных и вторичных минералов таких как хлорит и эпидот.

**Ключевые слова:** трапповая формация, долериты, титаномагнетит, магнетит

## MINERAL COMPOSITION AND TEXTURE- STRUCTURAL FEATURES OF DOLERITES THE BASINS OF THE RIVERS VILYUI AND MORKOKA

*Unheavy Tatyana Vasilievna*

*Irkutsk National Research Technical University, 4th year student,  
Irkutsk*

*e-mail: ayur21@mail.ru*

**Research Supervisors :** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Ivanova Raisa Nikolaevna,  
Senior Lecturer Yakhno Marina Vladislavovna*

**Abstract:** The mineralogical and petrographic study of thin sections and polished sections showed rocks of trap formation, paired with kimberlite pipes of the explosion of the Republic of Sakha (Yakutia), showed that they are intrusive compounds of the main composition - dolerites. During mineralogical studies, ore minerals were discovered in the samples, namely titanomagnetite, magnetite. All samples have a similar composition of the main minerals represented by plagioclase and pyroxene, but differ in the set and degree of development of minor and secondary minerals such as chlorite and epidote.

**Keywords:** trap formation, dolerites, titanomagnetite, magnetite

В административном отношении описываемая территории относится к Оленекскому району Якутской АССР. На описываемой территории хорошо развита речная сеть, принадлежащая в основном бассейну р. Моркоки, только и юго-западной части площади листа протекает р. Джелтула (левый приток р. Сян), входящая в бассейн верхнего течения р. Вилюя, а в северо-восточной части берет начало р. Алакит (правый приток р. Оленек).

Река Моркока пересекает район с северо-запада на юго-восток на протяжении 88 км. В пределах площади описываемого района развиты нижнепалеозойские, верхнепалеозойские и четвертичные отложения.

В основании разреза нижнепалеозойских отложений залегают пестроцветные карбонатные породы среднего ордовика, согласно перекрытые пестроцветной толщей долборского яруса верхнего ордовика. На породах долборского яруса согласно залегают отложения нижнего силура, представленные ландоверским и венлокским ярусами, сложенными известняками, органогенными,

доломитизированными известняками, мергелями, аргиллитами. На породах нижнего палеозоя со стратиграфическим несогласием залегают верхнепалеозойские образования, представленные континентальными, частично вулканогенными отложениями нижней перми.

Четвертичные отложения представлены верхним современным отделами и относятся к следующим генетическим типам: аллювиальные, аллювиально-делювиальные и болотные отложения речных долин, а также элювиальные и элювиально-делювиальные образования, покрывающие тонким плащом водораздельные пространства и склоны долин.

Изучаемая территория расположена в восточной части Тунгусской синеклизы. Тектоническое положение района определило основные черты его геологического строения.

Породы, слагающие исследованную территорию, моноклинально падают на юго-запад к центральной части Тунгусской синеклизы.

В пределах площади развиты мелкие брахискладки и складки диапирового типа, образование последних, связано с неравномерными вертикальными перемещениями блоков. Они приурочены в большинстве случаев к податливым горизонтам гипсов и аргиллитов верхнего ордовика.

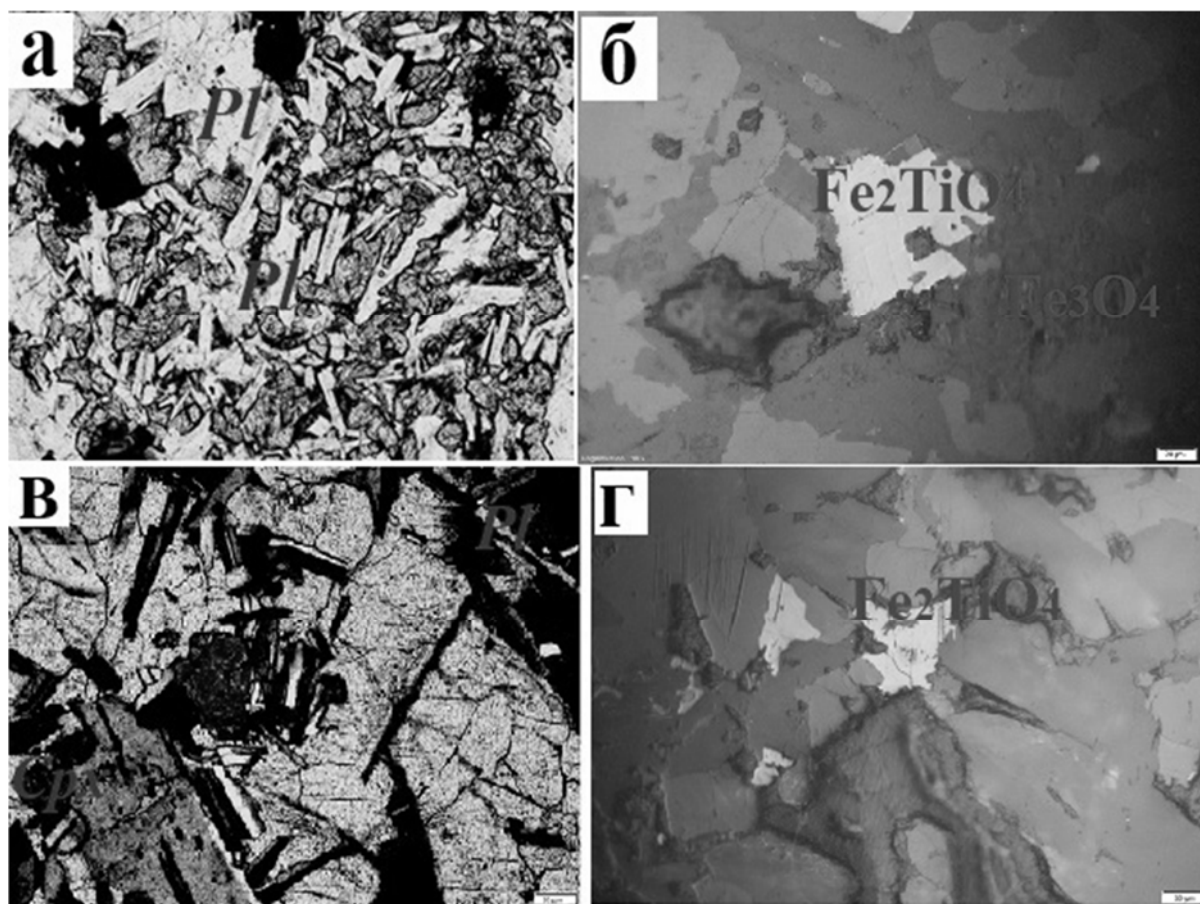


Рис. Петрография долеритов бассейна района рек Вилюй и Моркока:

а – долерит: Pl – плагиоклаз, срх – клинопироксен. Прозрачный шлиф, николи II; б – рудный минерал титаномagnetит со структурой распада твердых растворов. Полированный шлиф, николи X; в – долерит: Pl – плагиоклаз, срх – клинопироксен, ol – оливин. Прозрачный шлиф, николи X; г – рудный минерал титаномagnetит аллотриоморфнозернистой структуры отложения. Полированный шлиф, николи X.

Наиболее крупной структурой подобного типа является диапировая складка, расположенная на левом берегу р. Моркови в 3 км ниже устья р. Дэлингдэ. В ядре складки с поперечником около 700 м обнажаются сильно перемятые аргиллиты, известняки и гипсы с фауной верхнего ордовика.

Складки в большинстве случаев ассиметричные, имеют в плане овальные очертания.

На территории отмечается значительное количество тектонических нарушений дизъюнктивного характера и прежде всего линейные разрывы. Эти нарушения располагаются неравномерно и наблюдаются главным образом северо-западной части района, где уничтожены пластовые интрузии. Несколько разломов, не достигающих земной поверхности, но заполненных траппами, обнаружено в пределах широкого развития пластовых интрузий долеритов.



Интрузивные образования представлены основными породами, относящимися к формации сибирских траппов и ультраосновными породами – кимберлитами.

Породы трапповой формации в районе представлены интрузивными разновидностями – долеритами и порфировыми микродолеритами. По форме залегания выделяются пластовые интрузии (силлы), неправильные тела и дайки. Они сложены долеритами, долерит-пегматитами, микродолеритами и долеритовыми порфиритами.

Химический состав долеритов указывает на развитие в районе только недифференцированных разностей пород трапповой формации.

В пределах изученного района нижняя возрастная граница внедрения траппов определяется активным контактом интрузии с пермскими отложениями.

*Для минералого-петрографического изучения в ходе полевых работ было отобрано 5 представительных образцов интрузивных пород, которые могут оказаться долеритами либо базальтами. Породы мелкозернистые, массивной текстуры.*

*Исследования проведены на микроскопе Olympus BX 51 с использованием традиционных методик [1,2,4,5]. Ниже приводятся результаты минералого-петрографического изучения тех образцов, в которых в паре изучался прозрачный шлиф и полированный шлиф (анишлиф).*

В образце **В-349,2** при макроскопическом изучении прозрачного шлифа выявлены плагиоклаз 55%, пироксен 45%, порода мелкозернистая серовато-черного цвета. Текстура массивная. По данным микроскопического описания шлифа в составе главные минералы плагиоклаз, клинопироксен (см. рисунок а). Структура пойкилофитовая, текстура массивная. Второстепенные минералы представлены рудными магнетитом и титаномагнетитом. В породе наблюдаются вторичные изменения, которые выявлены по наличию хлорита.

Плагиоклаз образует удлинённые таблитчатые гипидиоморфнозернистые агрегаты. В шлифе бесцветен. Видны трещины спайности. Плагиоклаз разно ориентированный образует скопления, размер зерен преимущественно от 0,03х0,06 до 0,6х0,3 мм.

Клинопироксен развит в виде зерен с аллотриоморфными очертаниями. Включения плагиоклаза распространены по краевой части пироксена.

Микроскопическое описание аншлифа из данного образца позволило установить титаномагнетит 8,7% как основной рудный минерал (см. рисунок б). Титаномагнетит представлен тонким сростанием магнетита и ильменита. Наблюдаются три вида зерен: гипидиоморфные крупные зерна размером 0,3 мм, удлинённые разно ориентированные вкрапленники титаномагнетита. Средний размер зерен 0,03х 0,1 мм, аллотриоморфные крупные зерна имеют размер до 0,4 мм.

В данном образце титаномагнетит имеет структуру распада твердых растворов. В данном случае ильменит распался в магнетите и как результат происходит замещение по трещинам спайности. Структура группы распадов твердых растворов: решетчатая-пластинчатая, структура отложения: аллотриоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая. Текстура вкрапленная.

В образец **М- 650,3** представлен мелкозернистый долерит серовато-черного цвета, массивной текстуры. Состав: плагиоклаз 40%, пироксен 60%.

Микроскопическое описание долерита также установило главные минералы плагиоклаз и клинопироксен (см. рис. в). Второстепенные представлены оливином и рудными минералами. Вторичные изменения проявлены в развитии эпидота. Структура породы пойкилофитовая, текстура массивная.

Плагиоклаз – образует удлинённые таблитчатые гипидиоморфнозернистые агрегаты. Минерал имеет белые цвета интерференции первого порядка. Плагиоклаз разно ориентированный образует скопления, размер зерен преимущественно от 0,08х0,01 до 0,27х0,13 мм.

Клинопироксен. Развит в виде зерен с аллотриоморфными очертаниями. Размеры зерен до 0,4 мм. Оливин наблюдается в отдельных зернах размером в среднем 0,08 мм.

Микроскопическое описание аншлифа показало наличие титаномагнетита 10,4%. Титаномагнетит. Представлен тонким сростанием магнетита и ильменита. Наблюдаются два вида зерен: гипидиоморфные крупные зерна размером 0,5 мм, удлинённые разно ориентированные вкрапленники титаномагнетита, средний размер зерен 0,03х0,5 мм. В данном образце титаномагнетит аллотриоморфнозернистой структуры отложения.

Структура группы распадов твердых растворов: решетчатая, структуры отложения: аллотриоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая; структуры давления: дробление. Текстура вкрапленная.

Минералогическое изучение шлифов и аншлифов показали, что породы выполняющие траппы, сопряженные с кимберлитовыми трубками взрыва Республики Саха (Якутия), представляют собой

породы основного состава –долериты. При минералогическом изучении в образцах были обнаружены рудные минералы, а именно титаномагнетит.

Все образцы схожи составом главных минералов: плагиоклаз, пироксен. Но различны второстепенные и вторичные минералы.

Так, образцы В-269,2, М-350,3, М-650,3 богаты зернами второстепенного минерала – оливина. А в образцах М-501,3 и В-349,3 зерен оливина не наблюдается.

В образцах В-269,2 и М-350,3 наблюдается замещение главных и второстепенных минералов вторичными.

В образце В-269,2, В-349,2, М-650,3 наблюдается замещение клинопироксена хлоритом, а в образце М-350,3 – клинопироксена хлоритом и биотитом, в образце М-501,3 - оливина эпидотом и биотитом.

В целом, по данным М.И. Кузьмина [3], минералогический состав тяжелой фракции пород трапповой формации характеризуется высоким содержанием пироксена. В редких знаках встречаются эпидот, хлорит и биотит, которые замещает пироксен. Рудные минералы представлены в основном титаномагнетитом и пиритом.

Таким образом, проведенное исследование по петрографическому и минералогическому описанию долеритов, отобранных вдоль рек Моркока и Виллой, говорит о незначительном отличии долеритов друг от друга. Основные их характеристики являются типичными для образований подобного типа данной территории. Наблюдаемые вторичные изменения связаны с особенностью геологического строения района и процессами преобразования интрузивных пород в условиях гипергинеза.

### **Литература**

1. *Вещественный состав руд, их строение и минеральные парагенезисы. Учебное пособие.* – Казань : К(П)ФУ, 2012. – 21 с.
2. *Краткий курс петрографии магматических и метаморфических горных пород : учеб. пособие по геол. специальностям / А. С. Мехоношин, Т. Б. Колотилина.* - Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2006. - 159 с.
3. *Тектоника, геодинамика и металлогения Республики Саха (Якутия) / Под ред. Л.М. Парфенова, М.И. Кузьмина.* – М. : Наука /Интерпериодика, 2001. – 571 с.
4. *Трусова, И.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород / И.Ф. Трусова, В.И. Чернов.* – М. : Недра, 1982. – 194 с.
5. *Шур М.Ю. Петрография. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособие.* – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 99 с.

УДК 549.516.14+903.9

## **ГЕНЕЗИС МАГНИТНЫХ МИКРОСФЕРУЛ В ПЕРМСКИХ ЭВАПОРИТАХ**

**Глухов Михаил Сергеевич**

*Казанский федеральный университет, аспирант 3 года обучения, г. Казань  
e-mail:gluhov.mikhail2015@yandex.ru*

**Низамова Айгуль Васильевна**

*Казанский федеральный университет, магистрант 2 курса, г. Казань  
e-mail:aigulv96@mail.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Сунгатуллин Рафаэль Харисович

**Аннотация:** Проведены дополнительные исследования магнитных микросферул из гипсов Камско-Устьинского и Байматского месторождений (Республика Татарстан) и в солях Верхнекамского месторождения (Пермский край). Диаметр микросферул составляет 5-150 мкм и они обладают дендритовидной и мозаичной текстурной поверхностью. С помощью прецизионных методов (электронная микроскопия с энергодисперсионным спектрометром, рамановская



спектроскопия) изучен химический и минеральный состав микросферул. Объекты всех месторождений представлены магнетитом, а обнаруженные сходства с современными космическими микросферами указывают на их единую космическую природу.

**Ключевые слова:** пермский период, эвапориты, магнетитовые микросферы, дендритовидная текстура, субсферические полости, спектроскопия

## GENESIS OF MAGNETIC MICROSPHERULES FROM PERMIAN EVAPORITES

**Glukhov Mikhail Sergeyevich**

*Kazan (Volga region) Federal University, post-graduate student of 3<sup>rd</sup> year of study, Kazan  
e-mail: gluhov.mikhail2015@yandex.ru*

**Nizamova Aigul Vasilovna**

*Kazan (Volga region) Federal University, Master's Degree Student of 2<sup>nd</sup> year of study, Kazan,  
e-mail: aigulv96@mail.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy Sungatullin R. Kh.

**Abstract:** Additional studies of magnetic microspheres from gypsum of the Kamsko-Ustinsky and baymaksy deposits (Republic of Tatarstan) and in salts of the Verkhnekamsky Deposit (Perm Region) were carried out. The diameter of microspheres is 5-150 microns and they have a dendrite and mosaic texture surface. The chemical and mineral composition of microspheres was studied using precision methods (electron microscopy with an energy-dispersive spectrometer, Raman spectroscopy). Objects of all deposits are represented by magnetite, and the found similarities with modern space microspheres indicate their unified cosmic nature.

**Keywords:** Permian, evaporites, magnetite microspheres, dendritic texture, subspheric cavities, spectroscopy.

Первые находки магнитных микросферул из эвапоритов, связанных с космической (метеорной) пылью, описаны Т. Mutch [11] в конце 60-х годов прошлого столетия. Изученные им микросферы в силурийской каменной соли имели диаметр 5-40 мкм; поверхность микросферул гладкая или грубая «морщинистая» (дендритовая) с зернами разного размера. Автором предложена внеземное (абляционное) происхождение данных микросферул [11]. Похожие микросферы размером 10-50 мкм изучены А. В. Ивановым и Х. П. Флоренским из проб каменной соли Урала раннепермского возраста [4].

К настоящему времени исследования магнитных микросферул приобрели широкомасштабный характер [7, 8, 13], ведь подобные микросферы встречаются не только в эвапоритах и осадочных породах [1, 7], но также в импактитах [2], вулканических [5], магматических и карбонатитовых породах [6], а также в техногенных отложениях [2], что вызывает споры о происхождении данных объектов. Большой интерес к исследованию микросферул связан с изучением космической материи и происхождением Земли, со степенью влияния на климат и биотические события в геологическом прошлом земных и космических процессов [7], с перспективами стратиграфической корреляции разнофациальных толщ [2, 3, 7].

Объектами настоящего сообщения являются магнитные микросферы, извлеченные из гипса Камско-Устьинского и Байматского месторождений (Республика Татарстан, казанский ярус), и микросферы из солей Верхнекамского месторождения (Пермский край, кунгурский ярус).

Ранее проведенные исследования микросферул из гипса [1, 9] позволили установить их размер (5-120 мкм), а также особенности поверхности. Последняя сложена дендритами и полигональными кристаллами решетчатой, перьевидной и мозаичной форм (рис. 1). Изучение внутреннего строения методом рентгеновской томографии показало наличие полостей: больших субсферических нерегулярной сети более мелких. Результаты микрозондовых анализов поверхности микросфер [3, 9] показали, что они состоят из оксидов железа. Микросферы из калийно-магниевых солей Верхнекамского месторождения также исследованы ранее [1]: диаметр их составляет 5-150 мкм, они обладают химическим составом и текстурной поверхностью, аналогичных микросферам из гипса.

Целью настоящей работы является определение источника происхождения магнитных микросферул из пермских эвапоритов по результатам изучения химического и минерального состава поверхности микросферул с помощью прецизионных методов. Фотографирование и

исследования химического состава проводились с применением электронного микроскопа Phillips XL-30, оснащенного энергодисперсионным спектрометром, при ускоряющем напряжении 20 кэВ и рабочем отрезке 8.9–15 мм, глубине зондирования 1.0–1.5 мкм и точности измерения 0.1–1 % (КФУ, аналитик Б. М. Галиуллин). Всего изучено 75 микросферул из гипсов месторождений: 2 - из Камско-Устьинского, 73 - из Байматского. Исследование минерального состава микросферул проводилось на конфокальном рамановском спектрометре inViaQontor (Renishaw), оснащенным микроскопом Leica dm2700m. Спектры возбуждались твердотельным Nd:YAG лазером (532 нм), объектив 50×. Время накопления сигнала составляло 25 с при количестве двух измерений, диапазон спектральных линий - 100-2000 см<sup>-1</sup>. Проводилась калибровка спектральных линий и положение пучка лазера на кремниевом стандарте. Для идентификации минеральных фаз использовалась встроенная библиотека программного обеспечения Renishaw, программа «CrystalSleuth» и база данных RRUFF.INFO (КФУ, аналитик А.В. Низамова). Всего исследовано по 5 микросферул из Камско-Устьинского, Байматского и Верхнекамского месторождений (общее количество 15 микросферул).

С помощью электронной микроскопии обнаружено, что все микросферулы из гипсов сложены дендритовидными или полигональными кристаллами (рис. 1) с типичными текстурами [1, 9]. Среди изученных объектов встречаются микросферулы с субсферичными полостями и дендритами на внутренней стороне корки (рис. 1а, г). Результаты энергодисперсионного спектрометрического анализа показали, что все микросферулы состоят из оксидов железа с примесью никеля (до 2 %) и небольшим содержанием Al, Si, Mn и Ca (табл.).

Анализ рамановских спектров (рис. 2) показал, преимущественно, магнетитовый состав микросферул (рис. 2), на что указывают несимметричные деформационные колебания связи Fe-O ( $T_{2g}$ ) ~298 и 540 см<sup>-1</sup>, симметричным деформационным ( $E_g$ ) и валентным ( $A_{1g}$ ) колебаниям связи Fe-O ~319 и 668 см<sup>-1</sup> согласно [10].

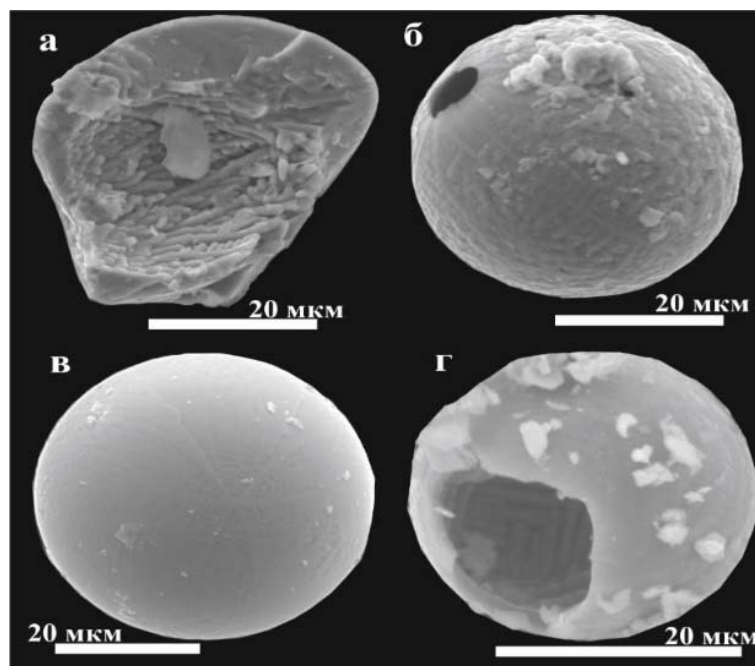


Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки микросферул из месторождений гипса  
а,б – Байматское, в,г – Камско-Устьинское

Химический состав микросферул из гипсов Камско-Устьинского и Байматского месторождений

Образец	Элементы, вес %							
	Fe	O	Al	Si	Ni	Mn	Ca	Сумма
1	66.03	33.97	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	100
2	65.93	30.04	0.56	0.54	2.00	0.59	0.34	100
3	61.10	36.49	0.67	0.64	1.10	не обн.	не обн.	100
4	64.22	33.23	не обн.	0.33	1.32	0.90	не обн.	100

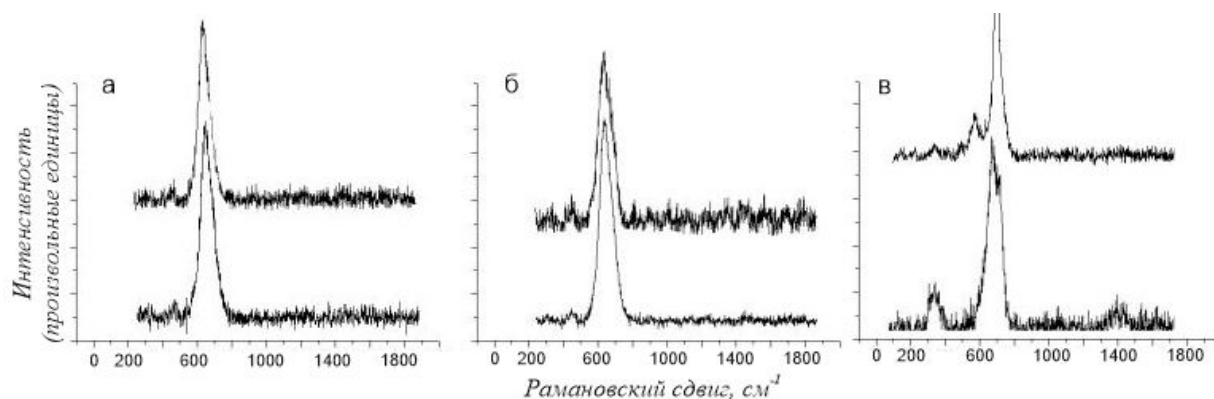


Рис. 2. Рамановские спектры микросферул месторождений  
а – Камско-Устьинское, б – Байматское, в - Верхнекамское

Наличие дендритов в каждой из микросферул указывает на быстрое остывание капель высокотемпературного железосодержащего расплава (более 1350°C), которые под действием силы поверхностного натяжения обретают сферичную форму [13]. Дендриты крестообразной и клеточной морфологии в изученных нами микросферулах аналогичны таковым в космических микросферулах I типа [8,13]. Мелкие полости в микросферулах [9] могут образовываться из-за питтинговой (точечной) коррозии Fe-Ni интерметаллида, с последующим разрушением/исчезновением внутреннего железоникелевого ядра [12, 13] и формированием субсферической полости (рис. 1а, г). Коррозия происходит в течение длительного времени пребывания микросферул в застойной морской воде (например, в эвапоритовом бассейне), т. к. железоникелевые соединения и вюстит здесь неустойчивы [12, 13]. Необходимо отметить, что минеральный и химический состав микросферул пермских эвапоритов несколько отличается от состава современных микрометеоритов I типа [8, 13] отсутствием минеральной фазы Ni-вюстита или Fe-Ni-интерметаллида в ядре сферул, хотя Ni присутствует на поверхности пермских микросферул.

Таким образом, полученные результаты с применением прецизионных методов указывают на космогенное происхождение магнетитовых микросферул в пермских эвапоритах за счет абляции метеороидов и быстром охлаждении железоникелевых капель в земной атмосфере. Дальнейшие продолжительные изменения микросферул в морском бассейне привели к образованию внутренних полостей за счет выноса Fe и Ni.

### Литература

1. Глухов М.С. Магнитные микросферулы в пермских эвапоритах // *Геология в развивающемся мире [Электронный ресурс]: сб. науч. трудов (по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых) / отв. ред. Ю. А. Башурова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электрон. дан. – Пермь, 2019а. С. 69 - 71.*
2. Глухов М.С. Морфология и внутреннее строение природных и техногенных железооксидных микросфер // *Известия УГГУ. 2019б. Вып. 1 (53). С. 60-66.*
3. Глухов М.С., Сунгатуллин Р.Х., Кадыров Р.И. Магнитные микросферулы и их значение для корреляции эвапоритовых толщ // *Осадочные планетарные системы позднего палеозоя: стратиграфия, геохронология, углеводородные ресурсы [Электронный ресурс]: сборник тезисов Международной стратиграфической конференции Головкинского 2019. – Казань: Изд-во Каз. Ун-та, 2019. С. 104-105.*
4. Иванов А.В., Флоренский К.П. Космические шарики в нижнепермских соляных отложениях // *Геохимия. 1968. № 4. С. 483—485.*
5. Иванова Г.М., Львов Ю.А., Васильев Н.В., Антонов И.В. Выпадение космического вещества на поверхность Земли. Томск: Изд. Томского ун-та, 1975. 120 с.
6. Кориневский В.Г., Кориневский Е.В., Блинов И.А., Котляров В.А. Металлические микросферулы в карбонатах Южного Урала. // *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2018. №10. С. 39-46.*
7. Корчагин О.А. Ископаемые микрометеориты, микротектиты и микрокриститы: методика исследований, классификация и импакт-стратиграфическая шкала. В кн. *Стратиграфия в начале XXI века - тенденции и новые идеи. Очерки по региональной геологии России. М: Геолкарт-ГЕОС. 2013. Вып.6. С. 112-142.*

8. Genge M., Engrand C., Gounelle M., Taylor S. The classification of micrometeorites // *Meteoritics & Planetary Science*, 2008. Vol. 43. № 3. P. 497–515.
9. Kadyrov R., Glukhov M., Statsenko E., Galiullin B. Enigma of Ferruginous Inclusions in Evaporites. // *Proceedings of the 1st Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG), Tunisia (2018). Petrogenesis and Exploration of the Earth's Interior. Advances In Science, Technology & Innovation*, 2019. P. 97-99.
10. Legodi, M. A., & de Waal, D. The preparation of magnetite, goethite, hematite and maghemite of pigment quality from mill scale iron waste // *Dyes and Pigments*. 2007. V. 74(1). P. 161–168.
11. Mutch T.A. Extraterrestrial particles in paleozoic salts // *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1964. P. 166-185.
12. Schumacher M.M. Seawater Corrosion // *Handbook*, 1979. P. 367-387
13. Suttle M.D., Genge M.J. Diagenetically altered fossil micrometeorites suggest cosmic dust is common the geological record // *Earth and Planetary Science Letters*. 2017. Vol. 476. P. 132–142.

УДК 552.141

## НАЛОЖЕННЫЙ ЭПИГЕНЕЗ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ СВЕРХВЯЗКИХ НЕФТЕЙ В КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ САКМАРСКОГО ЯРУСА

**Хазиев Радмир Римович**

научный сотрудник лаборатории геологического и  
экологического моделирования ИПЭН АН РТ г. Казань  
e-mail: radmir361@mail.ru

**Андреева Евгения Евгеньевна**

старший научный сотрудник лаборатории геологического  
и экологического моделирования ИПЭН АН РТ г. Казань

**Анисимова Лилия Закувановна**

научный сотрудник лаборатории геологического  
и экологического моделирования ИПЭН АН РТ г. Казань

**Научный руководитель:** д.г.-м.н. заведующий лабораторией геологического  
и экологического моделирования ИПЭН АН РТ Успенский Борис Вадимович

**Аннотация:** В настоящей работе изучены данные электронной микроскопии кернового материала скважины, вскрывшей отложения сакмарского возраста на территории юго-востока Республики Татарстан. Изучив структуру пустотного пространства методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) выявлены вторичные изменения, формирующие пустоты – выщелачивание карбонатов и последующая вторичная доломитизация известняков.

**Ключевые слова:** сверхвязкие нефти (СВН), карбонатный коллектор, наложенный эпигенез, нефтяной пласт, южно-татарский свод (ЮТС), выщелачивание, электронная микроскопия

## SUPERIMPOSED EPIGENESIS AS A FACTOR OF FORMATION OF RESERVOIR ROCKS OF ULTRA-VISCOUS OILS IN CARBONATE DEPOSITS OF THE SAKMAR STAGE OF THE RT

**Khaziev Radmir Rimovich**

researcher of the laboratory of geological  
and environmental modelling of IPEN AN RT, Kazan  
e-mail: radmir361@mail.ru

**Andreeva Evgeniya Yevgenyevna**

*senior researcher of the laboratory of geological research  
and environmental modelling of OPEN as RT, Kazan  
Anisimova, Liliya Zakuvanovna  
research associate of the laboratory of geological  
and environmental modelling of OPEN as RT, Kazan*

**Scientific supervisor:** *Doctor of Geology and Mineralogy, headmaster of laboratory geological and  
environmental modeling IPEN AN RT Uspensky Boris Vadimovich*

**Abstract:** In this paper, authors studied electronic microscopy data of the core material of a well that uncovered deposits of the sakmarian age in the territory of the South-East of the Tatarstan Republic. After studying the structure of the hole space by scanning electronic microscopy (SEM), epigenetic changes that form hole space were identified – leaching of carbonates and subsequent epigenetic dolomitization of limestones.

**Keywords:** extra-viscous oil (SVN), carbonate reservoir, superimposed epigenesis, oil reservoir, South Tatar arch (STA), leaching, electron microscopy

На фоне истощения запасов традиционных нефтей из отложений девонской и каменноугольной системы, в Татарстане наиболее остро стоит вопрос о приращении запасов углеводородов за счет открытия новых месторождений с запасами сверхвязких нефтей (СВН). Основными продуктивными горизонтами, где сосредоточены все числящиеся на Госбалансе запасы СВН – отложения уфимского и казанского ярусов, повсеместно развитых на территории Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины [3].

Однако на территории Татарстана выявлены залежи тяжелых и сверхвязких нефтей в карбонатных отложениях сакмарского яруса в пределах юго-востока Татарстана (рис.1).

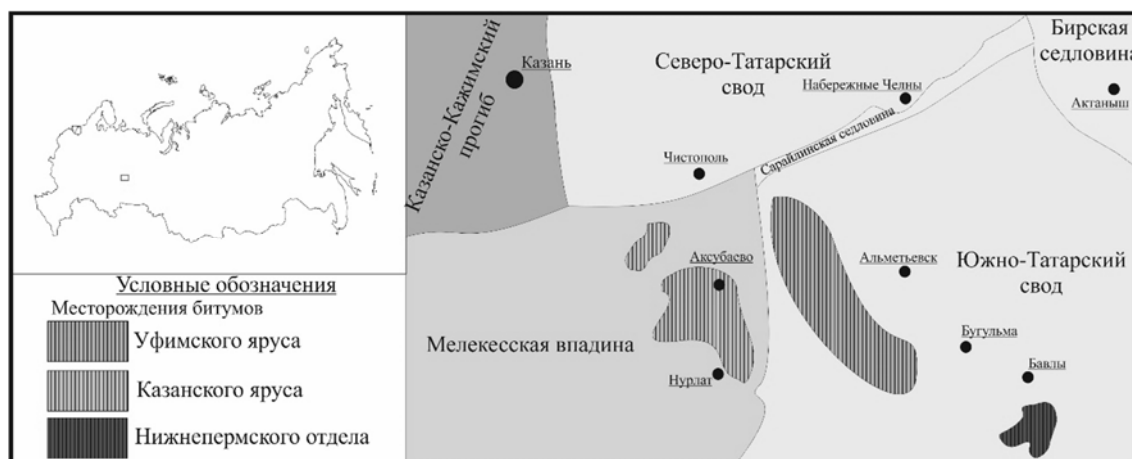


Рис. 1 Карта месторождений СВН в Татарстане. [3]

Как показывает опыт работы, выработка запасов СВН сосредоточенные в карбонатных коллекторах вызывают большие сложности в плане добычи. Основные причины: неоднородность в распределении пустотного пространства в матрице породы-коллектора; что в свою очередь вызывает трудности в выявлении высокопористых и проницаемых зон для бурения новых скважин или бурения боковых стволов скважин для применения технологии SAGD [3].

Как упоминается в [2], в процессе наложенного эпигенеза в карбонатах возможно образование вторичного пустотного пространства в ходе миграции пластовых вод, и, как следствие, выщелачивание карбонатов [2]. В случае наличия ионов марганца параллельно с процессом растворения известняков идет процесс метасоматической доломитизации, что в свою очередь приводит к увеличению объема пор в плотных известняках за счет изменения архитектуры пустотного пространства. Вторичная доломитизация всегда сопровождается трещинообразованием, которое может обеспечить высокую проницаемость пород. Чем новее трещины, тем они шире и тем выше их проницаемость.

Объектом в данной работе послужили данные исследования керна, отобранного из скважины, вскрывшей отложения сакмарского возраста на территории изучаемого района. В тектоническом отношении изучаемая территория приурочена к юго-восточному склону ЮТС. В структурном

отношении скважина находится в пределах Южно-Долинского поднятия Тлячи-Тамакской разведочной площади.

По данным описания кернового материала карбонаты сакмарского возраста представлены пелитоморфными известняками, местами трещиноватыми и кавернозными с прослоями зеленовато-серых глин. При рассмотрении образцов керна методом электронной микроскопии установлено, что в матрице породы выделяются участки размером 350-500 мкм, где идет процесс выщелачивания породы пластовыми водами и образованием эпигенетического доломита на стенках матрицы (рис.2-3)

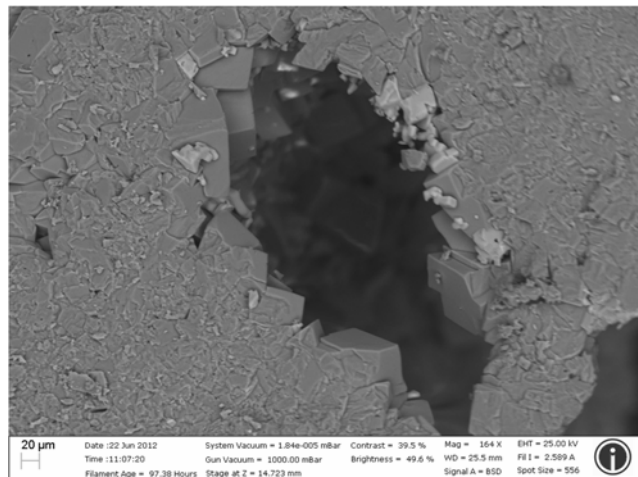


Рис. 2. Электронная микроскопия образца керна. На фотографии видны вторичные пустоты и кристаллы доломита в матрице известняка.

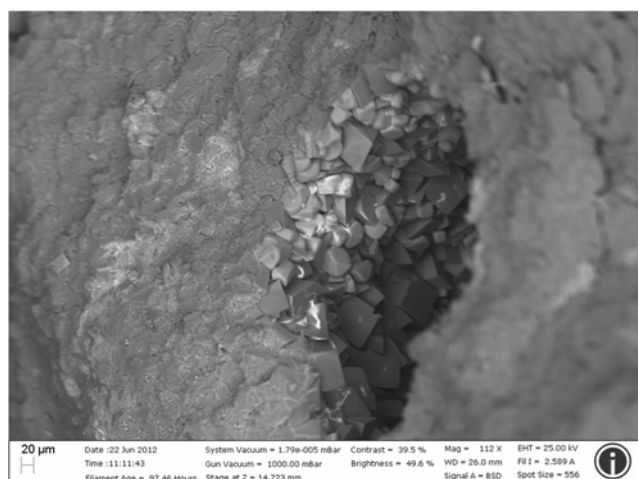


Рис. 3. Электронная микроскопия образца керна. На фотографии видны вторичные пустоты и кристаллы доломита в матрице известняка.

Как видно на рисунках выше размеры пор составляют от 350 до 500 мкм в ширине, что определяет их как капиллярные и сверхкапиллярные. Согласно литературным данным [1] в порах с такой размерностью возможно свободное движение флюидов при наличии дополнительного пластового давления. при высокой интенсивности процесса доломитизации идет формирование карбонатного коллектора, что обеспечивает в будущем перспективы освоения сакмарских отложений на территории юго-востока Республики Татарстан.

### *Литература*

1. Гиматулин Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта // – М.: Недра, 1982. – 310 с.
2. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – М.: Недра, 1989. – 260 с.
3. Хазиев Р.Р., Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Анисимова Л.З., Вафин Р.Ф., Салахова М.Ф. Оценка возможности применения технологии SAGD на месторождении СВН Республики Татарстан // Экспозиция нефть газ. – 2018. – №2(62). – С.28-32

УДК 552.5.08

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРМСКИХ РИТМИТОВ АКСАУТСКОЙ СВИТЫ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ, КЧР)

*Иванова Анастасия Сергеевна*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.*

*Платова, студентка 4 курса, г. Новочеркасск*

*drowlife@mail.ru*

**Научный руководитель:** к. г.-м. н., доцент, *Исаев Владимир Сергеевич*

**Аннотация:** работа посвящена изучению пермских ритмитов аксаутской свиты и выявлению условий их образования.

**Ключевые слова:** пермские отложения, красноцветы, ритмиты.

## GENETIC FEATURES OF PERMIAN RHYTHMITES OF THE AKSAUT FORMATION (NORTH CAUCASUS, KCR)

*Anastasia Ivanova*

*South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov,*

*4st year Student, Novocherkassk*

*drowlife@mail.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Vladimir Isaev*

**Annotation:** the work is devoted to the study of the red-colored rhythmities of the Aksaut formation and the identification of their formation conditions.

**Keywords:** Permian deposits, red-colored rocks, molasses.

Пермские отложения на Северном Кавказе представлены двумя толщами – нижнепермской красноцветной молассой, и верхнепермской трансгрессивной серией, отложившейся при сравнительно малой амплитуде движения земной коры.

Наиболее широко нижнепермские отложения распространены в бассейнах рек Большая Лаба и Уруп, формируя крупнейший на Северном Кавказе Лабино-Урупский массив. Южная его часть, расположенная в верховьях р. Уруп и истоках Малого Урупа и Чилика, представляет собой дислоцированную продуктивную толщу среднего карбона, несогласно перекрытую преимущественно серыми кварцевыми конгломератами и песчаниками. Непосредственно на этих отложениях залегает аксаутская свита нижней перми. Она сложена красно-бурыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами, содержащими прослой пород серого и зеленовато-серого цвета и редкие тонкие слои доломитизированных известняков и железистых доломитов. Залегание пород согласное, без перерывов в осадконакоплении [1].

Аксаутская свита разделяется на три подсвиты. Нижняя и верхняя красноцветные, а средняя пестроцветная. Мощность аксаутской свиты в целом изменяется от 730 м на западе массива до 1260 м в его центральной части, достигая 1110 м на востоке (р. Бульварка) [1].

Снежко В.А. и Греков И.И. [3] вышележащую часть красноцветной молассы подразделяют на два разреза – восточный и западный. Восточный тип разреза наиболее полно развит в Аксаутской впадине. Помимо перечисленных выше пород, принадлежащих к аксаутской свите, ими также выделяются тела вулканитов, объединяемых в киньрадскую свиту. Её характерная особенность – наличие вулканогенных пород среднего состава, туфолав, туфобрекчий и других образований, которые западнее Зеленчукской впадины практически отсутствуют, за исключением небольших выходов в бассейне р. Уруп. Выше с разрывом на них залегает гималдыкская свита, по большей части представленная пестроцветными конгломератами, а в нижней части и песчано-алевролитовыми отложениями с присутствием грубообломочных пород и аргиллитов. Эпчикская свита, перекрывающая гималдыкскую, сложена конгломератами, песчаниками и алевролитами. Она характеризуется тем, что обломочный материал в составе конгломератов этой свиты представлен галькой красноцветов перми, в то время как в подстилающих толщах значительным развитием пользуются обломки среднепалеозойских пород. Завершает разрез толщи Аксаутской впадины

гидамотарской свитой. Она залегает согласно на нижележащих отложениях и представлена ритмообразным переслаиванием пестроцветных песчаников, алевролитов и аргиллитов.

Во время учебной геологической практики в Карачаево-Черкесской Республике нами в разрезе аксаутской свиты, примерно в среднем течении балки Осиновой, обнаружена пачка пород мощностью около 10-12 м, сложенная различного масштаба ритмитами необычного состава. Ритмичность, наблюдаемая в этой пачке, обусловлена чередованием кластогенного остроугольной формы материала гравийной фракции без следов окатанности с отчётливо выраженной градационной слоистостью, с мелкообломочной псаммитовой и реже алевроитовой. Граница между ритмитами чёткая и резкая и проводится в основании каждого грубообломочного слоя. Макроскопически породы красновато-бурые, однако слойки грубообломочной структуры имеют светло-бурую окраску.

В верхней части образца, представленного на рисунке (рис.1), отчётливо наблюдаются не окатанные светлые обломки различного размера, представленные литокластами вулканогенного происхождения. Также видны знаки ряби, указывающие на то, что формирование породы происходило в водной среде, на незначительном удалении от берега.

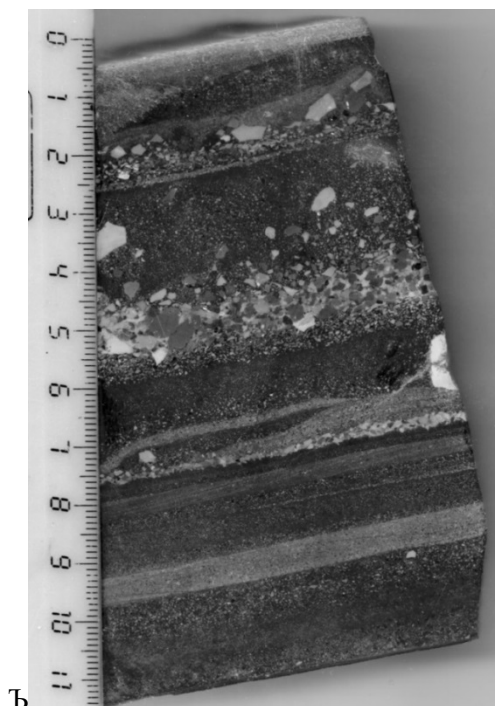


Рис. 1. Штуф пермского красноцветного ритмита с примесью пирокластической составляющей.

Рассматриваемая пачка ритмитов представляет собой уникальное образование для пермских отложений Северного Кавказа, вследствие присутствия в их составе пирокластики. Установленная в них определённая циклическая последовательность имеет большое значение для решения стратиграфических вопросов, расчленения и корреляции разрезов аксаутской свиты. С теоретической точки зрения, рассмотренные ритмиты имеют большое значение для реконструкции палеогеографической обстановки в раннепермское время. Кроме этого, познание особенностей циклической седиментации в данных образованиях будет способствовать расшифровке и вулканической активности в это время [2].

#### **Литература**

1. Андрущук В.Л., Дубинский А.Я., Хаин В.Е. // Геология СССР. Том 9. Северный Кавказ. Часть 1. Геологическое описание – Москва: Изд-во Недр, 1968. – 760 с.
2. Ботвинкина Л.Н., Алексеев В.П. Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения - Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. – 334 с.
3. Снежко В. А., Греков И. И. Строение пермской красноцветной молассы Передового хребта Северного Кавказа // Геология и минерально-сырьевая база Северного Кавказа – Есентуки, 2000.



## ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ МЕТАСОМАТИТОВ ОЛЕКМИНСКОГО ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО КОМПЛЕКСА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ)

**Трумм Тамара Вадимовна**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
магистрант 1 курса, г. Томск  
e-mail: blind5518@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Бухарова Оксана Владимировна

**Аннотация:** Проведено микроскопическое изучение метасоматитов южной части Угуйского грабена в пределах западной части Алданского щита, макроскопически похожих на гранитоиды чародоканского комплекса. Дана минералогическая-петрографическая характеристика и типизация метасоматитов, сформированных в результате переработки плагиогнейсов, амфиболитов олёкминского метаморфического комплекса и бластомилонитов.

**Ключевые слова:** Алданский щит, Якутия, Угуйский грабен, олёкминский метаморфический комплекс, калишпатизация, карбонатизация.

## PETROGRAPHIC TYPIFICATION OF METASOMATITES OF THE OLEKMA GRANITE-GREENSTONE COMPLEX (ALDAN SHIELD)

**Tamara Trumm,**

*National Research Tomsk State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Tomsk,  
e-mail: blind5518@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Oksana Bukharova

**Abstract:** Microscopic study of metasomatites of the southern part of the Ugui Graben within the Western part of the Aldan shield, macroscopically similar to the granitoids of the charodokan complex. Given the mineralogical-petrographic characterization and classification of metasomatites formed by processing plagiogneiss, amphibolite of the olekma metamorphic complex and blastomylonites.

**Keywords:** Aldan shield, Yakutia, Ugui graben, olekma metamorphic complex, K-feldsparization, carbonization.

Объект исследования расположен в пределах юго-западной части Угуйского грабена, расположенного на западе Алданского щита. В геологическом строении территории выделяются образования нижнего архея, представленные плагиогнейсами и амфиболитами олекминского метаморфического комплекса, а также нижнепротерозойские дислоцированные осадочно-вулканогенные толщи, выполняющие грабен. Среди магматических образований территории выделяют архейские гранито-гнейсы и граниты чародоканского комплекса, рифейские дайки долеритов и лампрофиров сиваглинского комплекса, а также силлы и дайками мезозойских щелочных сиенитов лебединского комплекса [Кукушкин, Терехов и др., 2018].

Исследуемые метасоматиты имеют светло-розовую, желтовато-розовую окраску, полнокристаллическую, крупно-, реже пегматоидную структуры и массивную текстуру. По минеральному составу породы сложены существенно полевыми шпатами и кварцем с подчиненным количеством темноцветных минералов. Все это придает им внешнюю схожесть с гранитоидами чародоканского комплекса. Однако, в них фрагментарно отмечается реликтовая гнейсовидная, гнейсовидно-полосчатая и очковая текстуры метаморфических образований.

При микроскопическом описании было выделено два типа метасоматитов.

Для первого типа метасоматитов характерно наличие калиевого полевого шпат (микроклин, ортоклаз) — 50-60 %, кварца — до 20-30 %, мусковита — до 15 %. В качестве второстепенных минералов выступают плагиоклаз, роговая обманка, биотит, содержание которых варьирует в пределах 10-15 %. Акцессорные минералы представлены цирконом, монацитом, апатитом,

турмалином. Рудные минералы - в основном пиритом, магнетитом, ильменитом. Второго типа сложен минералами доломит-анкеритового ряда, сидеритом, брейнеритом — 20-25 %, калиевым полевым шпатом (микроклин, ортоклаз) — 40-50 %, кварцем — до 15 %. Роль второстепенных минералов также принадлежит плагиоклазу и темноцветным минералам. В состав акцессорных минералов входят циркон, монацит, апатит, флюорит и барит. Преобладающий рудный минерал пирит, реже наблюдаем халькопирит, сфалерит, магнетит, ильменит, рутил.

Микроструктурной особенностью первого типа является сочетание порфирокластов и порфиروبластов калиевого полевого шпата, погруженных в гранобластовую матрицу породы. *Калиевый полевой шпат* представлен зернами четырех морфологических типов. Зерна первого типа — порфирокласты с комбинацией ленточных пертитов и решетчатых двойников имеют сглаженные полигональные контуры. Второй тип — изометричные порфиروبласты с неровными извилистыми границами зерен размером до 1 мм. Для них характерно наличие веретеновидных пертитов. Третий морфологический тип присутствует в мелкозернистом агрегате породы. Это гранобластовые зерна с решетчатыми двойниками. Четвертый тип — тонкозернистые индивиды размером до 0,2 мм, обрамляющие зерна второго морфологического типа, часто образуют совместные агрегаты с кварцем. В состав основной ткани, помимо зерен КППШ, входит *кварц*, который, главным образом, участвует в формировании линзовидно-слоистого рисунка породы. Он образует агрегаты шириной до 2-3 мм, субсогласно ориентированные к метаморфической полосчатости. Зерна кварца изометричные размером от 0,1 до 0,5 мм с извилистыми контурами и волнистым погасанием. *Мусковит* представлен его тонкочешуйчатой разновидностью — серицитом, который замещает плагиоклаз по контуру и вдоль двойниковых швов. *Плагиоклаз* присутствует в нескольких генерациях. Первая генерация — эллипсоидальные порфирокласты, диагностируемые по реликтам полисинтетических двойников, серицитизированные, местами пелитизированные размером до 0,5 мм. Вторая генерация представляет собой серицитизированные пертиты в микроклине. Третья генерация — зерна с характерной мирмекитовой структурой, фиксируются в основной матрице породы на границе зерен с КППШ. Зерна *роговой обманки* зеленого и бурого цвета с едва заметным плеохроизмом, игольчатого облика, размером до 0,5 мм ориентированы параллельно метаморфической полосчатости. По ним интенсивно развивается тонкозернистый сплошной агрегат *хлорита* в ассоциации с карбонатами. *Биотит* присутствует в агрегате, совместно с роговой обманкой и кварцем, который обрамляет порфирокластовые и порфиروبластовые зерна полевого шпата. Акцессорные минералы часто приурочены к границе зерен КППШ. *Циркон* имеет дипирамидальный призматический облик, размер варьирует от 0,1 до 0,5 мм. Он сильно трещиноват. Длиннопризматические индивиды *турмалина* слабо плеохроируют от светло-розового до бледно-зеленого цвета. *Монацит* имеет коричневую окраску, встречается в виде обособленных призматических индивидов или сростков. *Апатит* формирует шестоватые, либо короткостолбчатые трещиноватые зерна. *Магнетит* и *ильменит* представлены ксеноморфными зернами размером менее 0,2 мм, по ним интенсивно развиты вторичные минералы железа. Для ильменита характерны каемки лейкоксена. *Пирит* имеет гексаэдрический облик зерен. Может формировать прожилки согласно полосчатости, либо секущие агрегаты. По нему формируются псевдоморфозы гидрогетита, имеющие радиально-лучистые агрегаты красного, ярко-рыжего цвета.

Структурно-текстурные признаки метасоматитов второго типа близки к первому. *Калиевый полевой шпат* сохраняет зерна первых трех типов. Порфирокласты и порфиروبласты КППШ разбиты трещинами, по которым развит карбонат-калишпатовый гранобластовый агрегат. *Кварц* сосредоточен в матрице породы в виде изометричных зерен размером до 0,5 мм, которые имеют волнистое погасание, а также образует линзовидно-слоистые агрегаты. *Доломит* выполняет трещины гранобластовым агрегатом, размеры зерен в котором достигают 1 мм. Некоторые зерна доломита sdвойникованы. Карбонаты выполняют интерстиции между зернами КППШ и кварца, образуя криптокристаллический доломит-анкерит-сидеритовый агрегат. *Анкерит* и *сидерит* диагностируются по характерному буроватому цвету и ромбоэдрическим кристаллам, часто зональны. Порфирокласты *плагиоклаза* встречаются редко и значительно подвержены вторичным изменениям. *Барит* и *флюорит* входят в прожилковую ассоциацию, приуроченную к трещинам в КППШ и в карбонатном агрегате. В шлифах барит определен по бледному желтоватому плеохроизму и ромбовидным зернам. *Флюорит* диагностируется по фиолетовому цвету при одном николе. *Монацит* встречается в большем количестве, как в полевошпатовом, так и в карбонатном агрегатах. Зерна *апатита* интенсивно раздроблены и залечены карбонатами. Кроме *магнетита* и *ильменита*, для второго типа метасоматитов характерно наличие *рутила* и рудных непрозрачных минералов (по данным РСМА —

халькопирита и сфалерита). *Пирит* образует как единичные зерна пентагон-додекаэдрической формы, так и сплошные агрегаты.

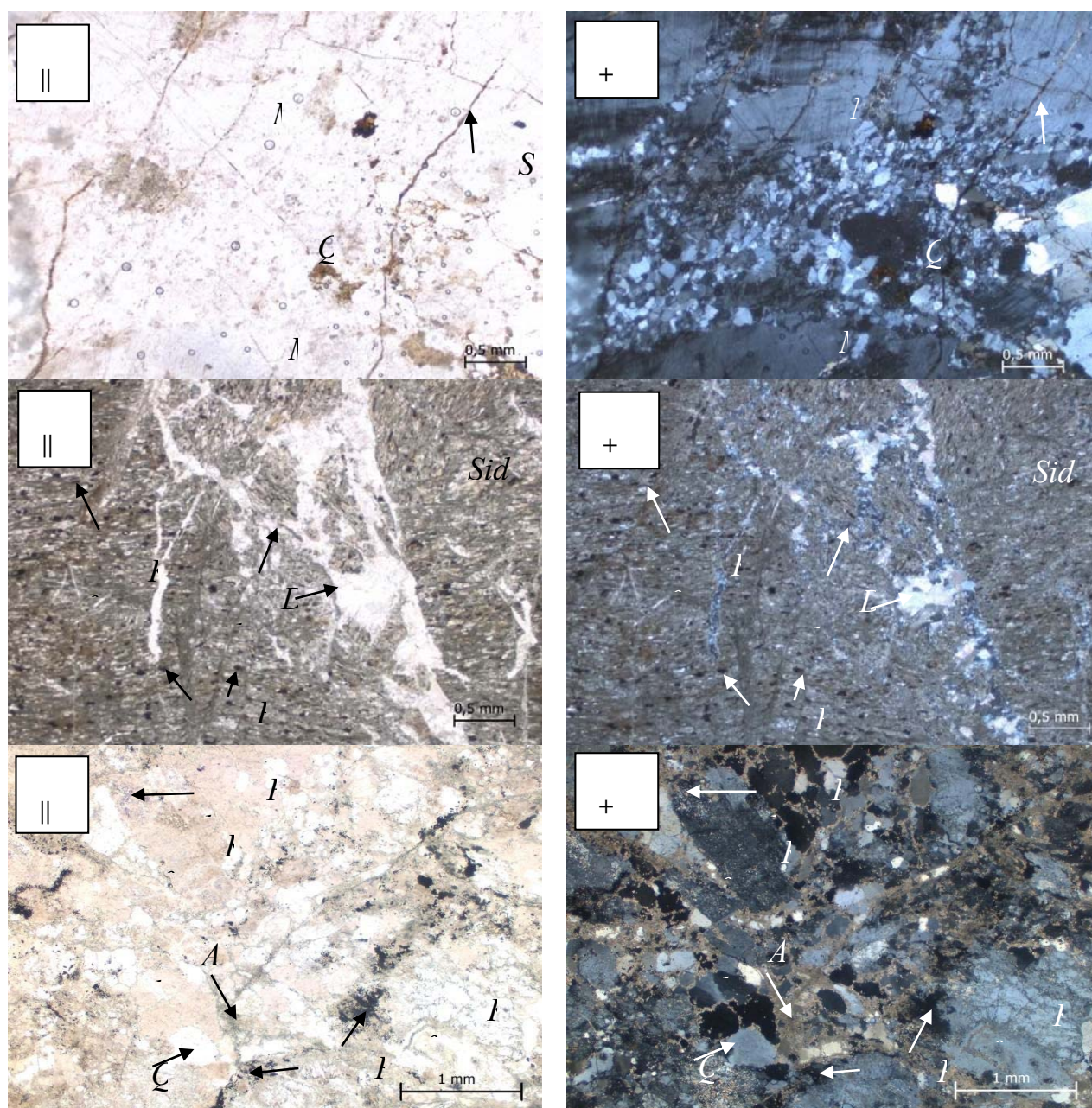


Рис. 2. Структурные особенности метасоматитов: А— Порфирокласты микроклина с в обрамлении кварц-микроклинового мозаичного агрегата; Б— Замещенные КПШ плагиоклазы в карбонатизированной основной ткани, гранобластовый жильный агрегат доломита; В— Двойниковые зерна плагиоклаза полностью замещенные КПШ, межзерновое пространство выполнено карбонатами доломит-анкеритового ряда, по трещинам развит пирит и флюорит. *Ank*-анкерит, *Dol*-доломит, *Fl*-флюорит, *Kfs*-калиевый полевоый шпат, *Mi*-микроклин, *Py*-пирит, *Ser*-серицит, *Sid*-сидерит, *Qrz*-кварц.

Таким образом, микроскопические исследования пород позволили выделить два типа метасоматитов. Структуры (порфитокластическая, порфиробластовая, лентиккулярная и гранобластовая матрицы породы) и их сочетание указывает на сложный процесс формирования первого типа метасоматитов: от синтетектонической перекристаллизации минералов до первичного образования минеральных фаз. Для первого типа типоморфными признаками являются также наличие гексаэдрического пирита и секущих прожилков гидрогетита. Для второго типа типоморфное значение приобретают карбонаты Mg-Fe состава, барит и флюорит, формирующие прожилковые агрегаты. Для пирита характерна пентагон-додекаэдрическая форма.

Ранее, исследователи подобные гидротермалиты именовали по-разному: «карбонат-серицит-мусковит-ортоклазовые», «мусковит-серицит-микроклиновыми», либо «микроклин-серицитовыми», а также «кварц-адуляровыми» метасоматитами [Шатова, 2019; Угрюмов, Дворник, 2000; Дворник,



2012]. Опираясь на минеральный состав, был сделан вывод о том, что метасоматиты первого типа следует отнести к кварц-калишпатовой (кварц-микроклиновой) фации, основными минералами которой являются калиевый полевой шпат и кварц, а второго - к пирит-карбонат-калишпатовой фации, где в роли породообразующих выступают калиевый полевой шпат, доломит, анкерит, пирит.

### **Литература**

1. Дворник Г. П., Угрюмов А. Н. *Метасоматические формации и золотая минерализация в рудном районе тектоно-магматической активизации (Алданский щит).* – Екатеринбург: Изд-во Известия УГГУ, 2000, с. 119-128.
2. Дворник Г. П. *Золоторудные метасоматические формации Центрально-Алданского района // Литосфера, 2012, № 2, с. 90–105.*
3. Кукушкин К.А., Терехов А.В., Молчанов А.В., Козлов Д.С., Соловьев О.Л., Титов Д.Ю., Хорохорина Е.И. *Геология и рудоносность Угуйской и Олдонгсинской грабен-синклиналей Чаро-Олекминского блока Алданского щита (по материалам ГДП-200) // Сборник тезисов докладов VIII Международной научно-практической конференции.* – М.: Изд-во Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2018, с. 54-55.
4. Шатова Н.В. *Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Рябинового рудного поля (Южная Якутия): диссертация ... кандидата Геолого-минералогических наук: 25.00.11.* – Санкт-Петербург, 2019 – 181 с.

УДК 552.12:552.086

## **ПЕТРОГРАФИЯ ВЕРХНЕКИНГАШСКОГО МАССИВА**

**Куманёв Александр Александрович**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Геолого-географический факультет, магистрант 2 курса, г. Томск  
e-mail: kumanev-aleksandr@mail.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Гертнер Игорь Федорович

**Аннотация:** В работе приводятся результаты петрографического изучения пород Верхнекингашского массива, расположенного на левом берегу р. Кингаш и сопоставляемого с ним массива, который расположен на правом берегу р. Кингаш. Массив находится в северо-западной части Восточного Саяна и является частью Канского зеленокаменного пояса.

**Ключевые слова:** Верхнекингашский массив, петрология, петрография, серпентиниты, амфиболиты, гранито-гнейсы.

## **PETROGRAPHY OF THE VERKHNEKINGASHSKY MASSIF**

**Aleksandr Kumanev**

*National Research Tomsk State University, Faculty of Geology and Geography, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Tomsk,  
e-mail: kumanev-aleksandr@mail.ru*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, reader, Igor Gertner

**Abstract:** The paper presents the results of a petrographic study of the rocks of the Verkhnekingashsky massif, located on the left bank of the river. Kingash and the massif associated with it, which is located on the right bank of the river. Kingash. The massif is located in the northwestern part of the East Sayan and is part of the Kansk greenstone belt. The purpose of this study is to establish the petrographic features of the rocks of the Verkhnekingashsky massif.

**Keywords:** Verkhnekingashsky massif, petrology, petrography, serpentinites, amphibolites, granite gneiss.

Верхнекингащский ультрамафитовый массив расположен в северо-западной части Восточного Саяна, в пределах Канского зеленокаменного пояса. Массив представляет собой линзу размером 3х0,7 км, вытянутую в северо-западном направлении. Массив сложен ультрамафитами и габброидами Кингащского дунит-верлит-пикритового комплекса, при этом ультрамафиты значительно преобладают над габброидами. Ультрамафитовая часть массива сложена, в большей части, дунитами и их серпентинизированными разностями, в то время как верлиты и пикриты имеют ограниченное распространение. Кингащский ультрамафит-мафитовый массив представляет собой полихромный и полиформационный интрузивный объект, образовавшийся в результате внедрения двух автономных магматических расплавов пикритоидного и базальтоидного состава в раннем и позднем рифее на рубежах 1410 и 875 млн. лет соответственно [1]. Цель работы заключалась в изучении петрографических характеристик и особенностей, а так же сравнении пород наблюдаемых как в левобережной так и в правобережной части Верхнекингащского массива. Ниже приводятся результаты петрографического исследования.

Изученные породы правобережья представлены амфиболитами, серпентинитами и гранито-гнейсами.

Амфиболиты представлены мелкозернистой, меланократовой породой с отчетливой сланцеватой текстурой, сформированной субпараллельным и параллельным расположением зерен роговой обманки, плагиоклаза и пироксена (Рис. 1А).

Микроскопически была установлена гранонематобластовая структура. Минеральный состав: роговая обманка 75%, плагиоклаз 10%, биотит 5%, хлорит >5%, клинопироксен >5%. Роговая обманка преобладает над остальными минералами составляя до 75% от массы породы. Форма зерен ромбовидная, таблитчатая, границы зерен ровные, четкие. Размер зерен от 0,25 до 1,75 мм. Удлиненные зерна имеют субпараллельную ориентировку к друг другу. Зерна плеохроируют от бледно буро-зеленого до буро-зеленого. Границы с плагиоклазом четкие, часто усложненные развитием биотита. Клиннопироксен составляет >5% от общей массы и представлен крупными удлиненными зернами (до 2,5 мм), бесцветными. Вторичные изменения развиты слабо. Биотит, в основном, отмечается на контакте роговой обманки и плагиоклаза. Образует вытянутые чешуйки до 0,1 мм. Зерна таблитчатые. Плеохроирует от бледно-бурого до бурого. Цвета интерференции высокие (Ng-Np~0,060), погасание прямое. Плагиоклаз представлен субизометричными, угловатыми зернами размером около 0,5 мм. Зерна бесцветные и прозрачные в одном николе. В скрещенных николях наблюдаются полисинтетические двойники. По углу максимального погасания был установлен номер номер плагиоклаза, а именно № 30-35, что соответствует андезину. Границы зерен с другими минералами четкие, границы с роговой обманкой зачастую осложнены биотитом. Вторичные изменения – хлоритизация. Хлорит представлен мелкими чешуйками на зернах плагиоклаза.

Гранито-гнейсы сложены плагиоклазом 20%, кварцем 55%, биотитом 20%, мусковитом 5%

(Рис. 1В). Структура лепидогранобластовая, неравномернозернистая. Кварц представлен субизометричными и ксеноморфными зернами размерами до 2,3-2,5 мм. В зернах отмечаются трещины. Имеет выраженное волнистое погасание. Ng-Np~0,009. Плагиоклаз представлен крупными зернами размером 1,5-4,2 мм. Форма зерен таблитчатая. Наблюдаются полисинтетические двойники. Подавляющее большинство зерен подвержены сосюритизации. По измерениям максимального угла погасания состав плагиоклаза соответствует олигоклазу (An=20-30). Биотит представлен вытянутыми зернами, зерна крупные и имеют размер до 5 мм. Плеохроирует от бледно-бурого до бурого. Погасание неоднородное. Мусковит отмечается на границах зерен биотита. Размер зерен 0,3 мм, зерна бесцветные. Цвета интерференции ярко желтый и голубой (Ng-Np~0,040). Погасание прямое.

Так как серпентиниты имеют апоперидотитовую природу, во многих изученных образцах наблюдаются реликты зерен оливина. Серпентиниты сложены: серпентином 85%, хлоритом 10%, рудная составляющая 5% (Рис. 1Д). Серпентин образует зерна чешуйчатой, пластинчатой и микрозернистой форм. Преобладающими являются микрозернистая и чешуйчатая формы. Размер чешуек колеблется от 0,1 до 0,2 мм. Преобладающим минеральным видом является антигорит. Хлорит развит между серпентинизированными зернами оливина, а также образует каймы вокруг изометричных зерен магнетита. Цвета интерференции очень низкие. Ng-Np~0,003. Магнетит формирует рудную составляющую в виде вкрапленности изометричных зерен.

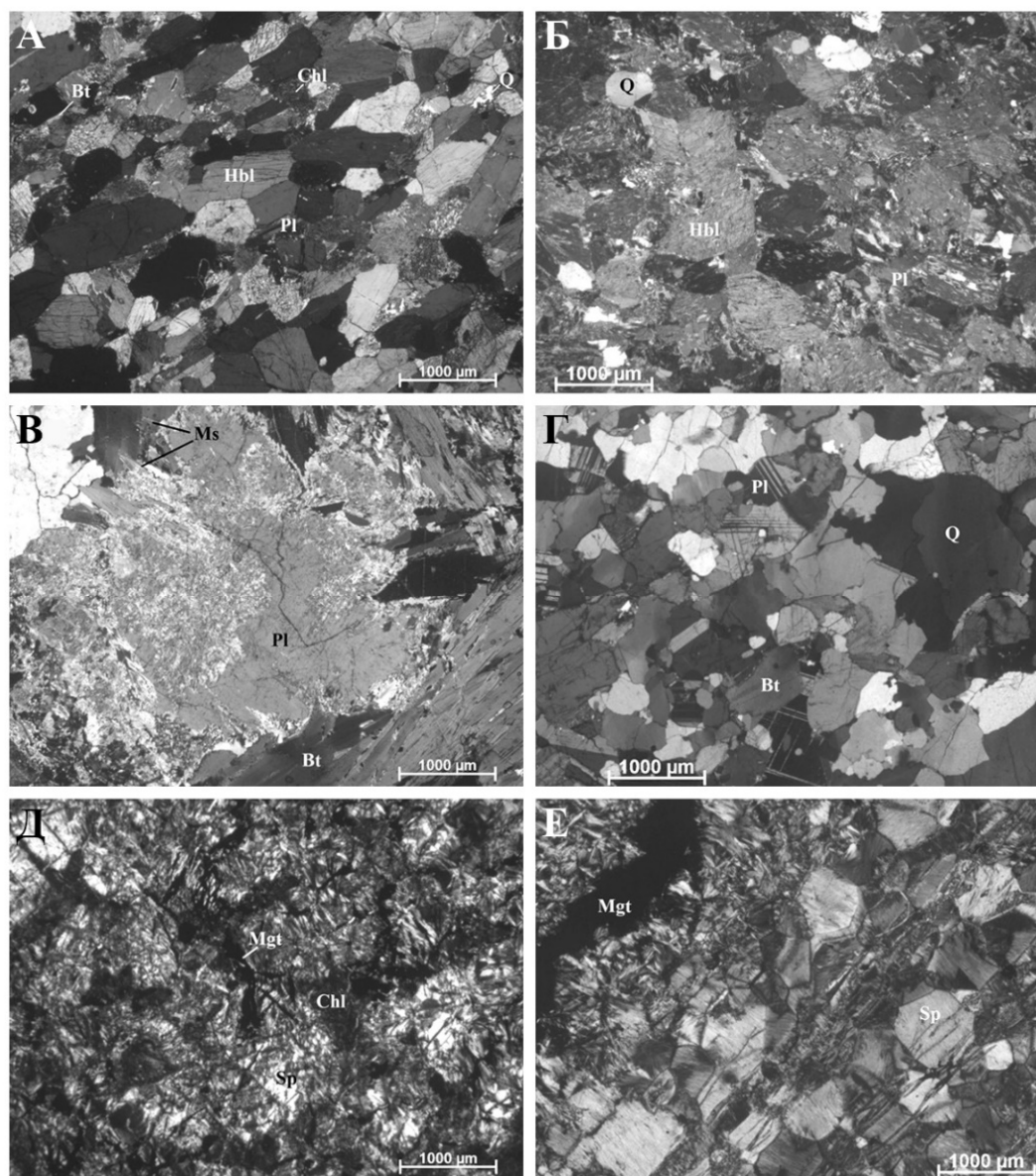


Рис. 1 Породы Верхнекинжасского массива. А-Б амфиболиты, А – амфиболит правобережья (обр. С-11/522), Б – амфиболит левобережья (обр. Кш-10/5), В-Г – гранито-гнейсы лево и правобережья, В – гранито-гнейс правобережья (обр. С-11/411), Г – гранито-гнейс левобережья (обр. Кш-10/1), Д-Е – серпентиниты лево и правобережья, Д – серпентинит правобережья (обр. С-11/510) Е – серпентинит левобережья (обр. Кш-10/6), Q – кварц, Bt – биотит, Pl – плагиоклаз, Mgt – магнетит, Sp – серпентин, Chl – хлорит. Hbl – роговая обманка, Ms – мусковит.

Изученные породы левобережной части массива представлены гранито-гнейсами, амфиболитами серпентинитами.

Гранито-гнейсы левобережной части Верхнекинжасского массива сложены кварцем (80%), плагиоклазом (15%) и биотитом (Рис. 1Г). Кварц представлен ксеноморфными зернами размером от 0,15 до 3,7 мм. Погасание волнистое. В зернах отмечаются трещины бурого цвета. Структура немато-гранобластовая. Плагиоклаз представлен гипидиоморфными зернами размером от 0,55 до 2,2 мм. Номер плагиоклаза соответствует олигоклазу. Наблюдаются полисинтетические двойники. Вторичные изменения – сосюритизация. Биотит представлен гипидиоморфными зернами удлиненной формы, размером от 0,22 до 1 мм. Зачастую располагается на контакте кварца и плагиоклаза.

От гранито-гнейсов правобережной части массива отличаются наличием трещин бурой окраски в зернах кварца.

Амфиболит имеет практически мономинеральный состав: роговая обманка 90%, плагиоклаз 5-7%, кварц 2-3%, биотит около 1% (Рис. 1Б). Структура нематобластовая. Роговая обманка представлена гипидиоморфными зернами. Форма зерен таблитчатая и ромбическая. Размер от 0,4 до 2 мм. Края зерен неровные. Плеохроизм от насыщенно-зеленого до бледно-зеленого (Ng-Np~0,018).

Плаггиоклаз выполняет интерстиции между зернами роговой обманки. Зерна плаггиоклаза в значительной степени замещены вторичными минералами, а именно хлоритом и соссюритом. Кварц представлен ксеноморфными зернами размером от 0,3 до 0,8 мм. Погасание волнистое. Кварц располагается на границах зерен роговой обманки и плаггиоклаза или в виде округлых включений в зернах роговой обманки. Так же в породе можно наблюдать единичные зерна биотита, в значительной степени измененные. Размер зерен до 0,2 мм.

Как отличие от амфиболитов правобережной части массива можно отметить более высокую долю кварца в составе породы, вторичные изменения роговой обманки. Так же отличается схема плеохроизма роговой обманки (роговая обманка в амфиболитах правобережной части массива плеохроирует от бледно-буро-зеленого до буро-зелёного)

Серпентиниты сложены на 90-95%% серпентином и на 5-10% магнетитом (Рис. 1Е). Структура лепидобластовая. Серпентин представлен антигоритом и лизардитом в виде пластинчатых и чешуйчатых форм. Пластинки имеют размеры 0,25 до 0,8 мм. Чешуйки имеют вытянутую, удлиненную форму. Размер от микрозернистого агрегата до 0,3 мм в длину.  $Ng_{\text{Np}} \sim 0,006$ . Магнетит образует агрегат лестничного строения: в прожилках наблюдается чередование серпентина и магнетита.

В ходе изучения и сравнения пород левобережной и правобережной частей массива были обнаружены петрографические различия. Амфиболиты левобережья имеют отличную от амфиболитов правобережья схему плеохроизма роговой обманки, так же наблюдаются вторичные изменения роговой обманки и более высокое содержание кварца. Серпентиниты отличаются составом и формой выделения в образцах. Помимо антигоритовых серпентинитов, наблюдаемых в правобережной части, в левобережье присутствуют также и лизардитовые разновидности. Форма выделения в них более разнообразная, так наблюдаются пластинки, чешуйки и микрозернистые агрегаты серпентина. Хлорит присутствует только в серпентинитах правобережной части. Гранито-гнейсы левобережья отличаются наличием бурых прожилков на зернах кварца, большим количественным содержанием его в породе, а также меньшим содержанием биотита.

#### *Литература*

1. Глазунов О.М. Кингаишское платиноидно-медно-никелевое месторождение / О.М. Глазунов, В.И. Богнилов, А.Г. Еханин. – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2003. – 192 с.

УДК 552.11

## **ПОРОДЫ ХРЕБТА ШАКА (ЮЖНАЯ АТЛАНТИКА) КАК ПРОДУКТЫ ОСТРОВОДУЖНОГО ВУЛКАНИЗМА**

*Румянцева Наталья Алексеевна*

*ФГБУ «ВНИИОкеангеология», молодой учёный, г. Санкт-Петербург*

*e-mail: rumyantcevanat@gmail.com*

*Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Скублов Сергей Геннадьевич*

**Аннотация:** Представлены результаты исследований донно-каменного материала, поднятого в ходе экспедиционных исследований весной 2016 года на НЭС «Академик Фёдоров» в пределах хребта Шака в Южной Атлантике. Ранее драгирование и детальное исследование этого объекта не проводилось. В изучаемых породах наблюдаются типоморфные геохимические признаки островодужной геодинамической обстановки – обогащение крупноионными литофильными элементами (LILE), характерное преобладание LREE над HREE, глубокие минимумы по Ta и Nb и положительная аномалия по Pb, что свидетельствует о взаимосвязи с процессом субдукции происхождения рассматриваемых пород.

**Ключевые слова:** хребет Шака, Южная Атлантика, островная дуга, геохимия, Юго-Западный Индийский хребет.

## THE ROCKS FROM THE SHAKA RIDGE (SOUTH ATLANTIC) AS A PRODUCT OF ISLAND ARC VOLCANISM

*Rumyantseva Natalia Alekseevna*

*FSBI «VNIIOkeangeologia», Young Researcher, Saint Petersburg city  
e-mail: rumyancevanat@gmail.com*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Skublov Sergey Gennadievich

**Abstract:** The article shows the results of studies of bottom-stone material dredging during field research in the spring of 2016 at the NES «Akademik Fedorov» within the Shaka Ridge in South Atlantic. There have been no dredges and detailed descriptions of this object before. In this rocks are observed the typomorphic features of the island-arc geodynamic environment – enrichment of LILE, negative Ta-Nb and positive Pb anomalies, what indicates the relationship with the process of subduction of the nature of the considered rocks.

**Keywords:** the Shaka ridge, South Atlantic, island arc, geochemistry, South-West Indian ridge.

Работа основана на изучении донно-каменного материала, поднятого в ходе экспедиционных исследований весной 2016 года на НЭС «Академик Фёдоров». Изучаемая территория располагается в пределах хребта Шака, который является западной оконечностью Юго-Западного Индийского хребта (ЮЗИХ), протягивающегося от тройного сочленения (ТС) Родригес в южной части Индийского океана и ТС Буве в Южной Атлантике. Данный район остается малоизученным, а вопросы генезиса, возраста и источника вулканизма хребта Шака по сей день остаются предметом научных дискуссий.

На основании петрографических исследований были выявлены типовые образцы пород района работ. Магматические породы основного и среднего состава изучаемого объекта представляют собой плутонические и гипабиссальные разности группы габбро и базальтов, и группы диоритов и андезитов. Всего было выделено 8 семейств горных пород: базальтов, габброидов, переходных габбро-долеритов, пикробазальтов, трахибазальтов, диоритов, андезибазальтов и андезитов.

Согласно классификационной диаграмме  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (рис. 1), породы хребта Шака занимают поле от базальтов до андезитов нормальной щёлочности. Содержание  $\text{SiO}_2$  варьирует в широком интервале от 45,41 до 61,25 мас.%. Анализ петрогенных элементов в координатах диаграммы AFM (рис. 2) показал, что магматизм хребта Шака в целом относится к известково-щелочному типу, по отношению  $\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}$  – породам умереннокалиевой серии (рис. 3).

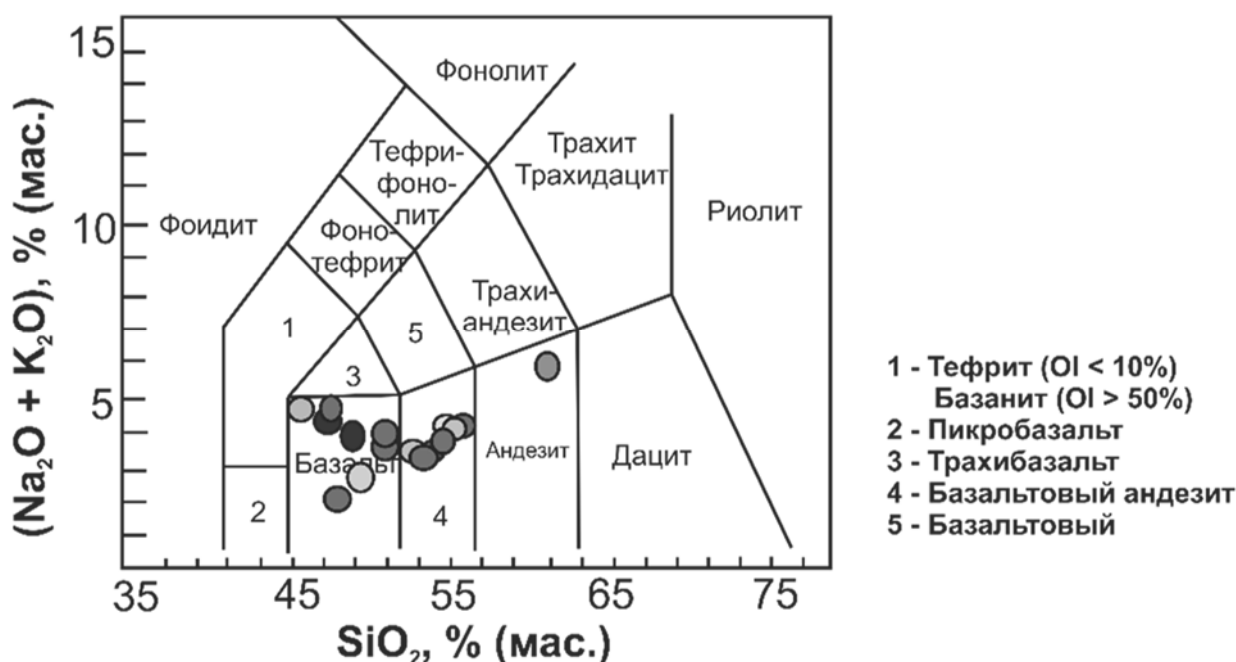
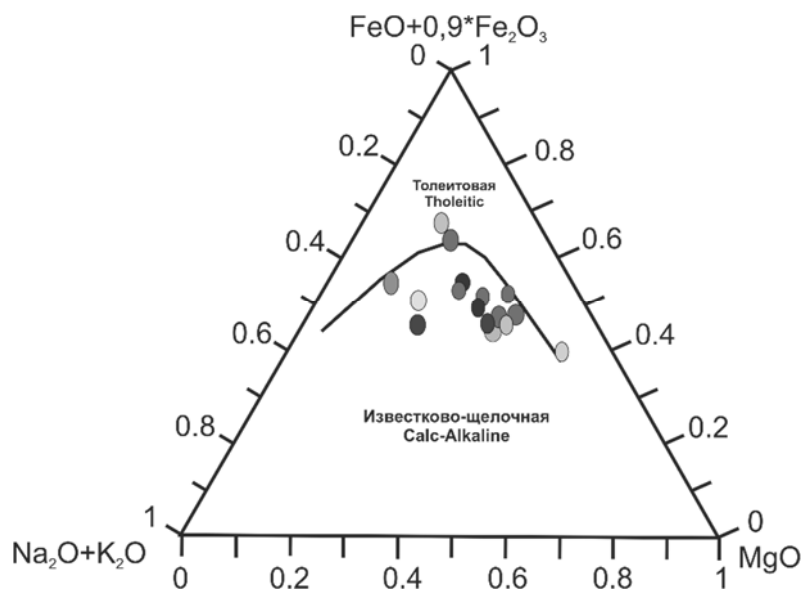
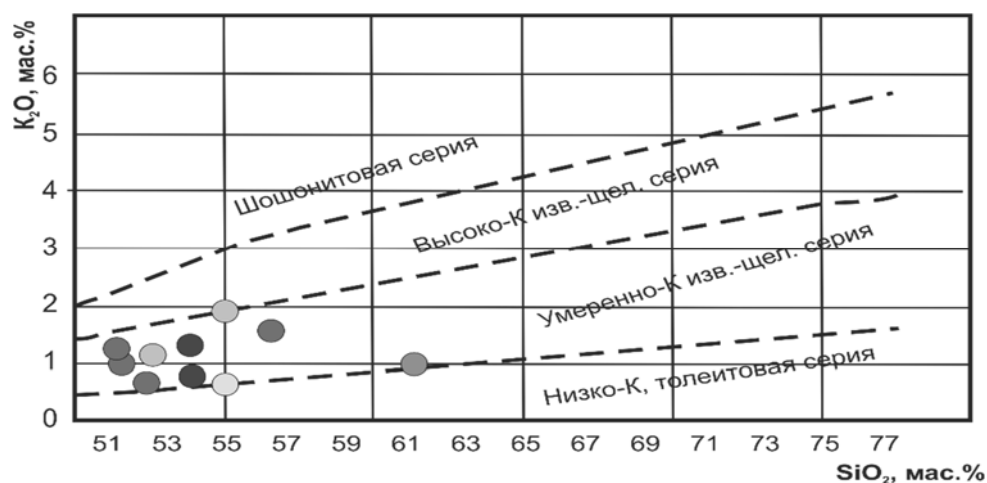


Рис. 1. TAS-диаграмма ( $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) для пород хребта Шака с полями по [3].



Рис. 2. Тройная диаграмма AFM (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O – FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – MgO), по [5].Рис. 3. Диаграмма K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> с сериями магматических пород по [6].

Все образцы характеризуются достаточно высоким содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (от 8,68 до 22,65 мас.%) и относительно низким содержанием суммарного железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (от 5,22 до 17,41 мас.%), MgO (от 5,08 до 14,39 мас.%) и CaO (от 5,08 до 12,45 мас.%), что свойственно породам островных дуг [1].

Геохимические показатели анализируемых пород отличаются от характерных для срединно-океанических хребтов толейтов, что демонстрирует спайдер-диаграмма, значения которой нормированы к N-MORB (рис. 4), где четко фиксируются типоморфные признаки пород островодужной геодинамической обстановки: глубокие минимумы высокозарядных элементов (HFSE): Nb, Ta и более высокие относительно REE концентрации крупноионных литофильных элементов (LILE): Rb, Ba, U. Такой характер вариаций элементов может свидетельствовать о влиянии зоны субдукции при формировании магм в пределах хребта Шака [2].

В целом для пород хребта Шака характерен большой разброс содержания крупноионного литофильного элемента Ba и высокозарядных Hf и Zr. Несовместимые крупноионные литофильные элементы и лёгкие редкоземельные элементы, как и U и Th, преобладают над тяжёлыми REE, причём наибольшее преобладание характерно для крупноионных элементов.

Для определения геодинамической обстановки формирования изученных пород было использовано несколько дискриминационных диаграмм (рис. 5, рис. 6а, 6б). На тройной диаграмме Th-Ta-Hf/3 (рис. 6) все фигуративные точки ложатся в зону базальтов океанических дуг. Аналогично на диаграмме SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O/N<sub>2</sub>O (рис. 6а) фигуративные точки локализовались в поле составов, характерных для отложений, связанных с океаническими островными дугами. Данный вывод также подтверждает дискриминационная диаграмма TiO<sub>2</sub>-FeO\*/MgO (рис. 6б), где большая часть точек попадает в поле базальтов островных дуг.

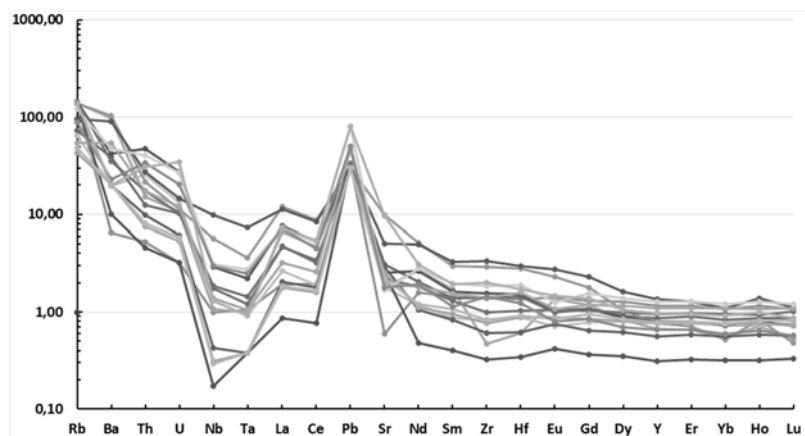


Рис. 4. Распределение редких элементов в магматических породах среднего и основного состава хребта Шака, нормированных на базальт N-MORB по [8].

Таким образом, рассматриваемые породы хребта Шака по геохимическим данным наиболее схожи с породами островодужной обстановки, а также различные дискриминационные диаграммы, определяющие геодинамические обстановки, указывают на связь с процессами субдукции, что на данный момент не укладывается в существующие геодинамические концепции. Возможно, это связано со сложной историей становления Южной Атлантики



Рис. 5. Тройная диаграмма Th-Ta-Hf/3, по [9].

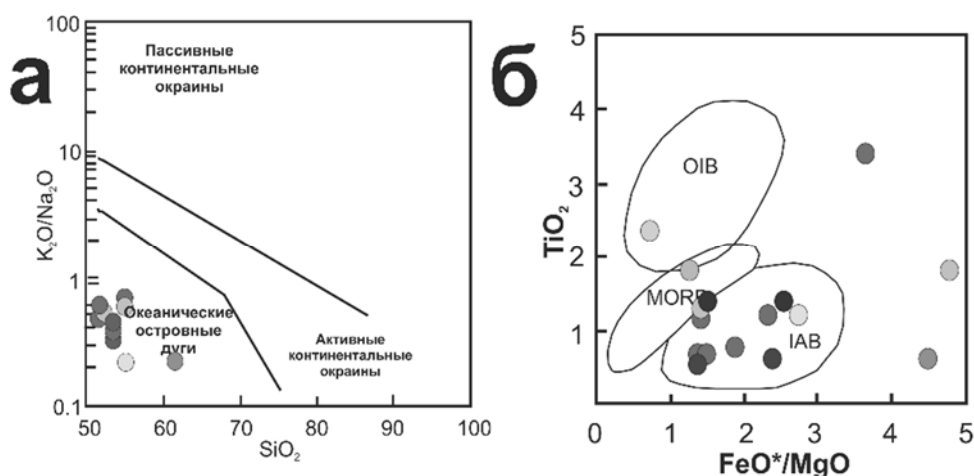


Рис. 6. Дискриминационная диаграмма  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ , по [7] – а; дискриминационная диаграмма  $\text{TiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$  для базальтоидных пород, по [4] – б.

### Литература

1. Богати́ков О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли: Связь во времени и в пространстве // М.: Наука, 2010. 606 с.
2. Мартынов Ю.А. Геохимия базальтов активных континентальных окраин и зрелых островных дуг (на примере Северо-Западной Пацифики) // Владивосток: Дальнаука, 1999. 218 с.
3. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
4. Glassley W. Geochemistry and tectonics of the crescent Volcanic Rocks, Olympic Peninsula, Washington // Geological Society of America Bulletin. 1974. №85. P. 785-794.
5. Irvine T.N., Baragar W.R.A. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks // Canadian journal of Earth Sciences. 1971. №8. P. 523-548.
6. Peccerillo A., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey // Contrib. Mineral. Petrol. 1976. №58. P. 63-81.
7. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio // The Journal of Geology. 1986. № 94. P. 635-650.
8. Sun S.-s., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Geological Society, London, Special Publications. 1989. V. 42. P. 313-345.
9. Wood D.A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // Earth Planetary Science Letters. 1980. №50. P. 11-30.

УДК 622.33

## РАСЧЕТ ПРОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТЕ ХЕЧАМ (ВЬЕТНАМ)

**Ле Куанг Фук**

Санкт – Петербургский Горный университет, аспирант, Санкт – Петербург  
lequangphuc68@gmail.com

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор, Зубов Владимир Павлович

**Аннотация:** В статье представлены результаты расчета оседания поверхности при разработке угольных пластов подземным способом, где они распределены под карьерами на шахте «Хечам». Результаты исследований показывают, что серьезное влияние процесса добычи угля в этой области может привести к оседанию карьера, небезопасному труду и нестабильной экономике.

**Ключевые слова:** подземная разработка; под карьерами; оседание поверхности; смещение горного пород.

## CALCULATION OF SURFACE SUBSIDENCE DURING MINING OF COAL SEAMS AT THE MINE “KHE CHAM” (VIETNAM)

**Le Quang Phuc**

St. Petersburg Mining University, Post-graduate Student, St. Petersburg  
lequangphuc68@gmail.com

**Research Supervisor:** Doctor of Technical Sciences, Professor, Vladimir Pavlovich Zubov

**Abstract:** The article presents the results of calculating the surface subsidence during the development of coal seams by the underground method, where they are distributed under the quarries at the mine “Khe Cham”. Research results show that the serious impact of coal mining in this area can lead to quarry subsidence, unsafe labor, and an unstable economy.

**Keywords:** underground mining; under open pit; surface subsidence; rock displacement.

Угольная шахта «Хечам» по Куангниньскому угольному бассейну находится в городе Камфа провинции Куангнинь, Вьетнам. Годовая мощность добычи составляет 2,5 млн. тонн в год. Разница и сложность здесь по сравнению с другими шахтами в том, что процесс добычи ведется под карьерами. Одновременная эксплуатация полезных ископаемых как открытыми, так и подземными методами имеет прямое отношение друг к другу. Чтобы организовать эксплуатацию для обеспечения безопасности, эффективности и снижения потерь природных ресурсов, необходимо установить принципы подземной и открытой разработки. Принцип основан на воздействии поверхностного оседания карьеров в подземных шахтах и воздействия взрывных работ на открытых подземных сооружениях. В статье мы только рассмотрим рассчитывать оседание поверхности при отработке угольных пластов под карьером «Юго-западная Дамай».

Расположенные под открытым карьером «Юго-запад от каменного помола», имеются угольные пласты 10, 9, 8 и 7, как показано на рисунке 1. Угольными пластами применяются система разработки длинными столбами и управление пород кровли способом заполнения закладки. Фактически, процесс подземной разработки угля приведет к смещению горной массы и земному проседанию. Поэтому, чтобы предсказать влияние добычи угля в этой области, в документе выполняются предварительные расчеты и прогноз оседания поверхности на основе геологических и технических факторов шахты. Геологические и технические параметры очистных забоев, эксплуатируемых в этом районе, см. в таблице 1 и геологический разрез области - на рисунке 1.

Метод исследования:

Оседание связано со смещением горного массива при разработке полезных ископаемых. Методы изучения проблемы оседания поверхности используются многими авторами, такими как методы теоретического анализа, имитационные модели (численные модели или модели эквивалентных материалов), экспериментальные методы на шахте. В данной работе мы используем теоретические методы исследования, основанные на формулах, которые были проверены Институтом ВНИМИ - Российская Федерация.

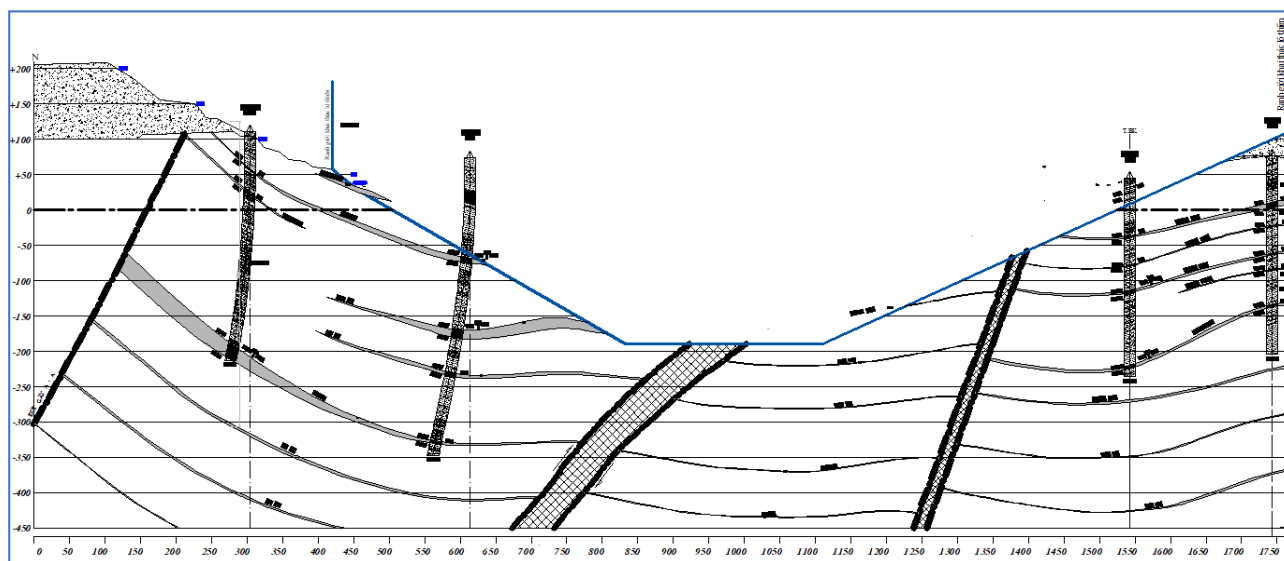


Рис. 1. Типичный геологический разрез на участке изучения шахты «Хечам»

Таблица 1

Технические параметры очистных забоев пластов на участке изучения

список пластов	очистный забой	глубина работ $H$ , m	мощность пласта, mm	угол падения пласта, гр.	длинная лава, m	длинный столб разработки, m
10	Z21001	44	12400	10	60	350
	Z21002	98	11200	5	130	430
	Z21003	138	7600	16	130	600
9	Z2901	86	2900	6	105	590
	Z2092	151	3800	6	105	480
	Z2093	192	4500	9	105	570

Окончание таблицы 1

	Z2094	215	4200	15	150	610
8	Z20801	190	2100	15	107,2	380
	Z20802	245	2800	16	100,4	410
	Z20803	300	5600	17	130,3	420
	Z20804	334	7200	21	105,2	480
	Z20805	308	7500	28	97,2	450
	Z20806	297	8400	34	125,2	510
7	Z20701	303	2600	12	42,8	340
	Z20702	348	2300	15	119,36	690
	Z20703	366	3500	16	106,15	600
	Z20704	390	2400	23	102,71	75
	Z20705	410	1900	31	85,72	995
	Z20706	421	2200	36	116,7	490

Исходя из [3], максимальное оседание земной поверхности обусловлен каждой отдельной лавой определяется по следующей формуле:

$$\eta_m = q_0 \cdot m_{HQ} \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2 ; (\text{mm}) \quad (1)$$

Где:

$q_0$  - коэффициент относительного максимального оседания,  $q_0 = 0,7$ .

$m_{HQ}$  - толщина эксплуатируемого угольного пласта, mm;

$\alpha$  - угол падения пласта, гр.;

$N_1$  и  $N_2$  – соответственно, значение определяется отношением между длинной лавой  $L_1$  и длинным столбом разработки  $L_2$  с средней глубиной горных работ  $H$  (см. таблицу 2).

Таблица 2

Таблица определения параметров  $N_1$  и  $N_2$ 

$L_i/H$	$\geq 1,6$	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
$N_i$	1,0	0,92	0,85	0,78	0,69	0,65	0,60	0,55	0,49	0,43

Оседание земной поверхности, вызванное каждой лавой в любой точке водоизмещающего бассейна, определяется по следующей формуле [3]:

$$\eta_{xy} = \eta_m \cdot S(z) \quad (2)$$

Где:

$S(z)$  - представляет собой графическую функцию кривой оседающего образца, значение, определенное в зависимости от коэффициента  $N_1$ ;  $z = y / L$  с  $y$  - расстояние от рассматриваемой точки до точки с максимальным оседанием (центр бассейна смещения).

$L$  - размеры половины бассейна смещения в рассматриваемой точке.

### Результаты исследований:

Результаты расчета уровня поверхностного оседания при отработке угольных пластов на участке изучения шахты «Хечам» представлены на рисунке 2.

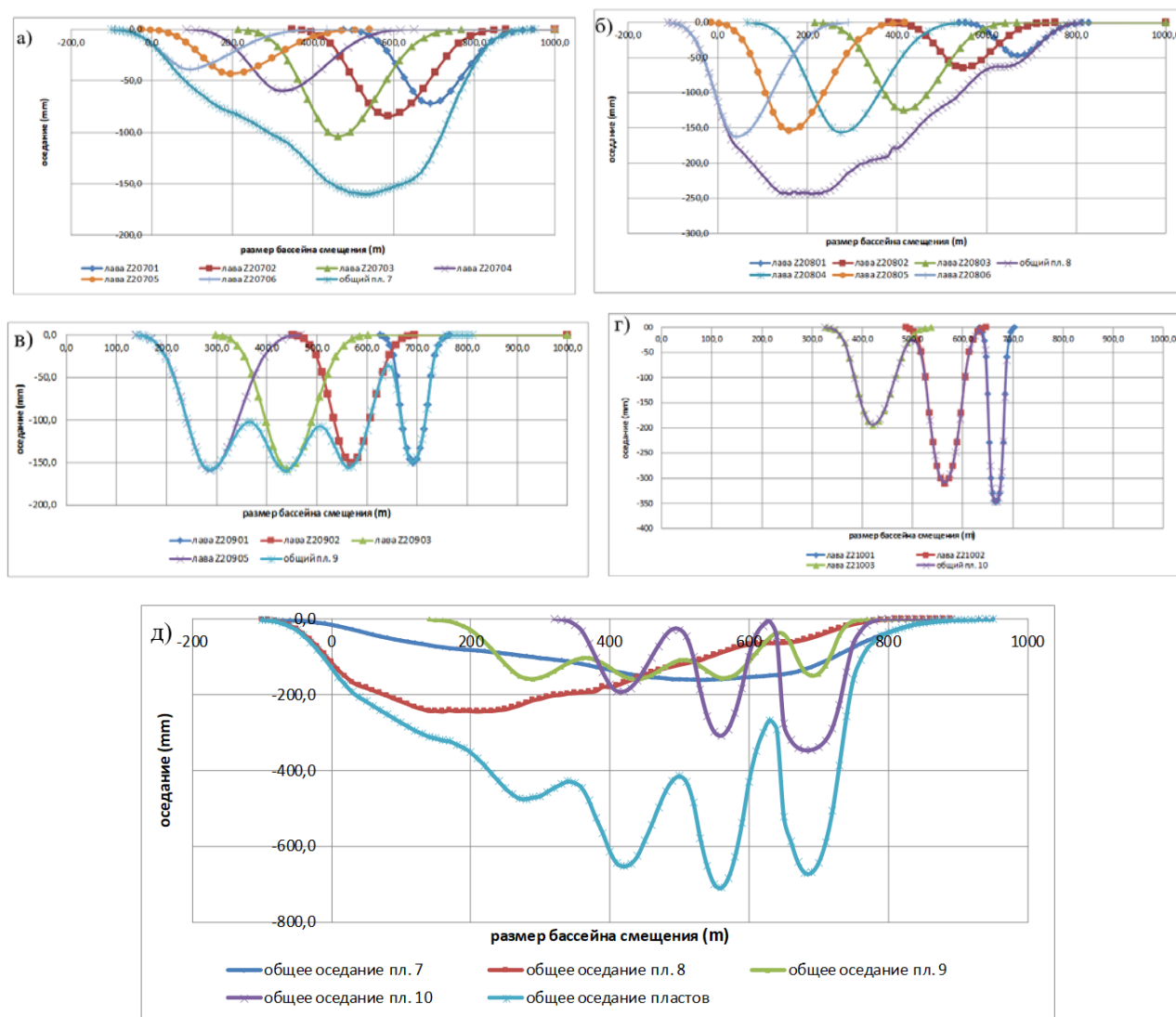


Рис. 2. График прогнозирования оседания при эксплуатации угольных пластов по карьером «Юго-западная Дамай» шахты «Хечам»

- а) – оседание при отработке лавы пласта 7; б) – оседание при отработке лавы пласта 8;  
в) – оседание при отработке лавы пласта 9; г) – оседание при отработке лавы пласта 10;  
д) – общее оседание при отработке пластов;

Результаты расчетов показывают, что процесс добычи угольного пласта в этой области приводит к возникновению оседания в центре бассейна смещения  $\eta_{\max} = 710 \text{ mm}$ .

### Выводы:

Из результатов исследования показано, что, хотя метод управления пород кровли применяется способом полного закладка, но уровень оседания на земной поверхности еще очень большой. Это связано с тем, что в процессе расчета авторы прогнозировали усадку вставки и заполнение выработанного пространства. Процесс проведения работ по добыче угля происходит в шахте с очень сложными условиями, особенно при транспортировке и закладке материалов в выработанном пространстве. Следовательно, возможность оседания поверхности неизбежна.

С учетом приведенных выше результатов расчетов, в соответствии со стандартами Российской Федерации [3], деформационная способность бассейна смещения также учитывает изогнутую и горизонтальную деформацию. Однако этот уровень оседания будет непосредственно влиять на карьер.

Согласно этому результату максимальная площадь оседания распределяется в направлении берегов и дна карьеров (с оседанием  $\eta_{\max} = 710 \text{ mm}$ ). Это проседание может привести к эрозии береговой линии и водному подиуму из открытых карьеров. Поэтому отработки угольных пластов в этой области должна быть ограничена, чтобы избежать серьезных последствий.

### **Литература**

1. Инвестиционный проект строительства подземной работы угольного шахты «Хечам». Институт горной науки и технологий, Ханой - 2009.
2. Фунг Мань Дак. Исследование и выбор разумных технических и технологических способов для добычи угля в районах под историческими и культурными реликвиями, промышленных и гражданских сооружений, Институт горных наук и технологий, Ханой - 2012.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок на угольных месторождениях, С-Петербург, ВНИМИ, 1998.

УДК 549.02; 549.514.51

## **РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КВАРЦА ПЕГМАТИТОВ УЙПЕКТУ (ОШКИНСКОЕ ПЕГМАТИТОВОЕ ПОЛЕ, ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)**

**Цыпленко Михаил Максимович**

*Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет,  
студент 4 курса, Томск*

*e-mail:tsyplenkomichael@gmail.com*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент, Бухарова Оксана Владимировна*

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследования люминесценции кварца пегматитов ошкинского пегматитового поля (массив Уйпекту). Было отобрано 11 монофракций кварца из различных минеральных ассоциаций пегматитового тела. Получены спектры люминесценции, в которых выделены полосы свечения, обусловленные присутствием собственных и примесных дефектов структуры. Характер люминесценции кварца проанализирован в соответствии с принадлежностью проб к собственно магматическому и более поздним (метасоматическому, гидротермальному) процессам.

**Ключевые слова:** рентгенолюминесценция, кварц, ошкинское пегматитовое поле, Западная Монголия, собственные и примесные дефекты.

## **X-RAY LUMINESCENCE OF QUARTZ OF UIPECTU PEGMATITES (OSHKKA PEGMATITE FIELD, WESTERN MONGOLIA)**

**Tsyplenko Mikhail Maksimovich**

*National Research Tomsk State University, 4<sup>st</sup> year Student  
Tomsk*

*e-mail:tsyplenkomichael@gmail.com*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Bukharova Oksana Vladimirovna*

**Abstract:** The article presents the results of a study of the luminescence of quartz pegmatites of the Oshka pegmatite field (Uypektu massif). Eleven quartz monofractions were selected from various mineral associations of the pegmatite body. Luminescence spectra were obtained in which luminescence bands were determined due to the presence of intrinsic and impurity structural defects. The nature of the luminescence of quartz was analyzed in accordance with the belonging of the samples to the actually magmatic and later (metasomatic, hydrothermal) processes.

**Keywords:** X-ray luminescence, quartz, Oshka pegmatite field, Western Mongolia, intrinsic and impurity defects.

Рентгенолюминесценция, являясь одним из спектроскопических методов изучения структурного несовершенства минералов, в частности кварца, позволяет оценить дефектности структуры минерала, охарактеризовать структурные примеси, выявить собственные структурные

дефекты минерала. Эти данные отражают особенности условий минералообразования, а также качество минерального сырья [1].

Ошкинское пегматитовое поле объединяет несколько интрузивных массивов, в том числе и массив Уйпекту, который в своей апикальной части содержит около сотни пегматитовых тел. Значительная часть этих тел представлена изометричными, реже жильными образованиями. Большинство из пегматитов имеют характерную зональность. От периферии к центру в таких телах выделяются следующие зоны: аплитовая оторочка, графический пегматит, апографическая зона, зона блокового полевого шпата, кварцевое ядро и полость. Пегматиты в большинстве случаев однополостные, но в сложных телах, приуроченных к зонам дробления, встречается несколько полостей [2].

Было проанализировано 11 монофракций (0,5 – 0,25 мм) кварца. Спектры рентгенолюминесценции, использованные в работе снимались с помощью установки, собранной на базе монохроматора МДР-12 с компьютерным управлением. Источником возбуждения служила рентгеновская трубка БСВ-2 от аппарата УРС-55 с Мо-антикатодом. Спектральная область от 200 до 800 нм охватывалась благодаря использованию ФЭУ-100 и сменных дифракционных решёток с рабочими областями в диапазонах 200-500 нм и 350-1000 нм [1]. Съёмка спектров люминесценции производилась в три приёма, помимо люминесценции исходных (ранее не облучённых) проб, для уточнения характера некоторых центров свечения изучались изменения люминесценции при увеличении времени рентгенизации проб, а также при облучении после прокаливании (500°С).

Результаты регистрации спектров люминесценции минералов обрабатывались специальной программой с выводом данных в табличной форме, позволяющей строить сложные кривые в координатах: длина волны ( $\lambda$ , нм) – интенсивность люминесценции, измеряемая в условных единицах (Рис.).

Морфология спектров люминесценции кварца пегматитового тела Уйпекту весьма различна. Они отличаются как по типам центров люминесценции (Таблица 1), так и по интенсивности свечения.

Анализ полученных результатов позволяет отметить закономерное возрастание интенсивности свечения литиевых центров в кварце на фоне затухания натриевых при переходе от дистальных частей пегматитового тела к горному хрусталу миарол. Для кварца из внешних зон пегматитовых тел фиксируется наличие центров, предположительно экситонных, локализованных на разрыве связи вблизи примесного Ge.

Таблица 1  
Характер рентгенолюминесценции кварца пегматитов Уйпекту

Кварц минеральной ассоциации	Номер образца	Люминоген, интервал ( $\lambda$ , нм)											
		Вакансия кислорода		$\text{AlO}_4^{4-}/\text{Na}^+, \text{Li}^+, \text{H}^+$		$\text{SiO}_4^{3-}, \text{SiO}_4^{3-}/\text{Na}^+$	$\text{AlO}_4^{4-}/\text{Na}^+$	$\text{AlO}_4^{4-}$ радикалы	$\text{AlO}_4^{4-}/\text{Li}^+$	Экситон (Ge)	O*	Междоузельный кислород	$\text{Fe}^{3+}$ на месте $\text{Al}^{3+}$
		280 – 290	320 – 340	330 – 360	370 – 390	390 – 420	420 – 440	430 – 460	460 – 490	510 – 570	610 – 630	670 – 680	700 – 710
Вмещающих гранитоидов	7-132			+	+	+	+				+		+
	7-136	+	+	+		+				+			+
Аплитовой оторочки	01-15	+	+	+	+		+			+	+		+
Зоны графического пегматита	7-112			+	+	+	+				+		+
	7-95	+		+		+		+		+			+
Зоны апографики	7-108	+		+		+			+	+		+	+
Кварцевого ядра	7-139			+		+	+						+
	7-115			+		+	+		+			+	+
	7-98	+		+		+	+				+		
Миароловой полости	7-117	+		+		+	+	+	+		+		
Гидротермальной (поздней, прожилковой, секущей)	7-97	+	+	+		+	+				+		+



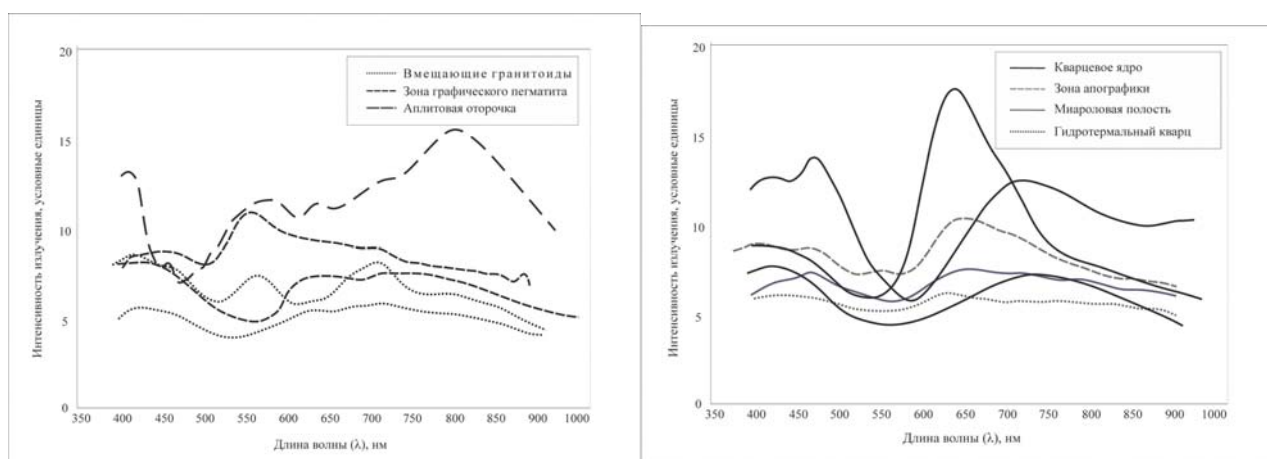


Рис. Спектры ретгенолюминесценции кварца хрусталеносных пегматитов Уйпекту

При интерпретации результатов рентгенолюминесценции первичной (РЛ 1) и повторно рентгенизированного кварца (РЛ 1-1) (Таблица 2) были рассчитаны отношения интенсивности в диапазоне 400-540 нм, возбуждение в котором характеризуется структурными примесями Al и Ge и элементами компенсаторами заряда Na и Li. Интенсивность люминесценции при повторном облучении может возрастать трёхкратно, однако более часто – на несколько единиц.

Таблица 2

Рентгенолюминесценция кварца в диапазоне 400-540 нм при первичном и повторном облучении

Кварц из минеральной ассоциации	Номер пробы	Интенсивность (усл. ед.)		РЛ 1-1 / РЛ 1
		РЛ 1	РЛ 1-1	
Вмещающих гранитоидов	7-132	10	12	1,2
	7-136	14,5	17	1,17
Аплитовой оторочки	01-15	18	22	1,21
Зоны графического пегматита	7-95	12	16	1,33
	7-112	12	16	1,33
Зоны апографики	7-108	14	27	1,93
Кварцевого ядра	7-139	12	16	1,33
	7-115	22	64	2,91
	7-139	12	17	1,42
Миароловой полости	7-117	12	29	2,42
Гидротермальной (поздней, прожилковой, секущей)	7-97	6,5	8,5	1,31

Интенсивность люминесценции кварца миарол возросла в два, а в случае спектра люминесценции пробы кварцевого ядра – в три раза, что может свидетельствовать о большом количестве вышеуказанных центров люминесценции. Отсюда следует, что кварц ядерной зоны и миароловой полости характеризуются повышенным содержанием Al с компенсирующими ионами и большей структурной дефектностью, нежели кварц вмещающих гранитоидов, в которых содержание подобных дефектов минимально.

При повторном облучении кварца из графической зоны и поздней гидротермальной генерации зафиксировано падение интенсивности рентгенолюминесценции в диапазоне 350-370 нм, что указывает на разрушение автолокализованных экситонов посредством ионизации, а также участия в люминесценции собственных дефектов  $O^{\bullet}$ .

Прокаливание образцов до 500°C позволяет дополнительно активизировать экситоновые центры в структуре кварца. Однако полученные спектры рентгенолюминесценции ожидаемого возрастания интенсивности в интервале 360-380 нм не зафиксировали, что позволяет отнести полосы свечения в этом спектральном диапазоне к примесным центрам, связанным с компенсацией заряда ионами водорода, лития и натрия.

Таким образом, в люминесценции собственно магматических генераций кварца более значительна роль собственных структурных дефектов, в том числе и локализованных на разрыве связей вблизи примесных атомов. Для более поздних ассоциаций (метасоматических и гидротермальных) более характерны дефекты примесного характера.

### *Литература*

1. Борозновская Н.Н. Быдтаева Н.Г. Корнева А.П. Люминесцентный анализ качества кварцевого сырья. Томск ЦНТИ, 2015. 101 с.
2. Геология Монгольской Народной республики: в 3 т./гл. ред. Н.А.Маринов – М.: Недра, 1977, Т 2 – 3.

УДК 553.81 (571.56)

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПРИМАЗОК НА КРИСТАЛЛАХ ПИРОПА АЛМАЗОНОСНОГО УЧАСТКА УЛАХАН-КУРУНГ-ЮРЯХ (РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ))**

*Хвостиков Герман Александрович*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.*

*Платова, студент 4 курса, г. Новочеркасск*

*e-mail: german\_khvastikov97@mail.ru*

*Научный руководитель: к. г.-м. н., доцент, Бутенков Александр Александрович*

**Аннотация:** В работе рассмотрено геологическое строение алмазоносного участка Улахан-Курунг-Юрях в районе руч. Сылага, входящего в состав Нижне-Ботуобинской площади (Республика Саха). Изучены особенности вещественного состава примазки на пиропе, относящемся к числу минералов-индикаторов алмазоносности

**Ключевые слова:** Улахан-Курунг-Юрях, пироп, алмазоносность

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MINERAL COMPOSITION OF PRIMACES ON CRYSTALS OF THE DIAMOND-BEARING PIROP CRYSTALS OF ULAHAN-KURUNG-YURYAKH (REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA))**

*German Khvastikov*

*South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova,*

*4th year student of 2020, Novocherkassk*

*e-mail: german\_khvastikov97@mail.ru*

*Research supervisor: Ph.D., associate professor, Alexander Butenkov*

**Abstract:** The geological structure of the diamondiferous section Ulakhan-Kurung-Yuryakh in the area of the brook is considered. Sytag, which is part of the Lower Botuobinskaya Square (Republic of Sakha). The features of the material composition of the grease on the pyrope, which is one of the diamond indicator minerals, were studied.

**Keywords:** Ulakhan-Kurung-Yuryakh, pyrope, diamond content

Участок Улахан-Курунг-Юрях расположен северо-западнее г. Мирный. В геолого-структурном отношении он входит в состав Нижне-Ботуобинской алмазоносной площади, приуроченной к крупной платформенной структуре – Непско-Ботуобинскому поднятию среднепалеозойского возраста [2].

В геологическом строении Нижне-Ботуобинской площади наибольший интерес представляют отложения ботуобинской свиты ( $C_{2-3bt}$ ), представляющей собой комплекс терригенных отложений. Свита содержит в своем разрезе базальные горизонты, которые представляют собой коллекторы, содержащие основные концентрации индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) – пиропов,

пикроильменитов и хромшпинелидов, а также россыпепроявления алмазов [2, 3].

На участке были произведены поисковые работы, в ходе которых была пробурена сеть скважин и произведено опробование из горизонтов различных возрастов. В данной работе использованы результаты количественного рентгеноспектрального микрозондового анализа поверхности кристалла пиропы (пироп № 1), отобранного из мономинеральной фракции шлиха в скважине № 73,9/210,5.

Была изучена минеральная примазка на поверхности исследуемого пиропы по шести точкам (спектрам), для каждой из которых были определены содержания химических компонентов вещественного состава (табл. 1).

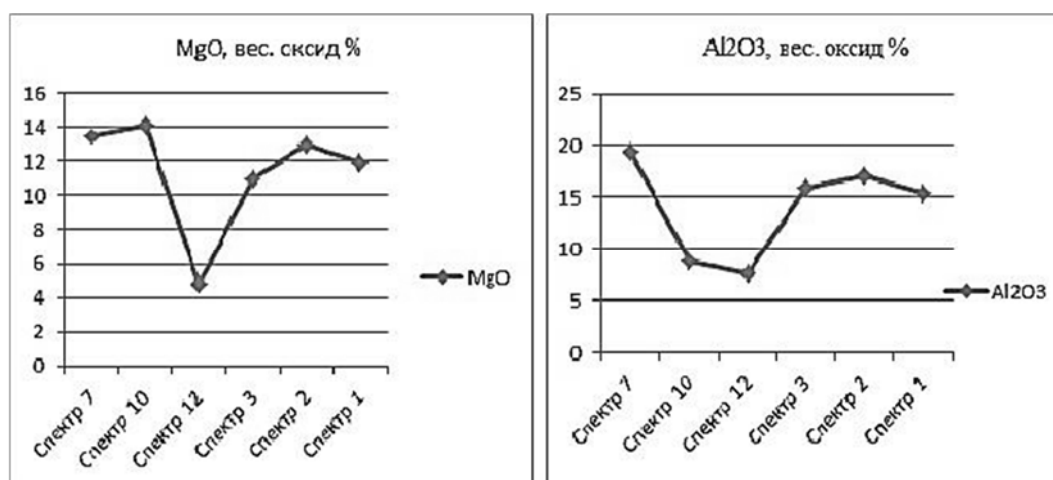
Анализ графиков изменчивости содержаний окислов вдоль профиля спектров (рис. 1-6) позволяет увидеть некоторые закономерности. Прежде всего следует отметить, что количественно преобладают такие соединения, как  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  и  $FeO$ . Остальные компоненты характеризуются низкими содержаниями.

Для всех компонентов состава минеральных примазок на пиропе была рассчитана матрица корреляции Пирсона (табл. 2).

Таблица 1

Химический состав минеральной примазки пиропы №1

Оксиды	Спектр 7	Спектр 10	Спектр 12	Спектр 3	Спектр 2	Спектр 1
Вес. %, оксид.						
$MgO$	13,48	14,1	4,84	10,96	13,01	11,98
$Al_2O_3$	19,37	8,82	7,52	15,86	17,21	15,35
$SiO_2$	33,12	42,38	63,92	27,79	34,52	31,93
$P_2O_5$	0,46	0	0	0,42	0,68	0,57
$SO_3$	2,17	0,58	0,99	1,91	1,54	0,98
$K_2O$	0,71	0,37	0,94	1,72	1,1	0,6
$CaO$	0,24	1,91	0,19	0,31	2,35	3,38
$TiO_2$	0	0	0	0	0	0,21
$Cr_2O_3$	1,47	0	0,95	1,71	2,25	2,73
$MnO$	0,42	0	0	0,32	0,44	0,48
$FeO$	19,62	29,93	8,83	17,83	12,01	9,73
Сумма	91,07	98,09	88,18	78,83	85,12	77,93

Рис. 1. Графики изменчивости содержаний  $MgO$  и  $Al_2O_3$

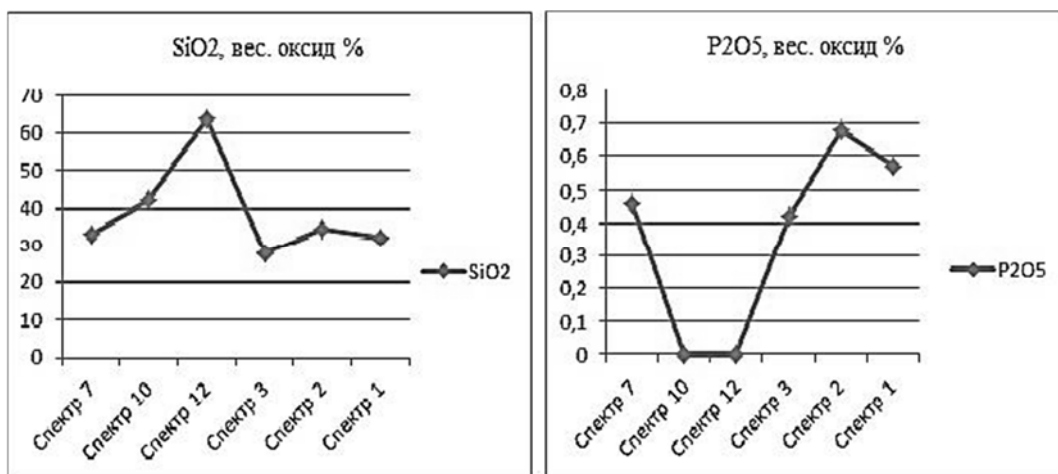


Рис. 2. Графики изменчивости содержаний SiO<sub>2</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

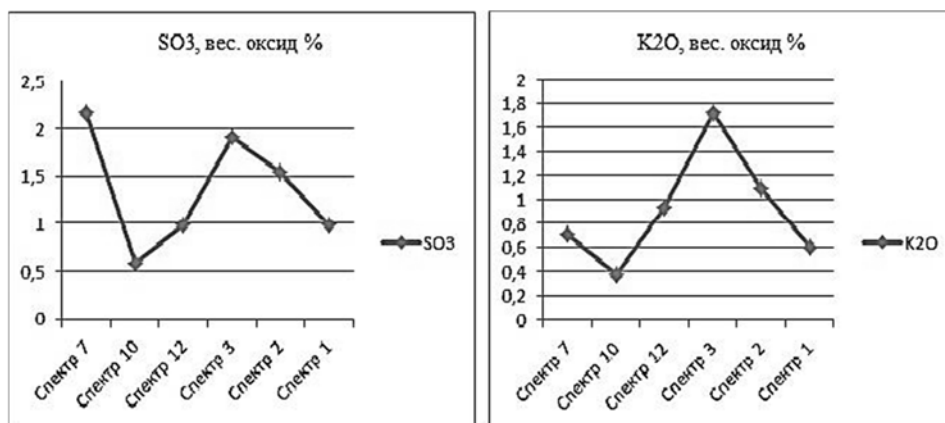


Рис. 3. Графики изменчивости содержаний SO<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>O

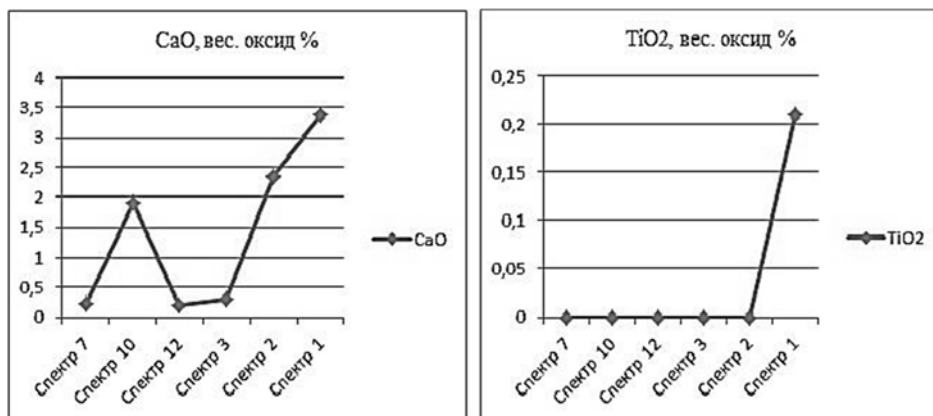


Рис. 4. Графики изменчивости содержаний CaO и TiO<sub>2</sub>

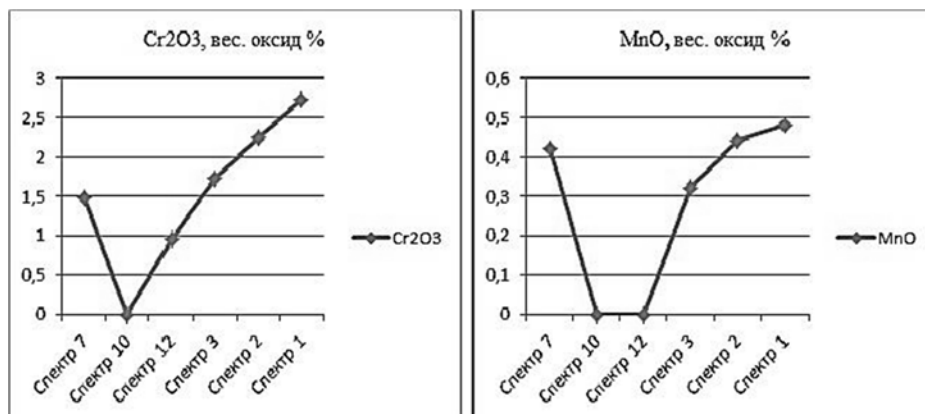


Рис. 5. Графики изменчивости содержаний Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MnO

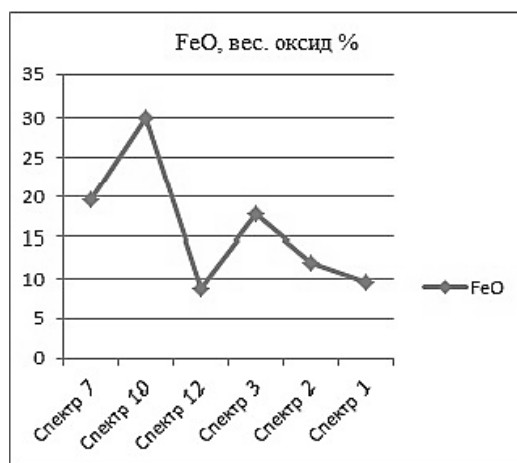


Рис. 6. Графики изменчивости содержаний FeO

Таблица 2

Корреляционная матрица Пирсона

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO
MgO	1	0,55	-0,78	0,5	0,18	-0,29	0,44	0,08	0,08	0,46	0,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1	-0,82	0,9	0,8	0,29	0,08	0,14	0,68	0,93	-0,13
SiO <sub>2</sub>			1	-0,76	-0,5	-0,25	-0,31	-0,26	-0,52	-0,78	-0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				1	0,57	0,3	0,41	0,36	0,89	0,97	-0,4
SO <sub>3</sub>					1	0,58	-0,5	-0,31	0,38	0,61	-0,11
K <sub>2</sub> O						1	-0,44	-0,32	0,32	0,22	-0,31
CaO							1	0,72	0,44	0,36	-0,12
TiO <sub>2</sub>								1	0,61	0,45	-0,41
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									1	0,89	-0,71
MnO										1	-0,36
FeO											1

Анализ матрицы корреляции позволяет отметить высокие положительные корреляционные связи между  $\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а также между  $\text{MgO}$  и  $\text{FeO}$ , но при этом нет значимой связи  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$ . Примечательна отрицательная связь, либо отсутствие какой-либо связи между  $\text{SiO}_2$  и остальными компонентами вещественного состава.

Выявленные особенности распределения химических компонентов позволяют прийти к выводу, что примазка на пиропе образована разными минералами. Комбинация  $\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  может быть представлена в составе шпинели, на что указывает приведение содержаний этих компонентов к 100 % и сравнение с составом шпинели по А.Г. Бетехтину [1](табл. 3).

Таблица 3

Определение минерального состава примазки на пиропе по спектрам 7, 10, 12, 3, 2 и 1

Оксиды	Спектр 7, %	Спектр 10, %	Спектр 12, %	Спектр 3, %	Спектр 2, %	Спектр 1, %	Среднее, %	Приведенное к 100%	Состав шпинели по А.Г. Бетехтину, %
MgO	13,48	14,1	4,84	10,96	13,01	11,98	11,40	44,83	28,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,37	8,82	7,52	15,86	17,21	15,35	14,02	55,17	71,8
Сумма	32,85	22,92	12,36	26,82	30,22	27,33	25,42	100	100

Высокая положительная связь между  $\text{MgO}$  и  $\text{FeO}$  позволяет предположить нахождение этих компонентов в составе такого минерала, как магномагнетит, либо магнезиовюстит.

Отсутствие связей, либо отрицательные связи  $\text{SiO}_2$  со всеми прочими компонентами, позволяют сделать вывод, что это соединение представлено в минеральной форме кварца, либо аморфного кремнезёма. Наличие прочих компонентов, присутствующих в составе примазки в малых количествах ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ), позволяет предположить присутствие незначительных примесей таких минералов, как хромшпинелиды и ильменит.

В целом анализ минерального состава примазки на пиропе имеет неоднородности, обусловленные особенностями генезиса. Наличие таких минералов, как шпинель, магномагнетит

(магнезиовюстит), связано с магматическим этапом формирования. Присутствие кварца (либо аморфного кремнезёма) связано с минеральными вторичными процессами в зоне гипергенеза.

#### ***Литература***

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М., 1951.- 543 с.
2. Гиниятуллин И.М., Блажкун Д.В. и др. Опорная легенда Ботуобинской серии листов Государственной геологической карты СССР масштаба 1:50000, Мирный, 1989 г.
3. Подвысоцкий В.Т., Белов Е.Н. Состав и условия формирования древних осадочных коллекторов и россыпей алмазов. Иркутск, 1995 г.

УДК 553.63

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛОВ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ НА ДАРГАНОВСКОМ УЧАСТКЕ ГРЕМЯЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

***Бовкунова Наталья Александровна***

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.*

*Платова, студентка 4 курса г.Новочеркасск*

*e-mail: natalibov36@yandex.ru*

***Научный руководитель: доцент, Фатуллаев Феликс Иггараудинович***

**Аннотация:** в основу данной работы положены материалы собранные автором во время прохождения первой производственной практике в ООО «ЕврохоХим-ВолгаКалий» В работе проведено исследование изменчивости содержания полезных компонентов (минералов) с глубиной в разведочных скважинах Гремяченского месторождения. По результатам опробования керн скважин построены вариационные диаграммы изменчивости содержания минералов с глубиной и рассчитан коэффициент корреляции Пирсона с целью определения взаимосвязи между содержанием в рудах различных минералов.

**Ключевые слова:** галогеновая толща, корреляционный анализ, кунгурский ярус.

## ***STATISTICAL ANALYSIS OF MINERALS OF THE MATERIAL COMPOSITION OF POTASH SALTS IN THE DARGANOVSKY SECTION OF THE GREMYACHINSKY DEPOSIT (VOLGOGRAD REGION)***

***Bovkunova Natalia Aleksandrovna***

*South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Russia), 4<sup>th</sup> year student,*

*Novocherkassk*

*e-mail: natalibov36@yandex.ru*

**Annotation:** the basis of this work is based on the materials collected by the author during the first practical training in LLC "EuroChohim-VolgaKaliy". the study of the variability of the content of useful components (minerals) with depth in the exploration wells of the Gremyachenskoye field. Based on the results of well core testing, variational diagrams of mineral content variability with depth were constructed and the Pearson correlation coefficient was calculated to determine the relationship between the content of different minerals in ores.

**Keywords:** halogen thickness, correlation analysis, Kungursky tier, statistical analysis.

Даргановский участок Гремяченского месторождения территориально относится к Пимено-Чернянскому сельскому поселению. Его площадь составляет 70,4 км<sup>2</sup>, предельные размеры: по широте - 11,5 км, по долготе – 8,2 км. На западе, юге и севере границы участка определяются границами горного отвода Восточно-Гремячинского участка; на востоке они обусловлены погружением калиеносной толщи на глубины, недоступные для шахтной отработки.

В пределах рассматриваемого лицензионного участка буровыми скважинами вскрыты отложения верхнего карбона, перми, триаса, мела и всех систем кайнозойской группы.

Галогенная толща распространена на всей площади участка и изучена по керну 70 поисково-оценочной скважине. По данным опробования керна этих скважин построены вариационные диаграммы изменчивости минерального состава галогеновой толще с глубиной. Для этих целей использованы данные по содержанию в пробах нерастворимого осадка, галита, сильвина, карналлита, ангидрита, кизерита, бишофита (рис.1).

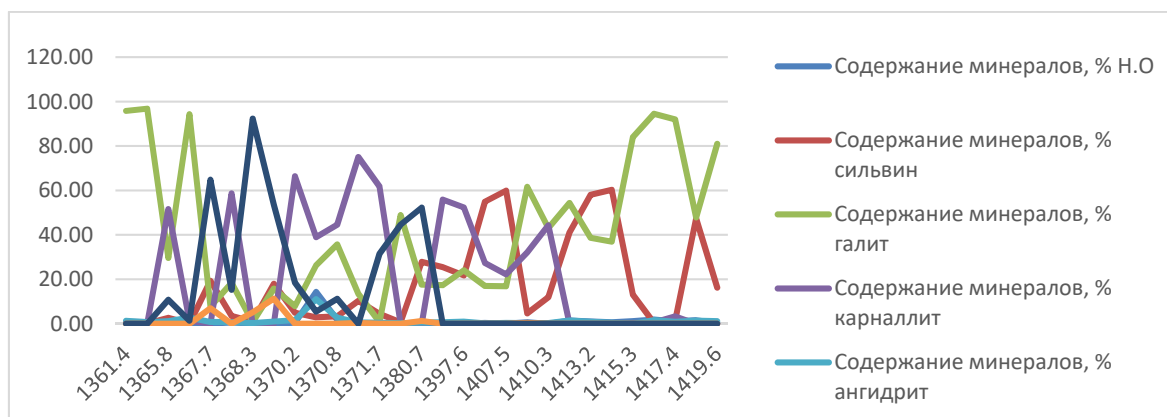


Рисунок 1. Вариационные диаграммы содержания рудных минералов в зависимости от глубины. (а- нерастворимый остаток; б- галит; в- сильвин; г- карналлит; д- ангидрит; е- кизерит; ж- бишофит)

Критерий корреляции Пирсона позволяет определить, есть ли линейная связь между изменениями значений двух переменных.

Анализ матрицы корреляции Пирсона позволяет определять взаимосвязь между процентным содержанием минералов и глубиной отбора проб в скважине (табл 1).

Таблица 1.

	Н.О	Сильвин	Галит	Карналлит	Андригит	Кизерит	Бишофит
Н.О	1						
Сильвин	-0,12	1					
Галит	00,02	-0,27	1				
Карналлит	00,05	-0,22	-0,52	1			
Андригит	00,95	-0,21	0,01	0,11	1		
Кизерит	-0,13	-0,05	-0,34	-0,27	-0,09	1	
Бишофит	-0,16	-0,21	-0,50	-0,19	-0,13	0,71	1

Последовательность выпадения солей определяется химическим составом солевого раствора. При этом природные парагенезисы полностью соответствуют экспериментально установленным фазовым соотношениям: первыми осаждаются кальцит и доломит, затем сульфаты кальция – гипс и ангидрит, а вскоре легкорастворимые соли – сильвинит.

### Заключение

По предоставленным мне аналитическим данным в ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий» были построены общие гистограммы, зависящие от глубины и процентного содержания минералов, а также была выявлена корреляционная связь между этими данными.

Корреляционная связь между минералами прямая, но также присутствует обратная связь между солью и другими химическими элементами.

При увеличении содержания галита, содержание сильвина значительно уменьшается с глубиной, также наличие сильвина уменьшается при увеличении карналлита, ангидрита, кизерита, бишофита.

Отрицательная связь галита наблюдается с карналлитом, кизеритом и бишофитом. У карналлита и ангидрита отрицательная корреляция с кизеритом и бишофитом.

Из ходя из данных таблицы 1 корреляция положительная наблюдается у таких минералов как: ангидрит и галит, ангидрит и карналлит.

### Литература

1. План развития геологоразведочных работ на Гремячинском месторождении калийных солей на 2009 год. ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», Москва, 2008. 2. Борисенков В.И. Геохимическое изучение особенностей формирования калийной и бишофитовой минерализации в западной части Прикаспийского кунгурского бассейна. Волгоградская партия МГУ, Волгоград – Москва, 1984.

УДК 549.08

## ТИТАНОМАГНЕТИТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МЕТАБАЗАЛЬТОВ ФЕДОРОВСКОЙ СВИТЫ

*Худякова Мария Николаевна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студентка 3  
курса, maria.khud.00@mail.ru*

*Научный руководитель: старший преподаватель Бадьянова Ирина Владиславовна,  
kataev7@psu.ru*

**Аннотация:** В данной статье отображены результаты исследования содержания титаномagnetита в метабазальтовой толще федотовской свиты верхнерифейских пород западного склона Среднего Урала. Содержание титаномagnetита определялось методом минералогического анализа. Описаны морфологические особенности зерен титаномagnetита и проведен анализ изменения их содержания и структурных особенностей с глубиной.

**Ключевые слова:** титаномagnetитовая минерализация, федоровская свита, метабазальты, минералогический анализ.

## TITANOMAGNETITE MINERALIZATION OF METABASALTS FEDOTOVSKAYA SUITE

*Khudyakova Maria Nikolaevna*

*Perm state university 3<sup>d</sup> year student, maria.khud.00@mail.ru*

*Research supervisor: senior lecturer Badyanova Irina Vladislavovna, kataev7@psu.ru*

**Abstract:** This article presents the results of a study of the content of titanomagnetite in the metabasalt sequence of the Fedotovskaya suite of the Upper Riphean rocks of the western slope of the Middle Urals. The content of titanomagnetite was determined by mineralogical analysis. The morphological features of titanomagnetite grains are described and changes in their content and structural features with depth are analyzed.

**Keywords:** titanomagnetite mineralization, Fedotov suite, metabasalts, mineralogical analysis.

Площадь, на которой проводилось исследование, расположена в Горнозаводском районе Пермского края. Территория входит в геоморфологическую страну Урал (зона кряжа), расположена в Среднеуральской подпровинции Уральской провинции. Даная территория принадлежит Урало-Новоземельскому складчатому поясу, представляющему западную часть Урало-Сибирской



эпигерцинской области завершённой складчатости. В тектоническом отношении район исследований находится в центральной части Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория западного крыла Центрально-Уральского поднятия [1]. Отложения, распространённые на изучаемой площади, имеют верхнерифейский возраст и представлены клыктанской и федотовской свитами (рис. 1). Породы клыктанской свиты сложены (снизу-вверх) кварцитопесчаниками, сланцами серицит-кварцевыми и карбонат-серицит-кварцевыми и мраморизованными известняками и доломитами. Федотовская свита представлена углисто-серицит-кварцевыми сланцами с подчиненными прослоями кварцитопесчаников, metabазальтов и метариолитов [3]. Наибольший интерес для исследования ценной минерализации вызывают черносланцевые породы федотовской свиты, в них исследователями-предшественниками установлены золоторудная, платиновая, тантал-ниобиевая и др. типы минерализации.

Ранее геологами-исследователями были выявлены в породах основного состава и их метаморфизованных аналогах рудопроявления титаномагнетитовых руд [2]. Месторождения титаномагнетита используются для извлечения железа, титана и ванадия.

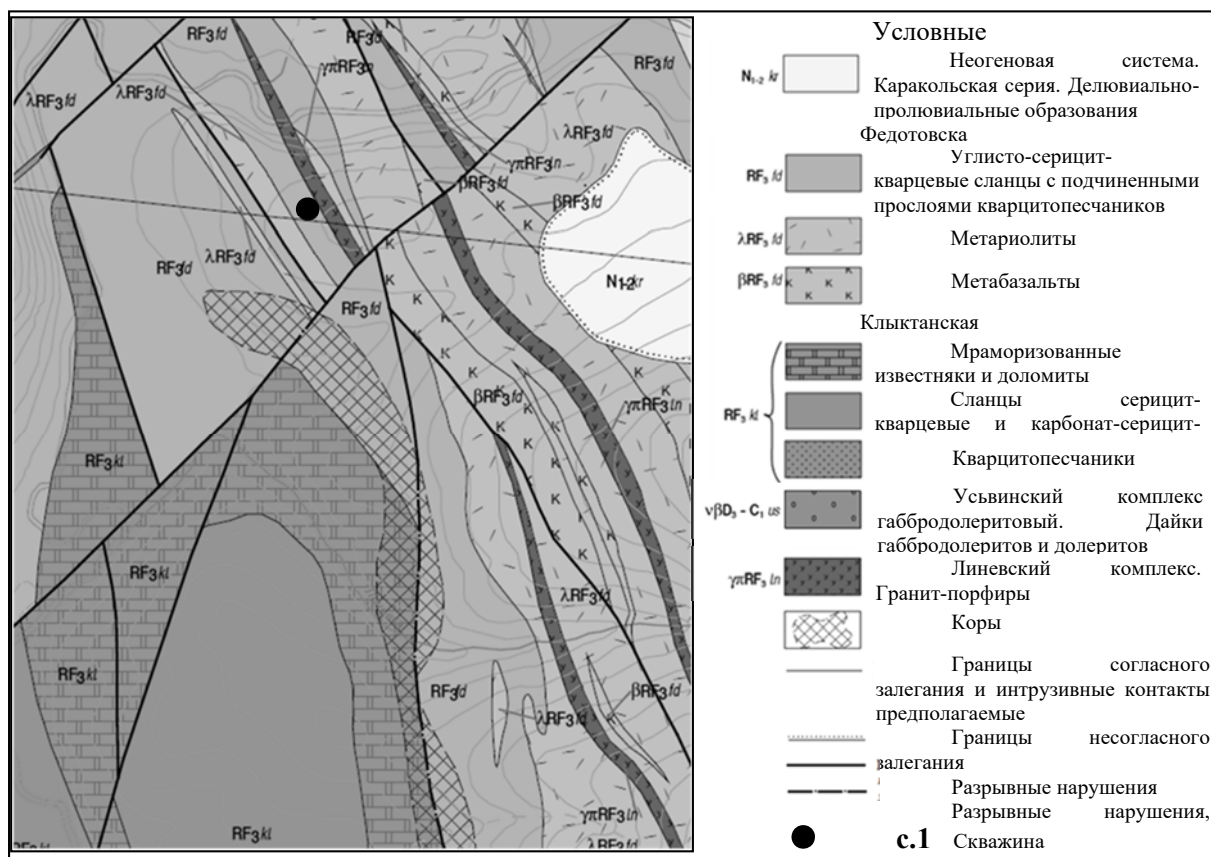


Рис. 1. Геологическая карта исследуемой местности (составитель Суслов, 2019)

В данной научной работе приведены результаты исследования тяжелой фракции девяти протоочных проб, предоставленных ОАО «Пермгеолнеруд» в рамках выполнения поисковых работ 2012-2014 гг. на выявление месторождений рудного золота в углеродистых терригенно-карбонатных породах Горнозаводского района Пермского края. В протоочных пробах, отобранных из керна скважины с глубины от 126 до 201,5 м, вскрывшей metabазальтовые прослои вулканогенной пачки средней подбиты федотовской свиты, нами установлена титаномагнетитовая минерализация. Для изучения зерен титаномагнетита оптико-минералогическим методом анализа использовалось оборудование Центра коллективного пользования уникальным научным оборудованием Пермского государственного национального исследовательского университета, в частности бинокулярный микроскоп Meiji Techno EMT 2.

Методика исследования проб включала в себя следующие операции: 1) из тяжелой фракции пробы при помощи квартования методом кольца и конуса отбиралась дорожка из 300-500 зерен; 2) в дорожке определялся минеральный состав и процентное содержание титаномагнетита; 3) затем

отбиралась монофракция титаномагнетита для фотографирования и морфологического описания; 4) далее обрабатывалась полученная информация и строился график.

В результате минералогического анализа было установлено, тяжелая фракция состоит из титаномагнетита (от 16 до 99,5%), хлорита (от 0 до 20%), эпидота (от 0 до 36%), актинолита (от 0 до 27%), сульфидов (от 0 до 38%) и гидроксидов железа (менее 1 %). Так же во многих пробах имеются сростки титаномагнетита, хлорита и кварца.

На глубине 201,5 м. основную массу тяжелой фракции составляет титаномагнетит. На небольших глубинах его содержание небольшое, а зерна плохо сформированы. С увеличением глубины увеличивается размер, зерна становятся более идиоморфными. Это можно увидеть на рисунках 2-5. В пробе 305-107 преобладают зерна размером 0,075 мм, тогда как в пробе 305-175 - 0,5 мм.

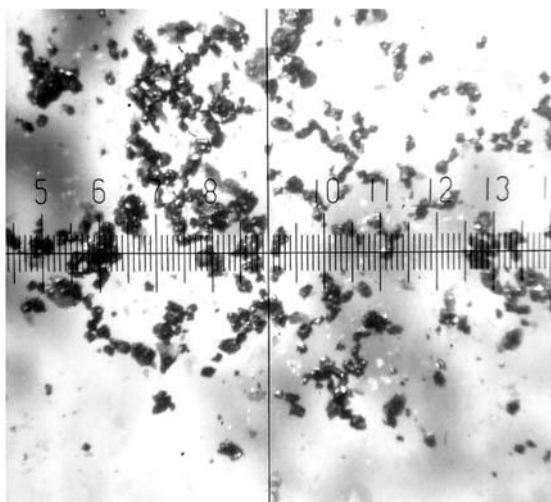


Рис. 2. Зерна титаномагнетита в пробе 305-107

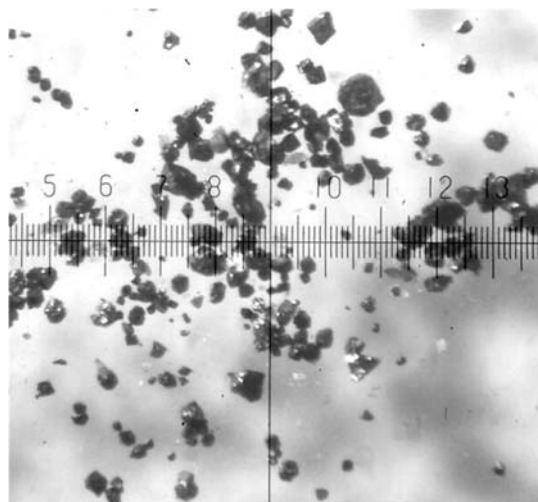


Рис. 3. Зерна титаномагнетита в пробе 305-146

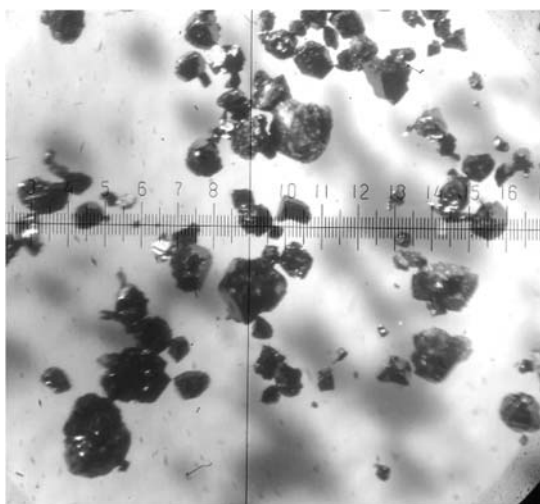


Рис. 4. Зерна титаномагнетита в пробе 305-173

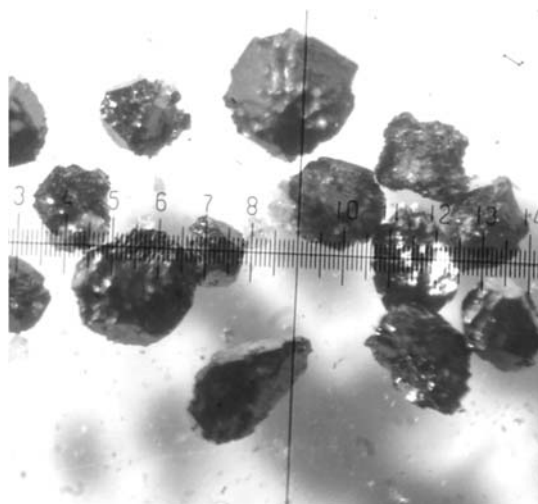


Рис. 5. Зерна титаномагнетита в пробе 305-175

Так же с увеличением глубины, увеличивается количество лейкоксенизированных титаномагнетитов. Они представляют наибольший интерес, так как предполагается, что содержание оксида титана и ванадия в них повышенное.

Морфология зерен лейкоксенизированных титаномагнетитов весьма однообразна. Их зерна крупные, хорошо сформированные, имеют ровные очертания, изометричную либо октаэдрическую форму, размер достигает 0,6 мм, на поверхности в углублениях присутствует белый налет (предположительно, лейкоксена) (рис.6).

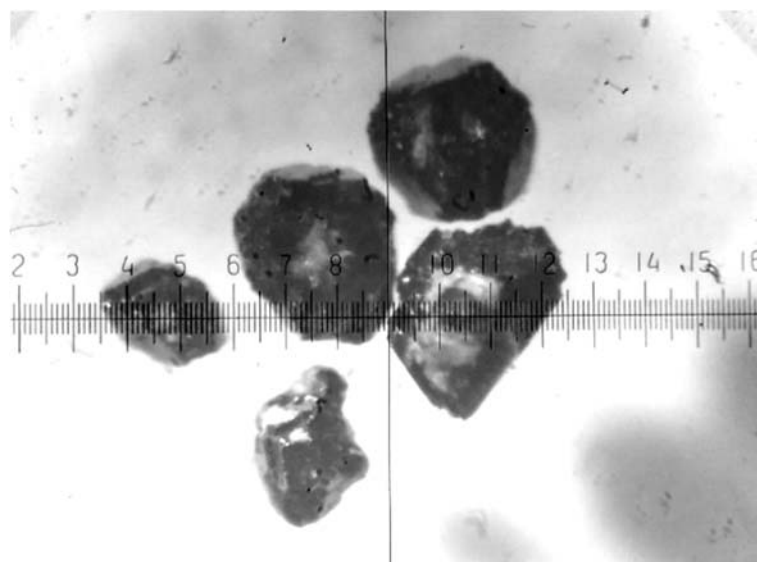


Рис. 6. Зерна лейкоксенизированных титаномagnetитов

В результате исследования шлихов установлено, что с глубиной увеличивается выход тяжелой фракции и содержание титаномagnetита в пробе. Это можно увидеть на рисунке 7.

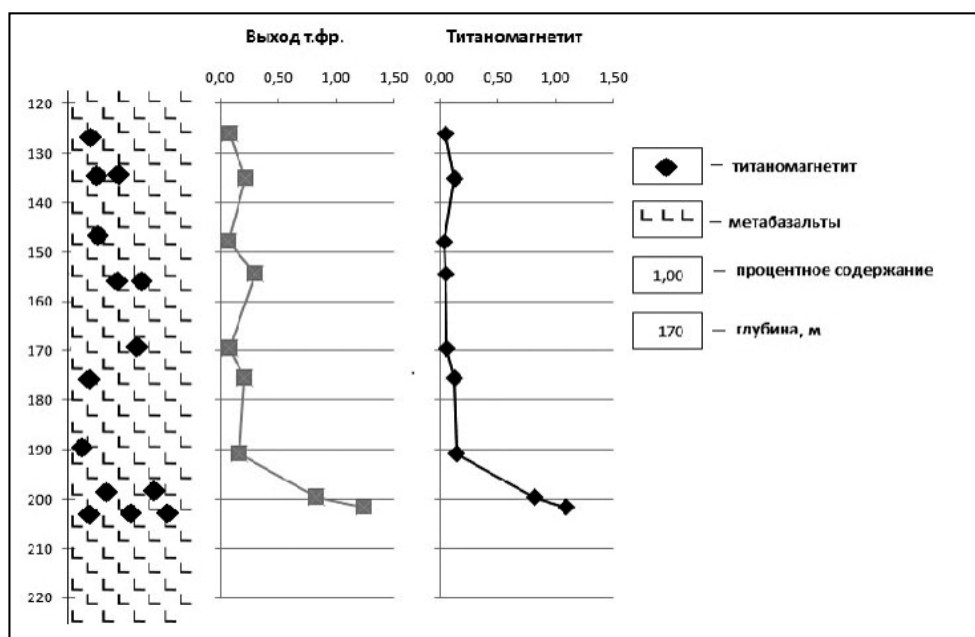


Рис. 7. Графики процентного содержания выхода тяжелой фракции и титаномagnetита в пробе

Исходя из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что работа является актуальной, так как содержание титаномagnetита от протолочной пробы 305-175 более 1 процента, а в современном мире есть необходимость выявления новых источников получения железа, титана и ванадия.

### Литература

1. Водолазская В.П., Тетерин И.П., Кириллов В.А., Лукьянова Л.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации // Серия Уральская СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 497 с. + 6 вкл.
2. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Пороодообразующие минералы. М.: из-во «Мир», 1966. 408 с.
3. Осовецкий Б.М., Суслов С.Б., Бадьянова И.В. Тантало-ниобаты в породах федотовской свиты верхнего рифея (Средний Урал) // Вестник Пермского университета. Пермь, 2019. 332-346 с.

УДК 552.513+552.54

## УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ СРЕДНЕ-ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАШТЫПСКОГО ПРОГИБА ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ ВПАДИНЫ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

**Набатников Артур Владимирович**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, магистрант 2  
года обучения, г. Томск*

*e-mail: arturka96@mail.ru*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент, Бетхер Ольга Васильевна*

**Аннотация:** Объектом исследования послужили терригенные и карбонатные отложения средне-верхнедевонского возраста, отобранные в районе Таштыпского прогиба Южно-Минусинской впадины с целью выявления условий седиментации и геохимических особенностей. В ходе работы были проделаны атомно-эмиссионный (ICP-MS) и гранулометрический анализы с последующей интерпретацией полученных данных. В результате были сформулированы необходимые выводы об обстановках осадконакопления отложений и определены некоторые геохимические показатели, такие как дальность переноса терригенного материала, палеоклиматические условия, соленость воды.

**Ключевые слова:** терригенные породы, известняки, гранулометрический анализ, геохимия, диаграммы, фации, редкоземельные элементы.

## CONDITIONS OF SEDIMENTATION OF THE MIDDLE-UPPER DEVONIAN DEPOSITS OF THE TASHTYP TROUGH OF THE SOUTH- MINUSINSK BASIN (REPUBLIC OF KHAKASIA)

**Nabatnikov Arthur Vladimirovich**

*The National Research Tomsk State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Tomsk*

*e-mail: arturka96@mail.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, reader, Betkher Olga Vasilievna*

**Abstract:** The subject of the research are terrigenous and carbonate sediments of the Middle-Upper Devonian age which were selected in the region of the Tashtyp trough of the South-Minusinsk Basin in order to identify sedimentation conditions and geochemical features. In the course of the work, atomic emission (ICP-MS) and particle size analyzes were carried out with interpretation of the data obtained. As a result, the necessary conclusions were obtained on the sedimentation conditions of sediments and some geochemical indicators were determined, such as the range of transfer of terrigenous material, paleoclimatic conditions, and salinity of the water.

**Keywords:** terrigenous sediments, limestones, particle size distribution, geochemistry, charts, facies, rare earth elements.

В данной работе рассмотрены условия седиментации и геохимические особенности средне-верхнедевонских терригенных и карбонатных отложений Таштыпского прогиба Южно-Минусинской впадины на основании гранулометрического анализа и оценки вещественного состава пород аскизской, илеморовской, бейской и ойдановской свит. Посредством литолого-петрографического описания было установлено, что к терригенным породам относятся песчаники и алевропесчаники, к карбонатным – известняки.

По результатам гранулометрического анализа песчаников и алевропесчаников были построены генетические диаграммы Л.Б. Рухина и Г.Ф. Рожкова, а также динамическая диаграмма Р. Пассега.

Метод, предложенный Л.Б. Рухиным, заключается в использовании двух коэффициентов (среднего размера и коэффициента сортировки), на основе которых устанавливается генезис песчаных отложений [4]. На эмпирической генетической диаграмме фигуративные точки пород попали в поле песчаников, образованных в условиях волнений (обр. 3225-1, 3218-3 ( $D_{2as}$ ), 3279-1 ( $D_{2bs}$ ), 3282 и 5374-2 ( $D_{3od}$ )). Оставшиеся песчаники оказались в поле песков, отложенных в

неподвижной или ламинарной среде – центральные части озер и морей (обр. 3219 ( $D_{2as}$ )), и в поле песков, сформированных в условиях однонаправленного потока (3419-1 ( $D_{2il}$ )).

Диаграмма Г. Ф. Рожкова в координатах «асимметрия — эксцесс» по данным косвенного счета, как показала ее проверка М. Ф. Лотфи и М. А. Рашеда, обладает наибольшей (но не абсолютной) «разрешающей силой» для разделения песков разного генезиса: шельфовых флювиальных и застойных участков, прибрежных прибойных и флювиальных, речных и эоловых.

Наиболее четко на диаграмме распознаются следующие обстановки: застойные, речных течений, выхода волн на мелководье, наката волн и деятельности ветра [4].

Как показали результаты диаграммы, часть исследуемых пород – обр. 3219 ( $D_{2as}$ ), 3282 и 5374-2 ( $D_{3od}$ ) – попали в зону эоловых переработок речных осадков (континентальная фация пустынь). Песчаник бейской свиты (обр. 3279-1) относится к осадкам, образованным в обстановке волновых процессов на мелководье в пределах прибрежно-морской фации. Песчаник (обр. 3225-1 ( $D_{2as}$ )) попал в зону слабых, преимущественно речных, течений, что соответствует группе континентальных речных фаций. Гранулометрические характеристики песчаников (обр. 3419-1 ( $D_{2il}$ ) и 3218-3 ( $D_{2as}$ )) отражают область выходов волн на мелководье (сильных вдольбереговых течений, накатов волн и выходов волн на мелководье, соответственно), относящуюся к прибрежно-морским фациям.

Динамическая диаграмма Р. Пассега учитывает способ транспортировки кластического материала качением частиц, сальтацией, переносом в виде градиационной или однородной суспензии. Транспортировка крупно- и тонкозернистых фракций происходит независимо. Результаты анализов различных осадков на диаграмме формируют сложную фигуру, которая была разделена на сегменты, отвечающие определенным условиям седиментации [1].

На диаграмме фигуративные точки пород (обр. 3225-1 ( $D_{2as}$ ), 3279-1 ( $D_{2bs}$ ), 5374-2 и 3282 ( $D_{3od}$ )) располагаются в поле фаций рек и направленных течений, обр. 3419-1 ( $D_{2il}$ ) и 3218-3 ( $D_{2as}$ ) – фаций пляжа и мелководий, обр. 3219 ( $D_{2as}$ ) – фаций мутьевых потоков.

Подводя итог гранулометрического анализа терригенных пород, можно заключить, что наибольшая «фациальная схожесть» наблюдается на диаграммах Г.Ф. Рожкова и Р. Пассега (табл. 1).

Таблица 1

Условия осадконакопления обломочного материала изучаемых терригенных пород

№ образца	Свита	Диаграмма Г.Ф. Рожкова	Диаграмма Л.Б. Рухина	Диаграмма Р. Пассега
3225-1	Аскизская	Слабых, преимущественно речных, течений	Волнений	Рек и направленных течений
3219	Аскизская	Эоловых переработок речных осадков	Неподвижной или ламинарной среды	Мутьевых потоков
3218-3	Аскизская	Выходов волн на мелководье, мощных накатов	Волнений	Пляжа и мелководий
3419-1	Илеморовская	Выходов волн на мелководье, сильных вдольбереговых течений, накатов волн	Неподвижной или ламинарной среды	Пляжа и мелководий
3279-1	Бейская	Волновых процессов на мелководье	Волнений	Рек и направленных течений
5374-2	Ойдановская	Эоловых переработок речных осадков	Волнений	Рек и направленных течений
3282	Ойдановская	Эоловых переработок речных осадков	Волнений	Рек и направленных течений

Для оценки вещественного состава пород был применен атомно-эмиссионный анализ ICP-MS, проведенный в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» при Томском государственном университете. Данный анализ позволяет получить необходимые данные для проведения реконструкции фациальных условий накопления осадков пород. Полученные результаты были нормированы по средним содержаниям редкоземельных элементов (РЗЭ) североамериканского сланца (NASC). Были исследованы терригенные породы аскизской (обр. 3219, 3219-1), илеморовской (обр. 5372, 5372-1), бейской (обр. 3279-2) и ойдановской (обр. 5374-2) свит, а также карбонатные породы бейской свиты (обр. 3279-3, 3279-3-3, 3279-3-4). Для терригенных и карбонатных пород были построены отдельные диаграммы (рис.).

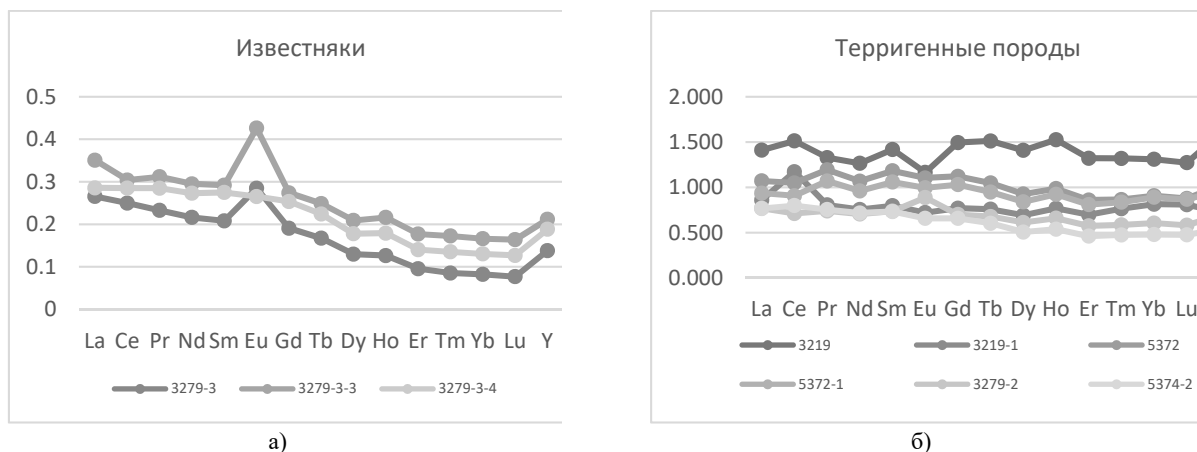


Рис. 1. Диаграмма распределения нормированных РЗЭ по NASC для известняков (а) и терригенных пород (б)

Карбонатные породы бейской свиты (рис. 1а) характеризуются низкими показателями РЗЭ с постепенным понижением значений содержания как группы легких, так и тяжелых лантаноидов. В двух породах – обр. 3279-3 и 3279-3-3 наблюдается резкое повышение содержания Eu, что, возможно, указывает на большее количество примеси бескарбонатного вещества [3] по сравнению с обр. 3279-3-4.

Кривые распределения нормированных данных по терригенным породам (рис. 1б) можно объединить в три группы. К первой группе относится песчаник аскизской свиты (обр. 3219), который характеризуется наиболее высокими показателями содержания РЗЭ по сравнению с остальными породами. Усредненное значение содержания легких и тяжелых лантаноидов равно 1,39.

Во вторую группу попадают песчаник и алевропесчаник илеморовской свиты (обр. 5372 и 5372-1), в которых содержания РЗЭ приближены к 1. Эти породы характеризуются преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми, что указывает на преобладание терригенной составляющей, как источника вещества, по сравнению с влиянием морской воды [3].

Третья группа, в которой оказались алевропесчаник и песчаники, соответственно (обр. 3219-1, 3279-2 и 5374-2), характеризуется более низкими значениями РЗЭ с примерно равным содержанием тяжелых и легких лантаноидов, что позволяет говорить о равном влиянии терригенной составляющей и морской воды на состав пород [3].

Для реконструкции фациальных особенностей накопления осадков были рассчитаны геохимические показатели: Sr/Ba, Ti/Zr, Ce/Ce\*, Ce/Y, La/Yb (табл. 2).

Таблица 2

	Геохимические показатели								
	Терригенные породы						Известняки		
	3219 (D <sub>2as</sub> )	3219-1 (D <sub>2as</sub> )	5372 (D <sub>2il</sub> )	5372-1 (D <sub>2il</sub> )	3279-2 (D <sub>2bs</sub> )	5374-2 (D <sub>3od</sub> )	3279-3 (D <sub>2bs</sub> )	3279-3-3 (D <sub>2bs</sub> )	3279-3-4 (D <sub>2bs</sub> )
<b>Sr/Ba</b>	0,26	0,28	0,12	0,68	0,18	0,23	1,57	0,62	3,68
<b>Ti/Zr</b>	12,09	13,10	17,30	18,32	17,23	28,08	16,22	36,13	18,96
<b>Ce/Y</b>	2,48	4,18	2,67	2,45	2,65	3,82	4,69	3,72	3,92
<b>Ce/Ce*</b>	1,51	1,17	1,05	0,91	0,71	0,80	0,25	0,30	0,29
<b>La/Yb</b>	11,12	10,90	12,18	10,85	13,11	16,48	33,27	21,80	22,61

Для оценки дальности переноса терригенного материала было использовано отношение Ti/Zr [2]. Исходя из полученных результатов, все исследуемые терригенные породы имеют весьма высокие значения данного отношения, тем самым можно предположить, что они были образованы недалеко от питающей провинции (или источника сноса).

Использование отношения Sr/Ba как индикатора палеосолености основано на том, что при интенсивном химическом выветривании барий и стронций мигрируют до попадания в морские водоемы совместно. В прибрежных водах Ba быстро связывается с SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и выпадает в осадок. Осаждение стронция начинается лишь при концентрации солей в морской воде ~ 15‰. Поэтому, по соотношению Sr/Ba в осадках одного возраста можно проследить переход от пресноводных отложений к морским [2]. Таким образом, терригенные породы ввиду низких значений отношения Sr/Ba (<0,3) формировались в близконтинентальной или континентальной обстановке или

опресненного водоема (реки, мутьевые потоки – по данным гранулометрического анализа), за исключением алевропесчаника илеморовской свиты – обр. 5372-1 (чей показатель равен 0,68), который, вероятно, относится уже к прибрежно-морской среде накопления. Карбонатные породы, в частности, известняки с оолитовой структурой (обр. 3279-3 и 3279-3-4) с показателями отношения  $Sr/Ba > 1$  формировались в условиях морского бассейна с повышенной соленостью, тогда как тонкозернистый трещиноватый известняк с терригенной примесью (обр. 3279-3-3) и со значением показателя  $Sr/Ba$ , равным 0,62, относится к прибрежно-морской среде накопления с пониженной соленостью.

Общим геохимическим показателем палеогеографических условий накопления тех или иных осадочных образований часто рассматривается так называемая цериевая аномалия -  $Ce/Ce^*$ , которая рассматривается как индикатор таких седиментационных обстановок, как близспрединговые ( $Ce/Ce^* \sim 0,25-0,3$ ), глубоководных котловин ( $Ce/Ce^* \sim 0,55-0,6$ ) и окраинно-континентальные ( $Ce/Ce^* \sim 0,9-1,3$ ) [2]. По результатам подсчета данного отношения терригенные породы, в большинстве своем, символизируют окраинно-континентальную обстановку седиментации. Начиная с бейской свиты, породы тяготеют к более глубоководной обстановке ввиду понижения значений отношения. Следовательно, наблюдается переход терригенных пород от прибрежно-морской среды к пелагиалиям.

Отношение  $Ce/Y$  является индикатором палеоклимата, что позволяет выявить гумидную или аридную обстановку. В первой из них наблюдается дифференциация содержания и состава РЗЭ, во второй она отсутствует. В качестве порогового значения между ними принимается величина отношения  $Ce/Y$ , равная 3 [5]. Исходя из этого, карбонатные породы с величиной  $>3$  формировались в гумидном климате, тогда как большая часть терригенных пород (за исключением обр. 3219-1 и 5374-2) имеют отношение к аридным обстановкам. В связи с этим можно предположить о периодической смене климата в среднем девоне.

Критерий  $La/Yb$  выступает мерой соотношения кислых и основных пород в источниках сноса обломочного материала осадочных пород. При значении, превышающем 1,85, делается вывод о преобладании кислых пород в источниках сноса обломочного материала осадочных пород [2,5]. В нашем случае все исследуемые терригенные породы подходят под данный критерий ввиду значительного превышения значения, равного 1,85.

Таким образом, средне-верхнедевонские отложения характеризуются довольно спокойной обстановкой накопления. Формирование терригенных пород аскизской свиты протекало в опресненном водоеме с постепенным переходом в прибрежно-морскую среду на границе илеморовской и бейской свит, что подчеркивается результатами гранулометрического анализа и фацеального индикатора  $Sr/Ba$ . Исходя из результатов подсчета цериевой аномалии, материал пород бейской свиты, предположительно, мог накапливаться в условиях морского бассейна. На границе бейской и ойдановской свит наблюдается обратный переход к речным фациям. Стоит отметить также, что породы формировались близ питающей провинции, преимущественно в аридном климате. Образование карбонатных пород, исходя из анализа геохимических показателей, объясняется морскими условиями с чередованием солености воды, а также гумидным климатом в бейской свите среднего девона.

### **Литература**

1. Гроссгейм В.А., Бескровная О.В., Геращенко И.Л. и др. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа). — Л.: Недра, 1984. — 271 с.
2. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. — 289 с.
3. Скляров Е.В. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Е.В. Скляров и др.; Под ред. Б.В. Склярова. — М.: Интермет Инжиниринг, 2001. — 288 с.
4. Фролов В.Т. Литология. Кн.1: Учебное пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1992. — 336 с.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. — СПб.: Наука, 2000. — 479 с.



УДК 550.42+552.42

## ЭОАРХЕЙСКИЙ ЦИРКОН ИЗ ГРАНУЛИТОВ ДАЛДЫНСКОЙ СЕРИИ АНАБАРСКОГО ЩИТА

**Сергеева Людмила Юрьевна**

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского  
г. Санкт-Петербург*

*e-mail: sergeeva.luda02@yandex.ru*

**Гусев Николай Иванович**

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского  
г. Санкт-Петербург*

*e-mail: Nikolay\_Gusev@vsegei.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Скублов Сергей Геннадьевич

**Аннотация:** В северной части Анабарского щита в верховьях р. Налим-Рассоха ортопироксеновые плагиогнейсы далдынской серии содержат линзы мафических пород. В результате U-Pb датирования циркона (SHRIMP-II) из мафических пород для группы зерен получен конкордантный возраст в широком диапазоне значений от 3567 до 1939 млн лет. 7 зерен циркона принадлежат дискордии с пересечениями  $3987 \pm 71$  –  $3599 \pm 33$  млн лет. Lu-Hf систематика в 14 зернах циркона характеризуется  $\epsilon_{\text{Hf}}(T) = +3.7$ , близкими значениями  $T_{\text{Hf}}(\text{DM}) = 3.95$  и  $= 3.93$  млрд лет, для наиболее древнего циркона – 3.99 млрд лет. Палеоархейские цирконы (3.57 млрд лет) характеризуются отрицательными величинами  $\epsilon_{\text{Hf}}(T) = -5.3$  и  $-6.8$  и значениями  $T_{\text{Hf}}(\text{DM}) = 3.92$ – $3.98$  млрд лет и  $= 4.14$ – $4.24$  млрд лет,

указывающими на рециклинг ранее существовавшей континентальной коры эоархейского и хадейского возраста. Образование более позднего циркона (3287–2410 млн лет) также происходило в процессе переработки ранее существовавшей коры.

**Ключевые слова:** Анабарский щит, далдынская серия, гранулиты, циркон, U-Pb датирование, Sm-Nd и Lu-Hf изотопная систем

## THE EOARCHEAN ZIRCONS FROM GRANULITES OF THE DALDYN GROUP OF THE ANABAR SHIELD, SIBERIAN CRATON, RUSSIA

**Sergeeva Lyudmila Yuryevna**

*Karpinsky Russian Geological Research Institute of Geology (VSEGEI)  
St. Petersburg*

*e-mail: sergeeva.luda02@yandex.ru*

**Gusev Nikolay Ivanovich**

*St. Petersburg*

*e-mail: Nikolay\_Gusev@vsegei.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Skublov Sergey Gennadevich

**Abstract:** In the Northern part of the Anabar shield in the upper reaches of the Nalim Rassokha River, orthopyroxene plagiogneises of the Daldyn Group contain lenses of mafic rocks. In response to U-Pb Dating of zircon (SHRIMP-II) from mafic rocks for a group of grains, a concordant age was obtained in a wide range of values from 3567 to 1939 Ma. 7 zircon grains belong to discordia with intersections of  $3987 \pm 71$ – $3599 \pm 33$  Ma. The Lu-Hf systematics of 14 zircon grains is characterized by  $\epsilon_{\text{Hf}}(T) = +3.7$ , close values of  $T_{\text{Hf}}(\text{DM}) = 3.95$  and  $= 3.93$  Ga, for the oldest zircon – 3.99 Ga. For the Paleoarchean zircon (3.57 Ga), negative values of  $\epsilon_{\text{Hf}}(T) = -5.3$  and  $-6.8$  were obtained, and values of  $T_{\text{Hf}}(\text{DM}) = 3.92$ – $3.98$  Ga and  $= 4.14$ – $4.24$  Ga. The data obtained indicate the recycling of pre-existing continental crust of Eoarchean and Hadean age.

**Keywords:** Anabar Shield, Daldyn Group, granulites, zircon, U-Pb dating, Sm-Nd and Lu-Hf systematics



Гранулитогнейсовые комплексы являются древнейшими образованиями, широко распространенными на щитах и в кристаллическом фундаменте платформ. Комплексное изучение гранулитов позволяет получить важную информацию о составе и степени преобразования ранней континентальной коры [2]. На территории Анабарского щита преимущественно распространены породы гранулитовой фации метаморфизма далдынской и верхнеанабарской серии архейского возраста, а также хапчанской серии раннего протерозоя (рис. 1) [1, 3, 4]. В северной части Анабарского щита в верховьях р. Налым-Рассоха ортопироксеновые плаггиогнейсы далдынской серии содержат линзы мафических пород. Мафические породы, представленные двупироксеновыми кристаллосланцами, по химическому составу соответствуют щелочным базитам. Кристаллосланцы отличаются низким содержанием  $\text{SiO}_2$  (44.7 %), высоким содержанием железа и магния, повышенной щелочностью ( $\text{Na}_2\text{O} = 2.49\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 0.9\%$ ). Ортопироксеновые плаггиогнейсы имеют тоналит-гранодиоритовый состав и соответствуют гранодиоритам ( $\text{SiO}_2 = 69.2\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 3.8\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 1.61\%$ ). Ортопироксеновые плаггиогнейсы гранодиоритового состава ( $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.1097$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T}) = 1.6$ ,  $T_{\text{Nd}}(\text{DM}) = 3.47$  млрд лет) образованы по анатектическим гранитоидам с возрастом 3.4 млрд лет. Мафические породы высоко обогащены REE ( $\Sigma\text{REE} = 636$  ppm) и Zr, Th, Pb. Они характеризуются значениями  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.099$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T}) = 1.4$  и  $T_{\text{Nd}}(\text{DM}) = 3.65$  млрд лет.

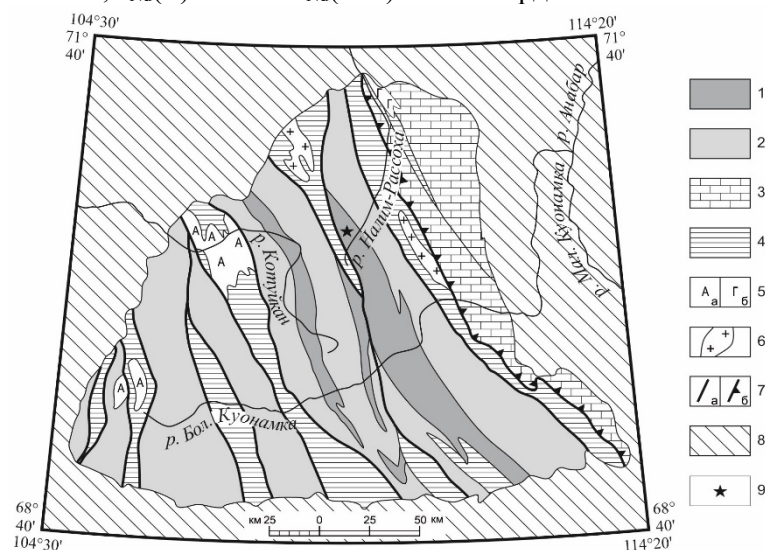


Рис. 1. Схема геологического строения Анабарского щита.

1–3 – метаморфические образования архея и раннего протерозоя: 1 – далдынская серия, 2 – верхнеанабарская серия, 3 – хапчанская серия; 4 – раннепротерозойские зоны смятия; 5 – интрузивные образования: а – анортозиты, б – габброиды; 6 – автохтонные и параавтохтонные гранитоиды; 7 – главные разломы: а – крутопадающие, б – надвиги; 8 – платформенный чехол; 9 – участок с эоархейскими кристаллосланцами, координаты:  $70^{\circ}26'49.9''$  с.ш.,  $109^{\circ}31'14.7''$

Циркон из двупироксеновых кристаллосланцев представлен призматическими и овальными зернами полигенного строения длиной 108–370 мкм с коэффициентом удлинения ( $K_y$ ) 1.2–3.2. В катодолюминесцентном изображении (CL) выделяются ядра с грубой, секториальной, реже ритмичной, зональностью с темно-серыми до черного оболочками. В некоторых зернах наблюдаются тонкие прерывистые белые оболочки. В результате U-Pb датирования циркона (SHRIMP-II) из мафических пород был получен широкий диапазон значений  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$  возраста 3838–1928 млн лет. 5 зерен циркона принадлежат дискордии с верхним пересечением  $3987 \pm 71$  и нижним пересечением  $2071 \pm 180$  млн лет, соответствующим возрасту гранулитового метаморфизма в раннем протерозое. В цирконе выделяются два возрастных кластера: ранне- и позднепалеоархейский. Для четырех зерен получена дискордия с верхним пересечением  $3599 \pm 33$  млн лет. Позднепалеоархейские конкордантные значения имеют два зерна –  $3287 \pm 8$  и  $3243 \pm 3$  млн лет.

Lu-Hf систематика в 14 зернах циркона характеризуется  $\epsilon_{\text{Hf}}(\text{T}) = +3.7$ , близкими значениями  $T_{\text{Hf}}(\text{DM}) = 3.95$  и  $3.93$  млрд лет, для наиболее древнего циркона – 3.99 млрд лет.

Для палеоархейского циркона (3.57 млрд лет) получены отрицательные величины  $\epsilon_{\text{Hf}}(\text{T}) = -5.3$  и  $-6.8$ , характеризуется наиболее древним значением модельного возраста  $T_{\text{Hf}}(\text{DM}) = 3.92$ –3.98 млрд лет и хадейским возрастом экстракции коры  $T_{\text{Hf}} = 4.14$ –4.24 млрд лет. Полученные данные указывают на рециклинг ранее существовавшей континентальной коры эоархейского и хадейского возраста. Ксенолиты мафических пород залегают в более поздних (~3.4 млрд лет) палеоархейских плаггиогнейсах, в первичном виде представленных анатектическими гранитоидами. В процессе

анатексиса эоархейская мафическая кора была почти полностью переработана и присутствует в настоящее время только в виде ксенолитов в палеоархейских ортопироксеновых плагиогнейсах. По данным цирконовой термометрии, в палеоархее фиксируется несколько эпизодов УНТ-метаморфизма с возрастом 3570, 3382–3349, 3265 и около 3180 млн лет, которые связаны с внедрением в кору горячих базитовых магм.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-35-00229/19 мол\_а).*

### **Литература**

1. Гусев Н.И., Пушкин М.Г., Круглова А.А., Сергеева Л.Ю., Богомолов В.П., Строев Т.С., Молчанов А.В., Граханов С.А., Матюшков А.Д., Назаров Д.В., Морева Н.В., Николаева Л.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист R-49 – Оленек. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2016. 448 с.

2. Ножкин А.Д., Туркина О.М. Геохимия гранулитов каннского и шарыжалгайского комплексов. Новосибирск: Изд-во института, 219 с.

3. Розен О.М., Вишневский А.Н., Глуховский М.З., Злобин В.Л., Клименко В.Л., Куликов Ю.П., Лазур О.Г., Лутц Б.Г., Потапьев С.В., Рачков В.С., Самков В.В., Турченко С.И. Строение земной коры Анабарского щита. М.: Наука, 1986. 200 с.

4. Розен О.М., Андреев В.П., Белов А.Н., Бибикова Е.В., Злобин В.Л., Ляпунов С.М., Милановский С.Ю., Ножкин А.Д., Рачков В.С., Сонюшкин В.Е., Суханов М.К., Шахотко Л.И. Архей Анабарского щита и проблемы ранней эволюции Земли. М.: Наука, 1988. 253 с.

УДК 551.16

## **AB INITIO РАСЧЕТЫ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ $Fe_2P$ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ**

**Базарбек Асыл-Дастан Базарбекулы**

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
докторант 2 курса (2018-2021), г. Нур-Султан (Казахстан)

e-mail: asyl.bazarbek.92@mail.ru

**Сагатов Нурсултан Ерболулы**

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева,  
аспирант 3 курса (2017-2020), г. Новосибирск

e-mail: sagatinho23@gmail.com

**Научный руководитель:** к.ф.-м.н., доцент, Инербаев Талгат Муратович

**Аннотация:** В данной статье проведены расчеты с помощью квантово-химического моделирования из первых принципов в рамках метода функционала плотности для  $Fe_2P$  при высоких давлениях и температурах.

**Ключевые слова:** ядро Земли, температура, давление, квантовая механика, железо, фосфор

## **AB INITIO CALCULATIONS OF THE EQUATION OF STATE OF $Fe_2P$ UNDER HIGH PRESSURE**

**Bazarbek Assyl-Dastan**

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov,  
2<sup>nd</sup> year PhD student, Nur-Sultan (Kazakhstan)

e-mail: asyl.bazarbek.92@mail.ru

**Sagatov Nursultan**

*Institute of Geology and Mineralogy named after V.S. Sobolev,  
3<sup>rd</sup> year Post-graduate Student, Novosibirsk*

*e-mail: sagatinho23@gmail.com*

**Research Supervisor:** *Candidate of physical and mathematical sciences, associate professor,  
Inerbaev Talgat*

**Abstract:** In this article, calculations were performed using quantum chemical modeling from the first principles in the framework of the density functional method for  $Fe_2P$  at high pressures and temperature structures.

**Keywords:** Earth's core, temperature, pressure, quantum mechanics, iron, phosphorus

Внутренние оболочки Земли и планет не доступны напрямую к исследованию, и наши современные знания о недрах Земли основаны, главным образом, на сейсмологических наблюдениях, химии метеоритов и других геохимических исследованиях [1]. Как известно, внутреннее ядро является самой глубокой геосферой Земли и состоит в основном из сплавов железа и никеля и некоторых лёгких элементов (H, O, C, Si, S, P).

Поведение фосфора в сплавах Fe-Ni привлекло внимание исследователей, так как фосфор считается важным элементом, существующим в ядрах планет [3]. Таким образом, понимание поведения соединений в системе Fe-Ni-P при высоких давлениях и температурах имеет важное значение для обсуждения и ограничения свойств планетарных ядер. Как следствие, соединения железа с фосфором заслуживают внимания для изучения их структуры и свойств.

Температура внутреннего ядра может быть оценена с учётом теоретически и экспериментально наблюдаемых ограничений по температуре плавления чистого железа при давлении на границе внутреннего ядра (около 330 ГПа) [4]. В связи с этим, изучение фазовых соотношений в системе Fe-P позволило бы лучше понять влияние давления на другие соединения железа и легких элементов. Для решения этих вопросов, мы провели поиск структур, чтобы исследовать структурную эволюцию Fe-P и химическую природу их связи с соседними атомами до 400 ГПа, используя непредвзятый метод поиска структуры в сочетании с расчетами *ab initio*, которая помогает решить фундаментальные уравнения квантовой механики с минимальным приближением. Дальнейшие расчеты выполнены для исследования параметров решетки, уравнения состояния, электронных свойств, а также давления перехода между фазами, что позволило получить ценные сведения о поведении Fe-P при высоком давлении.

В данной статье все расчеты проводились с помощью квантово-химического моделирования из первых принципов в рамках метода функционала плотности - с использованием базиса плоских волн. Моделирование проводилось при трех температурах ( $T = 300$  K,  $1000$  K и  $1500$  K). При моделировании фосфидов железа были выбраны две структуры разной симметрии,  $Fe_2P$ - $Pnma$  и  $Fe_2P$ - $P-62m$ .  $Fe_2P$ - $Pnma$  - это ромбический полиморф, по другому называют аллабогданит.  $Fe_2P$ - $P-62m$  - это гексагональный полиморф или баррингерит [5].

При атмосферном давлении  $Fe_2P$  является гексагональным ( $P\ 62m$ ,  $Z = 3$ ) с атомами железа при двух неэквивалентных участках, а именно тетраэдр (Fe I) и пирамидальные (Fe II) участки, окруженные четырьмя и пятью атомами фосфора, соответственно (рис. 1).

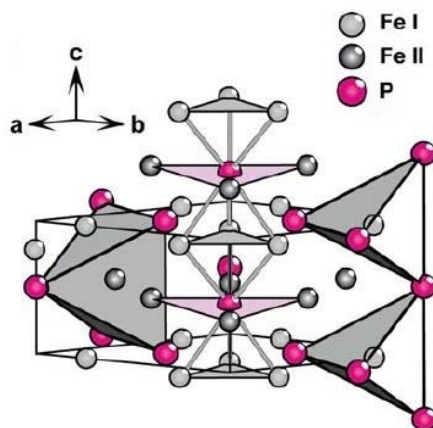


Рис. 1. Структурная модель для  $Fe_2P$ - $P-62m$

Примечательно, что предыдущее исследование под высоким давлением на  $Fe_2P$  в структуре баррингерита показало, что трансформация в структуру аллабогданита происходит около 10 ГПа, что обозначает космическая группа  $Pnma$  оказывается более стабильным [2].

В связи с этим, методом молекулярной динамики в квазигармоническом приближении нами были рассчитаны колебания решетки, что позволило учесть давления 400 ГПа при температурах 300, 1000 и 1500 К (рис. 2). Как мы видим, при сжимаемости давления до 400 ГПа при трех разных температурах значение очень близки, что обозначает стабильность при высоком температуре для структуры  $Fe_2P$ - $Pnma$ .

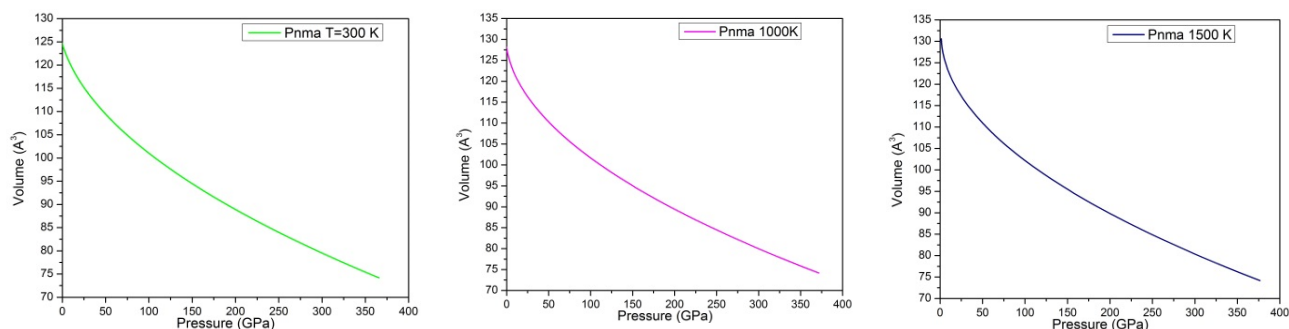


Рис. 2. Зависимость объема  $Fe_2P$ - $Pnma$  от давления при разных температурах

Построенные фоновые дисперсионные кривые при 330 ГПа не содержат мнимых частот, что указывает на динамическую стабильность  $Fe_2P$ - $Pnma$  при давлениях внутреннего ядра Земли (рис. 3). Таким образом, кандидатом фосфорсодержащую фазу во внутреннем ядре может быть  $Fe_2P$ - $Pnma$ .

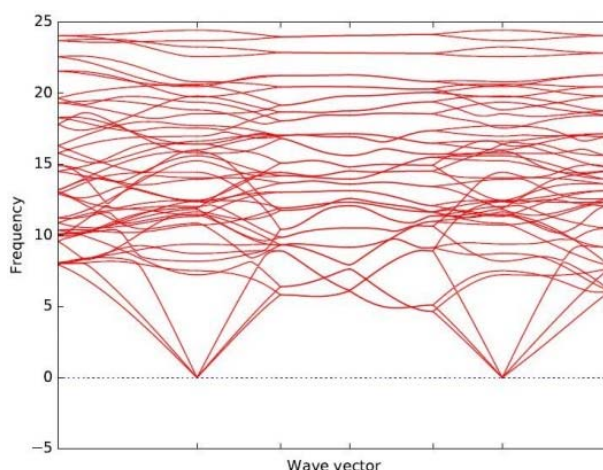


Рис. 3. Дисперсионные кривые для  $Fe_2P$ - $Pnma$  при 330 ГПа

### Литература

1. Лутасов К.Д., Шацкий А.Ф. Современные представления о составе ядра Земли. Геология и геофизика, 2016, т. 57, № 1, с. 31—62.
2. Henry P. Scott, Boris Kiefer, C. David Martin, Nana Boateng, Mark R. Frank & Yue Meng. PV equation of state for  $Fe_2P$  and pressure-induced phase transition in  $Fe_3P$ . High Pressure Research: An International Journal, 2008. P. 375-384
3. Rivoldini A., Van Hoolst T., Verhoeven O., Mocquet A., Dehant V. Geodesy constraints on the interior structure and composition of Mars. ICARUS International Journal of Solar System Studies, 2011. P. 451-472
4. Terasaki H., Fischer R. Deep Earth: Physics and Chemistry of the Lower Mantle and Core. Geophysical Monograph, 2016. P. 1.-10
5. Ziyuan Zhao, a Lulu Liu, a Shoutao Zhang, a Tong Yu, a Fei Lia and Guochun Yang. Phase diagram, stability and electronic properties of an Fe-P system under high pressure: a first principles study. Royal society of chemistry Advances, 2017. P. 15986–15991

УДК 550.8.053

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ ЗОЛОТА ОТ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ ИСОВСКИХ РОССЫПЕЙ

**Кузнецова Анастасия Андреевна**

*Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области «Исовский геологоразведочный техникум», студент 2 курса, г. Нижняя Тура  
e-mail: anastasiya20023004@gmail.com*

**Научный руководитель:** преподаватель, Ворopaев Алексей Николаевич

**Аннотация:** Рассмотрены проблемы формирования россыпей, связанные с гидравлической крупностью. Выявлена зависимость гидравлической крупности от размеров частицы, а именно её ширины. Введено понятие морфометрического коэффициента.

**Ключевые слова:** металл, проба, крупность, отложения, россыпь.

## MATHEMATICAL DEPENDENCE OF THE HYDRAULIC SIZE OF GOLD PARTICLES ON THE MORPHOLOGICAL PARAMETERS AS THE EXAMPLE OF ISS PLACERS

**Kuznetsova Anastasia Andreevna**

*State Autonomous Professional Educational Institution of the Sverdlovsk Region "Iss Geological Prospecting College», 2<sup>nd</sup> year Student, Nizhnyaya Tura  
e-mail: anastasiya20023004@gmail.com*

**Research Supervisor:** Lecturer, Voropaev Alexey Nikolaevich

**Abstract:** The problems of formation of placers associated with hydraulic size are considered. The dependence of hydraulic fineness according to the size particles, namely its width, is determined. The concept of the morphometric coefficient is introduced.

**Keywords:** metal, sample, size, deposits, placer.

When studying the mechanisms of accumulation of gold particles and the formation of placers, the main role is given to "accumulation effects". When studying them, it is necessary to consider the hydraulic size, which can depend on many factors, from the flow rate to the size of the metal. The question before me was whether it is possible to identify the relationship between the hydraulic size and the particle size, whether there is an equation that can be used to identify this relationship. The metal for study was obtained by teachers of the college during practical work in the Isovsky district of the Sverdlovsk region. Concentrate samples with a volume of 10 liters were taken in the deposits of the Talitsa, Bolshaya Glubokaya, Nekur and Pekhtysh rivers in the period from 2013 to 2018. Due to the fact that the genetic composition of the deposits is different, interesting results were obtained. For example, for the object of Talitsa and Pekhtysh samples were taken from reworked sediments, Nakur in "Deposits at a band of the river", and Bolshaya Glubokaya – Deposits at the base of Placers.

Hydraulic particle size is an integral quantitative characteristic that determines how they are transported and concentrated in the bottom sediment layer. To some extent, it can be used to model the process of deposition of gold in the water-alluvial environment. This characteristic takes into account many factors that control the transport of particles by water flows. To determine the hydraulic particle size, a direct laboratory experiment is used to measure the rate of grain fall in a column of water (beaker, glass vessel, etc.). However, flattened particles of fine gold are often poorly distinguishable, which makes it difficult to conduct the experiment. On the other hand, the rate of fall of large gold coins is quite high and it is almost impossible to keep track of them. Therefore, we recommend a method for determining the rate of fall of gold particles in a viscous medium (glycerine, Clerici liquid) with subsequent conversion of the obtained values to an aqueous medium [1].

At the initial stage, the physical parameters of the particle were determined using the MBS-10 microscope: length, width, and thickness. Then the particle was lowered into a glass vessel filled with glycerine and pushed through with a glass stick. Then we determined the rate which the particle will pass the path of 10 cm with. The obtained result was converted in the aquatic environment. The task of the next stage was to establish the relationship between the hydraulic size and the main parameters of the particles. The most interesting result was obtained when the dependence of the hydraulic size on the width of the metal particle was constructed. When constructing dependency diagrams, it was found that the power function most accurately reflects it, which has the following form (1):

$$y = a \cdot x^b \quad (1)$$

where,  $a$  – proportionality coefficient;  
 $b$  – degree indicator.

The value of the proportionality coefficient in the formula (1), which is numerically equal to the hydraulic size of a gold particle with a width of 1 mm, coincides with the same number on the charts. The magnitude of the exponent characterizes the trend of changing the width of the particle and their number. In the case where the exponent is from 1,1 to 1,3, it can be concluded that there are a small number of particles for production and poor sorting of the metal. If the value of the degree index is from 1,3 to 1,4 – the number of measurements meets the production requirements, the measurements fall into the same thickening plane, which means that the metal is well sorted by hydraulic size (Fig. 1).

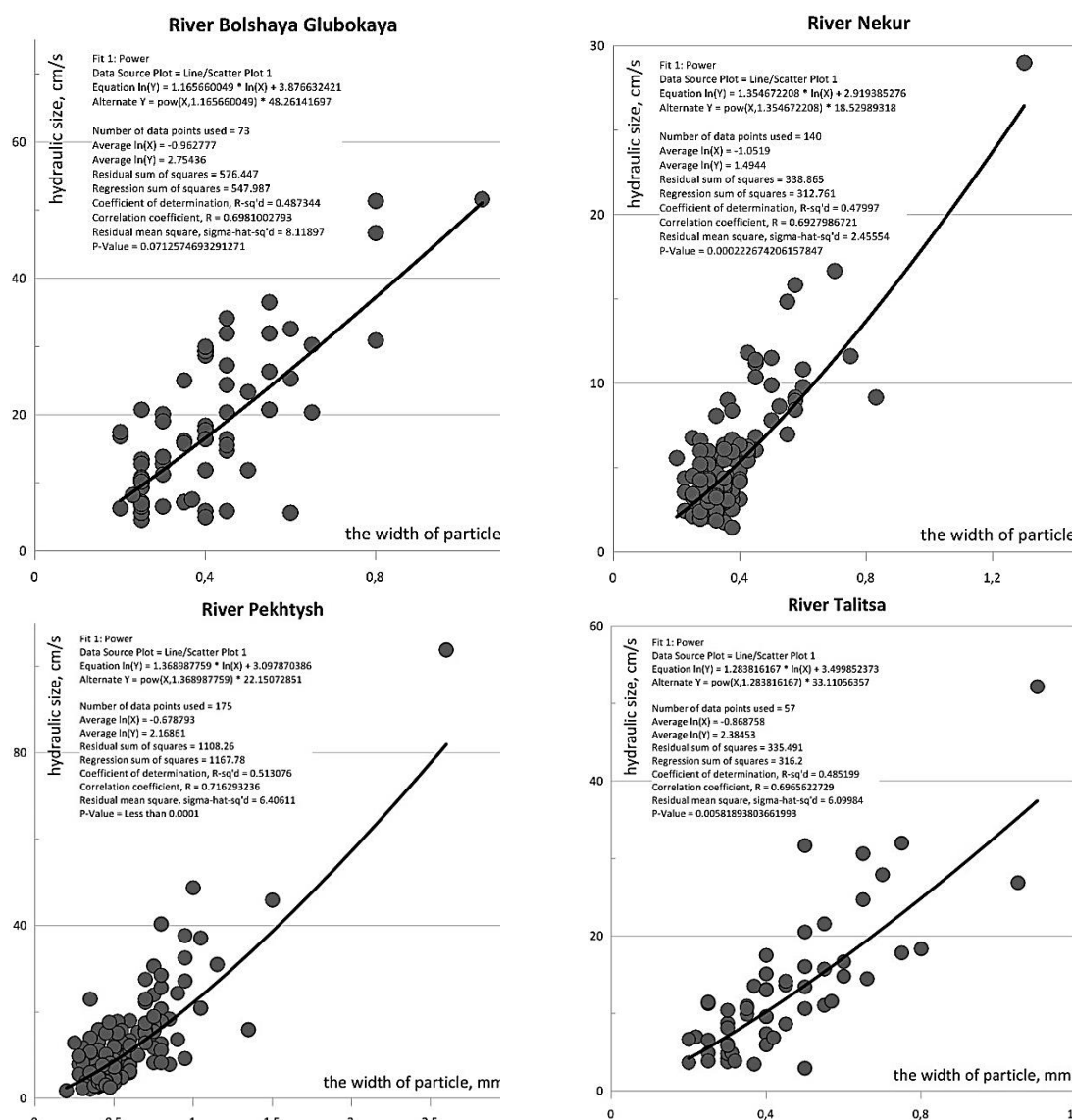


Fig. 1. Graphs of the dependence of hydraulic particle size on the width of the particles at the objects of study

After plotting the dependence of the hydraulic size on the width of the particles, the question arose as to how the length and thickness affect the hydraulic size. When studying other sources on this issue, we



adopted the particle model as a parallelepiped. This decision was influenced by several criteria. First of all, when studying the materials, I did not come across that anyone used this approach. Secondly, when gold and platinum move in a water-alluvial environment, the metal particles tend to simplify, that is, if the grain is limited to several planes, it takes the form of a parallelepiped. Therefore, the following group of graphs was constructed, based on the power function, and the equation has the form as in the first case. The question immediately arises, what is the equation to use, in my opinion, the second dependence is more interesting. First, the points on the graph are located more compactly, and second, they form elongated areas, which is better for interpreting data (Fig. 2).

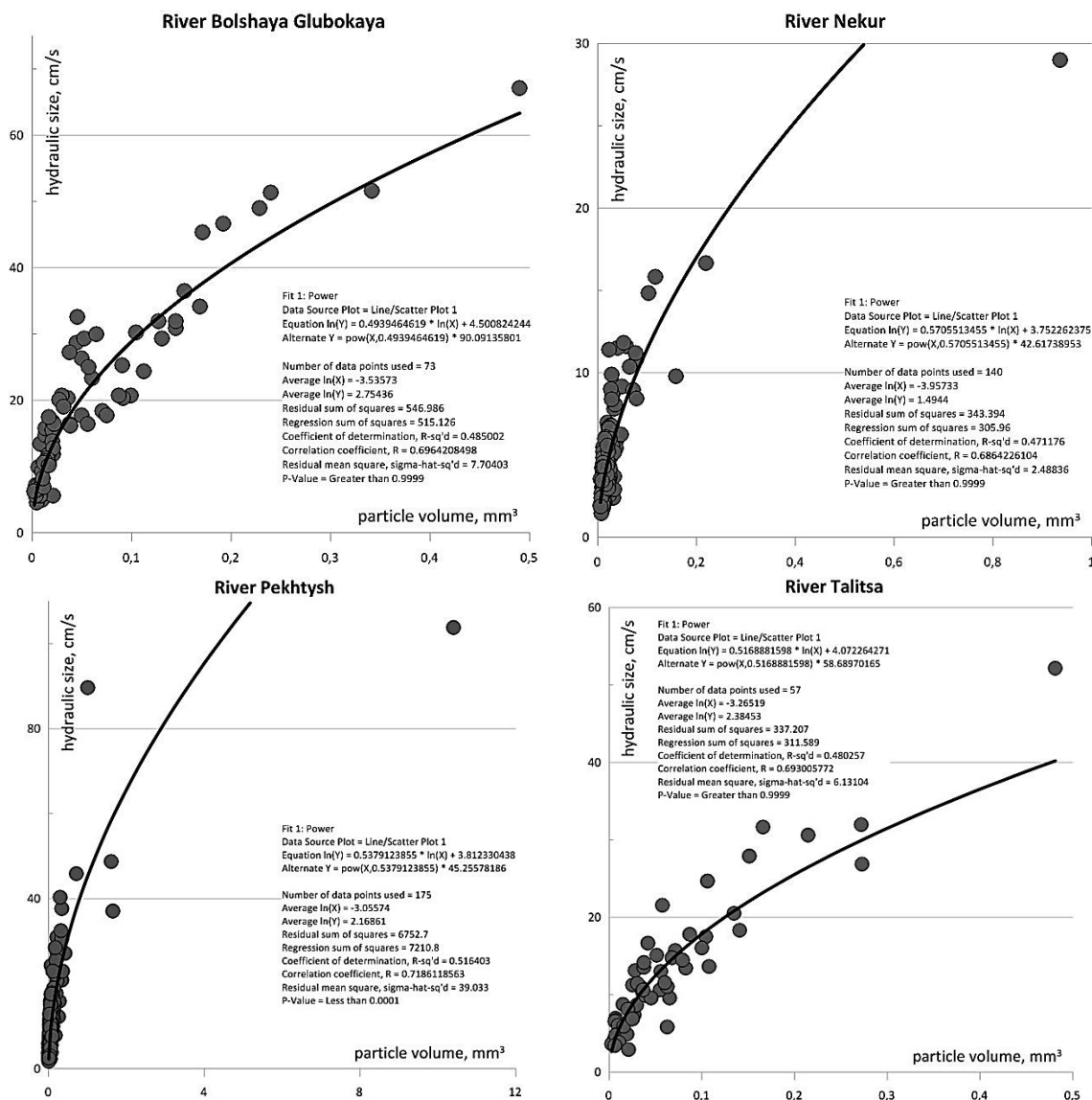


Рис. 2. Графики зависимости гидравлической крупности от объема частиц на объектах исследования

At the next stage of research, I tried to take into account all the physical parameters of the grains, without tying them to the known formulas. For this, the supervisor advised using a parameter for which a power function can be used. He called this parameter as a morphometric coefficient, which has the following form (2) (Fig. 3):

$$K_{mrf} = \frac{b}{a \cdot c} \quad (2)$$

where,  $a$  – the particle length, mm;  
 $b$  – the particle width, mm;  
 $c$  – the particle thickness, mm.



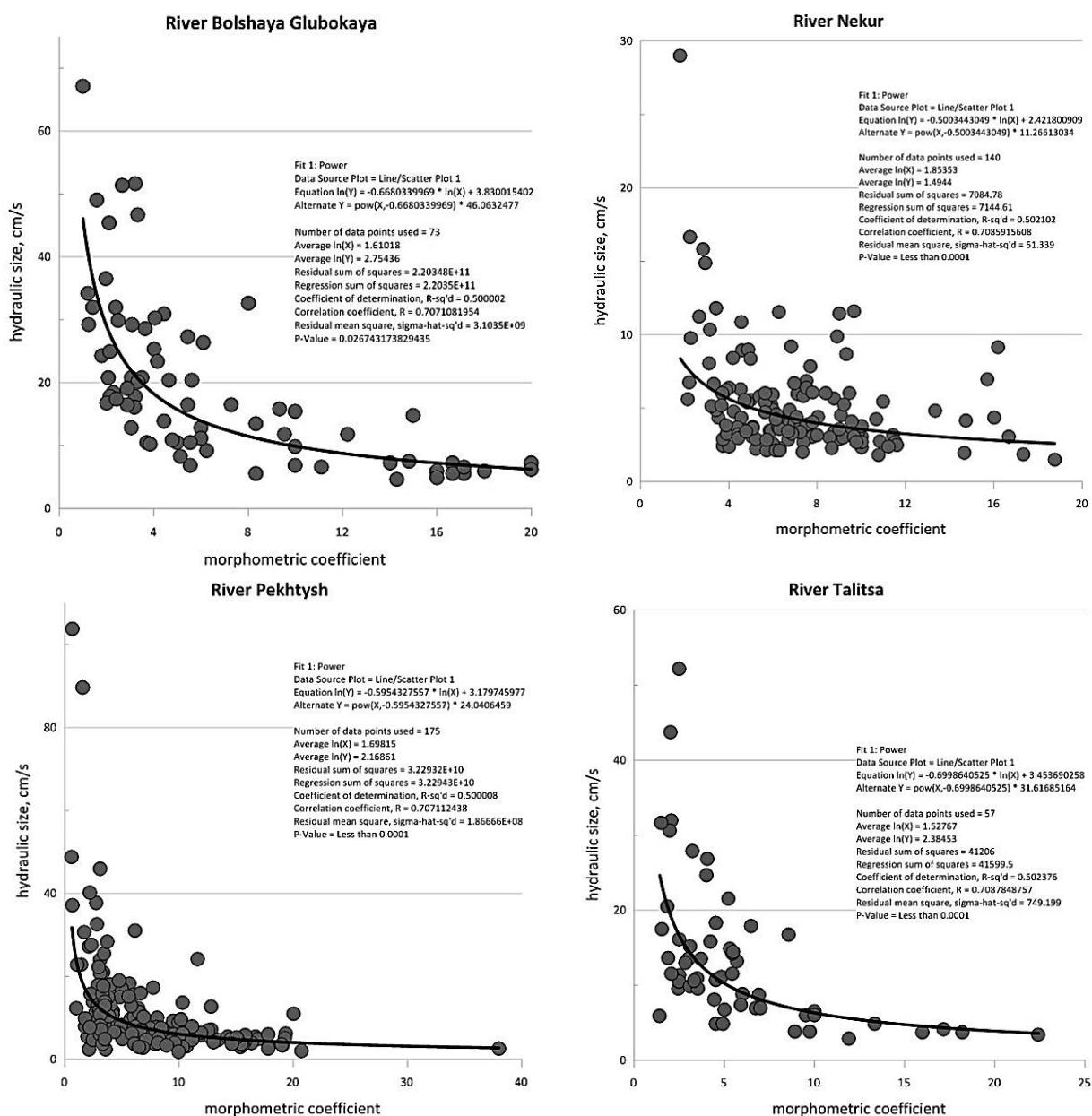


Fig. 3. Graphs of the dependence of hydraulic particle size on the morphometric coefficient of particles at the objects of study

As a result of my work, I obtained the following results. Firstly, when plotting graphs, a power function is suitable for identifying the dependence of hydraulic size on any parameters, particle volume, or “morphometric coefficient”. Secondly, of the main parameters of a particle that determine its fall in a water-alluvial medium, width matters. Thirdly, a graph of the dependence of the hydraulic particle size on the volume of the particle is most suitable for the objects under study for deriving the equation of particle fall. Fourth, the exponent indicates the degree of sorting of particles in placers. Fifthly, the introduced “morphometric coefficient” at the initial stage can be used for placers with unsorted metal.

### Literature

1. Ilaltdinov I.Y. *Gold Jurassic Deposits of the Vyatka-Kama Depression: Monograph I.Y. Ilaltdinov, B.M. Osovetsky. // Perm, Perm. state Univ., 2009. 230 s.*

УДК 553.08

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР (ТАДЖИКИСТАН)**

**Одинаев Шарифджон Ахтамжонович**

*Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), аспирант 3 курса, (2019-2020), г.Москва*

*e-mail: sharif.geolog@mail.ru*

**Авезов Мирали Нуралиевич**

*Таджикский национальный Университет, аспирант 4 курса, (2019-2020), г.Душанбе*

*e-mail: mirak@mail.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Литвиненко Андрей Кимович

**Аннотация:** Вмещающими метасоматических карбонатных пород месторождения ювелирного скаполита Черногорское крупнокристаллические амфиболиты (альбит-флогопит-роговообманкового состава) и альбититы. В метасоматических карбонатных породах доминируют кальцит (70 %) и доломит (15 %). Второстепенные минералы (15 %) представлены рутилом, флогопитом, скаполитом, альбитом, хлоритом, ильменитом, калишпатом, цирконом и др. В них установлены повышенные содержания Nb, Zr, W, REE. Образование карбонатных пород является конечной стадией эндогенного процесса, проявленного в виде карбонатизации, которая интенсивно проявилась на площади месторождения. Повышенные содержания в составе минералов редких и редкоземельных элементов позволяет рассматривать их в качестве поискового признака рудной минерализации и отнести его к карбонатитам.

**Ключевые слова:** Центральный Памир, Музкол-Рангульский антиклинорий, кукуртский комплекс, сарыджилгинская свита, месторождение ювелирного скаполита Черногорское, гарцбургиты, метасоматические карбонатиты. карбонатные линзы.

## **GEOCHEMICAL FEATURES AND MINERAL COMPOSITION OF METASOMATIC CARBONATE ROCKS FROM THE CHERNOGORSKOE GEM-QUALITY SCAPOLITE DEPOSIT, CENTRAL PAMIR (TAJIKISTAN)**

**Odinaev Sharifjon Akhtamzhonovich**

*Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze» (MGRI),  
Post-graduate Student 3<sup>d</sup> year (2019-2020), Moscow*

*e-mail: sharif.geolog@mail.ru*

**Avezov Mirali Nuralievich**

*Tajik National University, Post-graduate Student (2019-2020), Dushanbe*

*e-mail: mirak@mail.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of geological and mineralogical sciences, professor,  
Litvinenko Andrey Kimovich

**Abstract:** The large-crystalline amphibolites (albite-phlogopite-hornblende composition) and albitites are host rocks of the metasomatic carbonate rocks of the Montenegrin jewelry scapolite deposits. The dominating minerals in metasomatic rocks, are represented by calcite (70 %) and dolomite (15 %). Minor minerals (15 %) are rutile, phlogopite, scapolite, albite, chlorite, ilmenite, potassium feldspar, zircon, etc. They contain elevated concentrations of Nb, Zr, W, REE. The formation of carbonate rocks is the final stage of the endogenous process, manifested in the form of carbonation, which is intensively manifested in the area of the deposit. The increased content of rare and rare earth elements in the minerals allows us to consider them as a search feature for ore mineralization and attribute it to carbonatites.

**Keyword:** Central Pamirs, Muzkol-Rangkulsky anticlinorium, kukurt complex, Sarydzhilga suite, Chernogorskoye deposit of the jewelry scapolite, harzburgites, metasomatic carbonatites, carbonate lenses.

The research area is located on the right bank of the Kukurt river at an altitude of 4609 m above sea level (fig. 1). The deposit area is composed of rocks of the Sarydzhilga suite, which is part of the Muzkol series (PR<sub>1</sub>). The rocks of the Chernogorskoye deposit, like the entire series, underwent two tectonic-metamorphic cycles in their development [1].

Structurally, the Chernogorskoye deposit is located on the northern limb of the Shatput anticline, complicating the Muzkol-Rangkul anticlinorium [2,3]. In this article we report the geological structure and scapolite mineralization of the Chernogorskoye deposit [2,4-6].

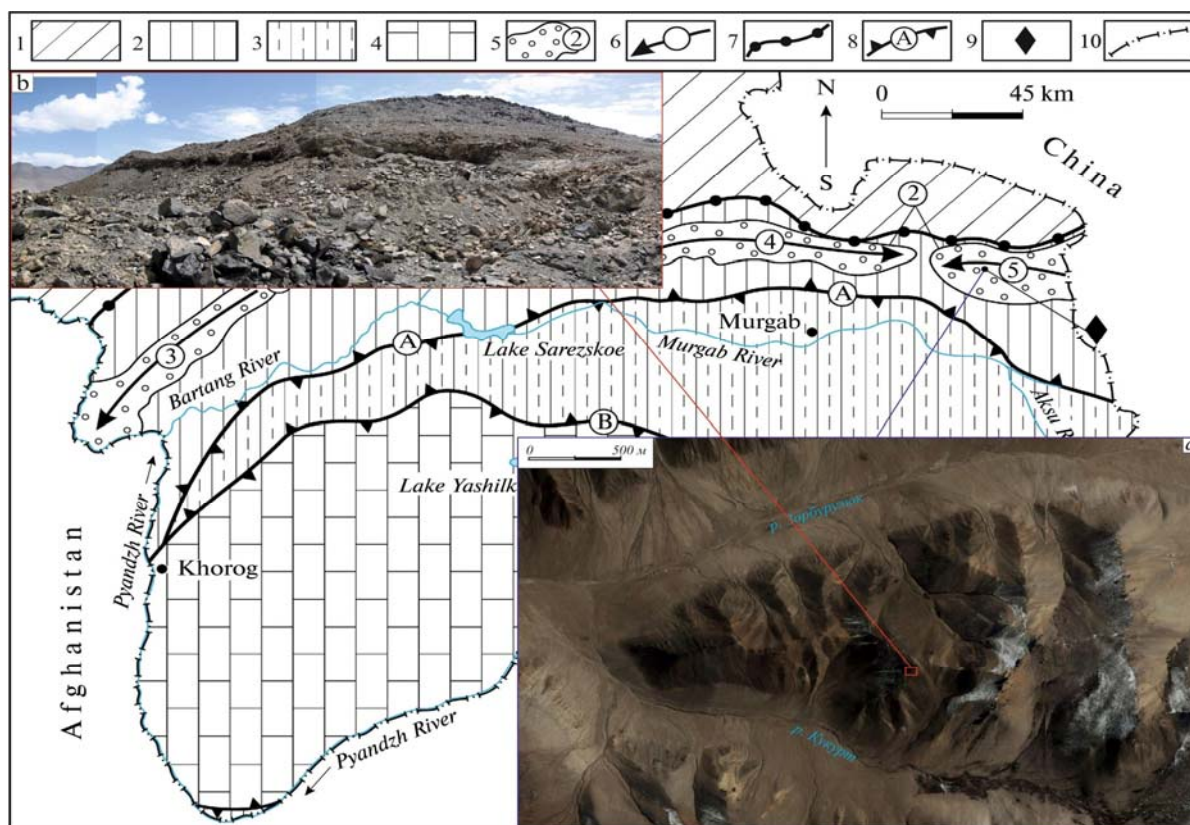


Fig. 1. Position of the Chernogorskoye deposit in the context of Pamir's tectonic structure. Tectonic map by B.P. Barkhatov (1963) [1] with minor changes and additions by authors. 1 – Hercynian North Pamir fold system. 2–4 – Tectonic zones in Cimmerian fold system of South Pamirs: 2 – Central Pamirs, 3 – Southeast Pamirs, 4 – Southwest Pamirs; 5 – Central Pamir's basement, numbers in circles (1–2) are metamorphic groups: 1 – Shipad, 2 – Muzkol; 6 – anticlinoria, an arrow indicates a hinge immersion direction: 3 – Vanch-Yazgulem, 4–5 – Muzkol-Rangkul: 4 – Sary-Mul, and 5 – Shatput anticlines; 7 – Vanch-Akbaital fault between fold systems; 8 – faults between tectonic zones (A, B): A – Rushan-Pshart, B – Gunt-Alichur; 9 – Chernogorskoye deposit; 10 – in south and west, Republic of Tajikistan state border runs along Pyandzh River, upper reaches of Amu-Darya River. a – Kukurt-Zorburuluk River watershed (Google Satellite Image, USGS, 2019). b – general view of the quarry 2.

Amphibolites (albite-phlogopite-hornblende composition) dominate in the deposit, albites occupy a subordinate place. The igneous rocks of two intrusive complexes play an important role in its structure: kukurtsky (harzburgites, gabbroids, nepheline syenites) - precambrian and shatputsky (granites and pegmatites) - cretaceous-paleogene.

The composition of carbonate lenses is dominated by white calcite. Yellow dolomite is unevenly distributed in it, due to an admixture of iron. Its individuals reach 2 cm across, and aggregates up to 10x5 cm (fig. 2). The carbonate content in the lenses varies from 70 to 98 %.

Among the carbonates are large porphyroblasts of rutile, ilmenorutil, ilmenite, light lilac scapolite, albite, phlogopite, zircon, chlorite (clinochlor), potassium feldspar and other minerals (tabl. 1). In the central part of the deposit (2 quarries), rutile dominates in the composition of carbonate veins [4]. Its dimensions can reach 8 cm across (fig. 2a).

In calcite, low MgO contents from 0.42 to 2.1, FeO from 0.5 to 1.4, SrO to 0.2, and BaO to 0.3 and Y to 0.02 wt.% were found.

Table 1

## The chemical composition of the minerals of carbonate rocks

Oxides	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Σ	n
Zircon													
1	-	32,23	-	-	-	-	0,4	-	-	65,49	1,11	99,23	2
Chlorite													
2	18,66	27,77	0,09	21,2	0,08	18,89	0,1	-	-	-	-	86,7	2
Albite													
3	19,93	67,9	-	0,12	0,06	-	0,49	11,50	-	-	-	100	6
Phlogopite													
11	13,18	42,79	3,35	8,92	0,07	21,99	-	0,45	8,98	-	-	99,73	4
Scapolite													
14	21,9	57,53	-	-	-	-	5,25	11,03	0,18	-	-	95,89	5

Note. - indefinitely. n – is the number of definitions. The analyzes were carried out on a JEOL JXA-733 electron probe microanalyzer using an energy dispersive spectrometer and an INCA analysis system at an accelerating voltage of 20 kV and a probe current of 1 nA, by analyst Pautov L.A. Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences A.E. Fersman.

Dolomite contains increased amounts of FeO from 2.83 to 3.9 (this is the reason for its dark yellow color), SrO and BaO, respectively, up to 0.2 wt.% (tabl. 2). Both carbonates contain increased amounts of manganese to 0.4 wt.% MnO (tabl. 2).

Table 2

## The chemical composition of calcite and dolomite from carbonate lenses

Oxides	MgO	CaO	MnO	FeO	SrO	BaO	Σ	n
Calcite								
1	0,42	51,75	0,42	0,52	0,23	0,32	53,57	4
Dolomite								
2	17,81	29,06	0,37	3,88	0,13	0,2	51,45	5

Note. n – is the number of definitions.

The method of ICP-MS in calcite additionally determined in mg/kg: Fe – 12650, Zn – 4, Ti – 773, V – 2.35, Cr – 65.8, Mn – 64.7, Co – 1.06, Ni – 9.84, Cu – 13.2, Zr – 8.04, Ba – 20.3, La – 1.95, Ce – 4.64, Nd – 2.1, Pb – 1.69, U – 1.4.

In the composition of metasomatic carbonate rocks, ilmenorutil taken from the sample in figure 2a deserves special attention. It contains more than 11 wt.% of the amount of rare earths and 1.75 wt.% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (tabl. 3). X-ray fluorescence method in rutile established: Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0.29, ZrO<sub>2</sub> - 0.06 wt.%.

Table 3

## The chemical composition of ilmenorutil, ilmenite and rutile, from carbonate vein figure 2a

Oxides	TiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	CaO	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Yb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ	n
Ilmenorutil												
1	54,46	25,97	-	0,36	4,54	4,08	3,15	1,71	0,6	-	94,87	4
Ilmenite												
4	50,17	45,24	0,81	0,25	-	-	-	-	-	0,19	96,66	3
Rutile												
5	98,23	0,81	-	-	-	-	-	-	-	0,2	99,24	3

Note. n – is the number of definitions.

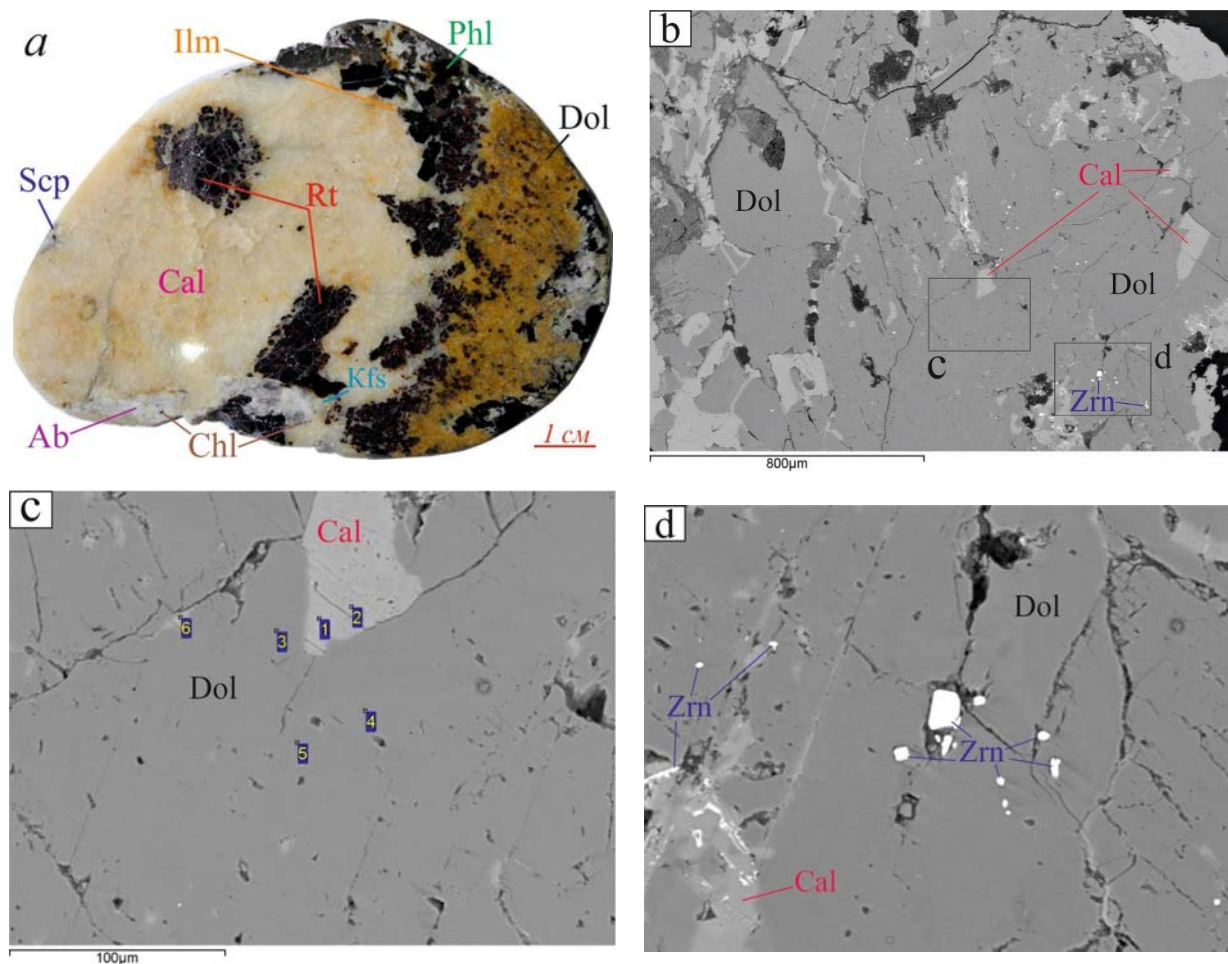


Fig. 2. Ore and thin section of carbonate veins. a – carbonate rock with rare relicts of silicates, with rutile. b-d – distribution of zircon of various shapes in carbonate rocks. Mineral abbreviations: Ab – albite. Cal – calcite. Chl – chlorite. Dol – dolomite. Kfs – potassium feldspar. Phl – phlogopite. Rt – rutile. Scp – scapolite. Zrn – Zircon. Image b,c and d in BSE mode.

In titanite, the ICP-MS method was established in mg/kg: Fe – 11810, Zn – 24, Sc – 5.76, Ti – 1137, V – 2.07, Cr – 57.8, Mn – 1176, Co – 1.63, Ni – 6.27, Cu – 6.35, Se – <2.40, Sr – 556, Y – 128, Ba – 29.6, La – 51.2, Ce – 121, Pr – 12.9, Nd – 58, Sm – 13.1, Eu – 2.9, Gd – 16.1, Tb – 2.40, Dy – 17.1, Ho – 3.63, Er – 13.4, Tm – 1.94, Yb – 15.2, Lu – 2.21, Pb – 4.99. The analyzes were performed in the laboratory of the Institute of Mineralogy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Miass, Chelyabinsk, analyst Filippova K.A.

Summarizing the reported geological and mineralogical features of the Chernogorskoye deposit, the following conclusions can be made: 1) the formation of metasomatic carbonate rocks is the final stage of the endogenous process, manifested in the form of carbonatization, which is intensively manifested in the area of the deposit. 2) the increased content of rare and rare-earth elements in metasomatic carbonate rocks and minerals serve as an argument for planning and conducting a prospecting and evaluation survey on the area of the deposit.

The author is grateful to Pautov L.A., a researcher from the Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences named after A.E. Fersman for his advices and assistance in analytical work.

### References

1. Barkhatov B.P., *The tectonics of Pamir*. // Leningrad: LGU, 1963. – 243 p. (in Russ.).
2. Litvinenko A.K., Moiseeva S.B., Odinaeva Sh.A., and Utenkova V.A. *Geology of the Chernogorskoe Gem-Quality scapolite Deposit (Central Pamirs, Tajikistan)* // *Geology of ore deposits*. M.: 2019. Vol. 61, No. 5, pp. 481–493.
3. Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A., Malakhov F.A. *The first find of sodalite and nefelin at the deposit of jewelry scapo-lite Montenegrin (Central Pamir)*. *Razvedka i okhrana neдр.* // 2019. No. 7. pp. 17–22. (in Russ.).
4. Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A. *Titanium minerals in the deposit of the jewelry scapolite Chernogorskoye, Central Pamir* // *Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference*

*"New Ideas in Earth Sciences" T.II; "The development of new ideas and trends in Earth sciences - mineralogy, mineralogy and gemology, petrology and geochemistry." IGRI them. Sergo Ordzhonikidze, - M.: Publishing House. NPP "Filter cloth". 2019. pp. 305-306. (in Russ.).*

5. Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A., Vercheba A.A. Cobalt and nickel in non-metal minerals in the gem-quality scapolite field Chernogorskoe, Central Pamir // *Mountain Journal*. 2019. No. 11. pp. 50-53. (in Russ.).

6. Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A. Co-Ni mineralization in the deposit of the jewelry scapolite Chernogorskoye, Central Pamir // *Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference "New Ideas in Earth Sciences" T.II; "The development of new ideas and trends in Earth sciences - mineralogy, mineralogy and gemology, petrology and geochemistry." IGRI them. Sergo Ordzhonikidze, - M.: Publishing House. NPP "Filter cloth". 2019. pp. 114–117. (in Russ.).*

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

*Раздел 3:*

*Палеонтология, стратиграфия  
и региональная геология*

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

*Section 3:*

*Paleontology, stratigraphy  
and regional geology*



УДК 551.83

## УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ПЛОЩАДЬ ОСТАНИНСКАЯ)

*Лобес Дарья Сергеевна*

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,  
студент 3 курса, г. Томск,*

*e-mail: lobes.daria@gmail.com*

*Темник София Евгеньевна*

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, студент 3 курса,  
г. Томск,*

*e-mail: sofya.temnik@yandex.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н, доцент, Рычкова Ирина Владимировна*

**Аннотация:** В работе приведены результаты сравнительно-морфологического и эпидермально-кутикулярного анализов, которые позволили провести биостратиграфическое расчленение разрезов скважин и построить схему корреляции Останинской площади.

**Ключевые слова:** аргиллиты, палеонтологические остатки, свита, корреляция, эпидермально-кутикулярный метод.

## SEDIMENTATION CONDITIONS OF MIDDLE JURY DEPOSITS OF SOUTH-EAST WESTERN SIBERIA (OSTANINSKAYA AREA)

*Lobes Darya Sergeevna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, 3rd year student, Tomsk  
e-mail: lobes.daria@gmail.com*

*Temnik Sofiia Evgenevna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, 3rd year student, Tomsk  
e-mail: sofya.temnik@yandex.ru*

*Scientific supervisor: candidate of geological-minerological Sciences, associate Professor,  
Rychkova Irina Vladimirovna*

**Abstract:** in research paper presents the results of comparative morphological and epidermal-cuticular analyses, which allowed for biostratigraphic subdivision of well sections and construct a correlation scheme for the Ostaninsky area.

**Keywords:** mudstones, paleontological remains, formation, correlation, epidermal-cuticular method.

Проведение биостратиграфических и палеогеографических исследований активно используется при прогнозно-поисковых работах на углеводороды на юго-востоке Западной Сибири. Изучаемые в настоящей работе средне-, верхнеюрские отложения, вскрываемые скважинами Останинской площади на юго-востоке Западной Сибири имеют полифациальный характер, который обусловлен изменчивыми условиями осадконакопления, что непосредственно влияет на формирование коллекторов.

Объектом исследования послужили палеонтологические остатки, встреченные в разрезах скважин № 450, 452, 453, 454 Останинской площади. Актуальность исследования связана с высокой нефтегазопродуктивностью данных отложений. Целью работы явилось биостратиграфическое расчленение и проведение палеогеографических реконструкций. В ходе работы применялись методы сравнительно-морфологический для макрофауны и макрофлоры, а также эпидермально-кутикулярный метод изучения определения растений [1, 2]. В задачи исследования входило: описание и определение терригенных пород, определение палеонтологических остатков, построение стратиграфических колонок, составление схем корреляции разрезов скважин Останинской площади Западной Сибири.

Скважина № 450. Разрез (сверху вниз) данной скважины вскрывает толщи пород, принадлежащих баженовской, георгиевской и наунакской свитам, а также верхнетюменской подсвите. В темно-серых аргиллитах баженовской свиты обнаружены остатки онихит (конхиолиновые крючочки белемнитов). Вниз по разрезу в темно-серых алевролитах с прослоями аргиллитов появляются отпечатки растений: папоротники *Coniopterislatilobus*, *Raphaeliastricta*, хвощовые *Equisetitesasiaticus*, *Phylloleucasibirica*, принадлежащих наунакской свите. К ниже залегающим аргиллитам верхнетюменской подсвиты отнесен следующий комплекс растений: хвощовые *Equisetitesasiaticus*, гинкгоопсиды *Leptotomaborealis*, папоротники *Scleropteris* sp., *Coniopterisvialovae*, *C. murrayana*, *C. depensis*, *C. hymenophylloides*, *Raphaeliadiamensis* (рис.1).



*Coniopteris latilobus*    *Raphaelia stricta*    *Equisetites lateralis*    *Coniopteris vialovae*

Рис. 1. Окаменелости из разреза скважины №450 Останинской площади

Скважина № 452. Разрез данной скважины вскрывают толщи пород, принадлежащих баженовской, георгиевской и наунакской свитам и верхне-тюменской подсвите. В породах баженовской свиты обнаружены ростры белемнитид. Вниз по разрезу прослеживается маломощная толща зеленовато-серого песчаника, принадлежащей георгиевской свите. Под ней залегают прослои угля и серых аргиллитов с остатками хвойных *Podozamitessp.*, которые отнесены к наунакской свите. Под ней залегают толщи пород с отпечатками растений: хвощи *Neocalamitessp.*, гинкгоопсиды *Czekanowskiabaikalica* и *Ginkgosibirica*, хвойные *Podozamitessp.*, также встречаются корни *Radicitessp.*

Скважина № 453. Разрез по данной скважине вскрывает толщу пород, сложенную аргиллитами, принадлежащих наунакской свите, содержащую папоротники *Coniopterissimplex*, *C. sp.*, гинкгоопсиды *Czekanowskiasp.*, *Ginkgosp.*

Скважина № 454. Разрез по данной скважине вскрывает толщу пород, сложенную аргиллитами, принадлежащую георгиевской и наунакской свитам. В зеленоватых аргиллитах обнаружены ростры белемнитид. В серых алевролитах наунакской свиты встречены папоротники *Coniopterislatilobus*, гинкгоопсиды *Czekanowskiasp.*

На основе биостратиграфического расчленения была проведена стратиграфическая корреляция (рис. 2), где баженовская свита, которая представлена аргиллитами с белемнитами и онихитами, хорошо сопоставляется между разрезами скважин 450, 452, а в скважинах 453 и 454 она выклинивается.

Исходя из анализа стратиграфических колонок, их литологического наполнения и палеонтологических характеристик, была проведена палеогеографическая реконструкция. История геологического развития данного участка земной коры начинается в тюменское время (средняя юра) формированием континентальных отложений, что подтверждают остатки такой флоры, как *Neocalamitessp.*, *Czekanowskiasp.*, *Liptotomaborealis*, *Radicitessp.*, *Podozamitessp.*; *Coniopteris* sp.; *Cladophlebissp.*, *Equisetitesasiaticus*. Отложения этого возраста сложены преимущественно глинистыми породами, с пропластками углей, что говорит о заболоченности территории. Далее в наунакское время процесс континентального седиментогенеза продолжился с образованием глинистых пород. В процессе седиментогенеза в условиях умеренно теплого гумидного климата [3] принимали участие такие растения как, *Coniopterisdepensis*, *C. sf. latilobus*, *Podozamitessp.*, *Equisetitesasiaticus*, *Podozamitessp.*, *Leptotomasp.*, *Czekanowskiasp.*, *Equisetitesasiaticus*. Отложения аргиллитов местами сменяются прослойками угля, что также является доказательством озерно-аллювиальных и болотных условий формирования пород.

Вверх по разрезу континентальные отложения сменяются морскими, серо-зелеными глауконитовыми песчаниками с многочисленными остатками ростров белемнитов. Белемниты – исключительно морские и стеногабинные животные, следовательно, отложения приурочены к морским нормально

соленым зонам седиментации пород. Породы принадлежат георгиевской свите. Венчается разрез черными аргиллитами, которые содержат остатки онихитбаженовской свиты.

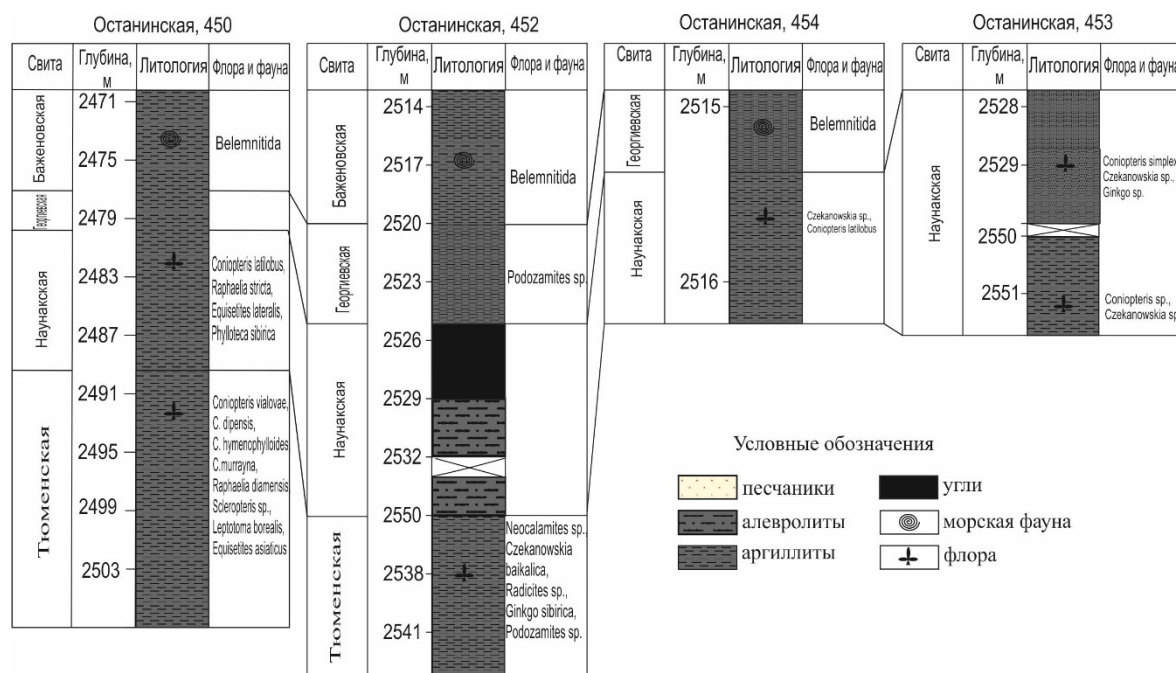


Рис. 2. Схема корреляции изученных разрезов скважин Останинской площади

Таким образом, на основе сравнительно-морфологического и эпидермально-кутикулярного анализа были определены таксоны ископаемых остатков, что в свою очередь позволило провести биостратиграфическое расчленение разрезов скважин и построить схему корреляции Останинской площади Западной Сибири. В результате фациального и биофациального анализов проведена палеогеографическая реконструкция площади Останинская.

### Литература

1. Киричкова А.И., Костина Е.И., Быстрицкая Л.И. Фитостратиграфия и флора юрских отложений Западной Сибири. – СПб.: Недра, 2005. – 378 с.
2. Киричкова А.И., Самылина В.А. PodCzekanowskia. Систематика, история, распространение, значение для стратиграфии [Текст] / А.И. Киричкова, В.А. Самылина, ред. Л.Ю. Буданцев. – Наука, Ленинград, 1991 г. – 139 с.
3. Фролов А.О., Машук И.М. Юрская флора и растительность Иркутского угольного бассейна. – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. – 541 с.

УДК 551

## ДОМАНИКОВАЯ ФОРМАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА

**Исупова Полина Александровна**

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, студентка 4 курса, г. Пермь, polina-isupova2012@yandex.ru:

**Научный руководитель:** старший преподаватель Хопта Иван Сергеевич

**Аннотация:** Перспективы развития Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна связаны с доманиковыми отложениями. Существует проблема недоисследованности керна в этих отложениях, так как разбуренные объекты часто не испытаны в данном интервале, или же скважины не вскрывают верхнефранские отложения. Анализ данных отложений по сводным разрезам Ошского, Возейского, Осваньюрского и Суборского месторождений помогло проследить мощности распространения, описать породы доманиковой формации и выделить фации для дальнейшего прогнозирования.

**Ключевые слова:** доманиковая формация, доманиковый горизонт, верхнефранский подъярус

## DOMANIC FORMATION ON THE TERRITORY OF THE TIMAN-PECHORA OIL AND GAS BASIN

*Isupova Polina Aleksandrovna,*

*Perm State University, 4st year, Perm, polina-isupova2012@yandex.ru:*

**Research Supervisor:** Assistant Lecturer, Khopta Ivan Sergeevich

**Annotation:** Domanic deposits are associated with the development prospects of the Timan-Pechora oil and gas basin. There is a problem of \not sufficiently explored of the core in these deposits, since the drilled objects are often not tested in this interval, or wells do not open the upper frasnian deposits. Analysis of the combined section of the Oshskoe, Vozeyskoe, Osvanyurskoe and Suborskoe deposits helped to trace the distribution capacity, describe the domanic formation rocks and identify facies for further forecasting.

**Key words:** Timan-Pechora basin, domanik formation, domanik horizon, upper frasnian substage

В Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции доманиковая формация рассматривается как источник, поставляющий углеводороды в традиционный коллектор, из которого их можно извлекать традиционными методами.

В тектоническом отношении территория исследования ограничивается Хорейверской впадиной и Колвинским мегавалом (рис.1), где отмечены области распространения высоко битуминозных депрессионных отложений, а также преобладание  $C_{org} > 3\%$ . Зона сочленения этих структур представляют наибольший интерес для изучения, так как в этом районе были получены притоки, что послужило причиной для выбора этой области для анализа. В литологическом отношении на данной территории присутствует переслаивание депрессионных отложений и рифовых шлейфов, что является довольно перспективным для добычи нефти из доманиковых отложений.



Рис. 1. Условные обозначения месторождений: 1 — Ошское месторождение, 2—Возейское месторождение, 3 — Осваньюрское месторождение, 4 — Суборское месторождение

В Тимано-Печорской НГП доманиковая формация приурочена к интервалу разреза от среднефранского подъяруса до верхнефранского подъяруса. Согласно стратиграфической схеме верхнедевонских отложений среднефранский подъярус принят в объеме доманикового горизонта. Верхнефранский подъярус включает региональные ветласянский, сирачийский, евлановский и ливенский горизонты [2]. Анализ распространения доманиковой формации по площади и разрезу приведено в подробном литологическом и тектоническом описании месторождений.

В тектоническом отношении Ошское месторождение приурочено к центральной части Колвинского мегавала Печоро-Колвинского авлакогена [1]. Мощность доманикового горизонта 8-12 м. Разрез сложен известняками темно-серыми, до черных, битуминозными, плотными, участками окремненными, неравномерно глинистыми, с прослоями черного битуминозного мергеля. Фация глубоководного бассейна. Рифовые отложения верхнефранского подъяруса, мощность которых составляет 160 м, сложены неоднородной по литологическому составу толщей пород. Ветласянский горизонт представлен переслаиванием мергеля, плотного известковистого аргиллита и плотного глинистого известняка. Сирачийский горизонт – доломитом серым, мелкозернистым, пористым, кавернозным, нефтенасыщенным с включениями ангидрита и гипса по порам, участками плотный. Евлановский и ливенский – известняком, в данных отложения получен приток.

Возейское месторождение расположено в зоне сочленения Хорейверской впадины и Колвинского мегавала [1]. Мощность доманикового горизонта 22-35 м. В литологическом строении доманиковые отложения представлены битуминозными известняками, мергелями, сланцами. Фация глубоководного бассейна. Мощность отложений склонов рифов верхнефранского подъяруса составляет 90-121 м. Известняки плотные, серые, переслаивающиеся с глинистыми известняками и серыми мергелями. Получен приток из доманикового и сирачийского горизонтов.

Осваньюрское месторождение приурочено к зоне сочленения Усинского вала Колвинского мегавала и Сынянырдской котловины Хорейверской впадины [1]. Доманиковый горизонт представлен переслаиванием глинистых известняков с тонкими прослоями мергелей, изредка аргиллитов, кремней. Мощность отложений составляет 11-25 м. Фация склонов отмелей. Литологически разрез верхнефранского подъяруса представлен неравномерным горизонтальным переливанием известняков, мергелей и аргиллитов мощностью 48-68 м. В нижней части залегает пачка глин ветласянского горизонта. Глины зеленовато-серые, участками известковистые и алевроитовые, пиритизированные, битуминозные, с тонкими прослоями алевролита и песчаника. Фация глубоководных впадин.

В тектоническом отношении Субборское месторождение приурочено к зоне сочленения южной части Хорейверской впадины с Большесынинской впадиной и Колвинским мегавалом [1]. Представляет собой сквозную брахиантиклинальную складку, вытянутую в субмеридиональном направлении, осложненную на восточном крыле тектоническими нарушениями. В геологическом строении доманиковые отложения представлены битуминозными известняками, мощностью 40 м. Фация глубоководная. Литологически разрез верхнефранских отложений представлен неравномерным переслаиванием известняков с прослоями битуминозных аргиллитов. Мощность 70-81 м. Фация глубоководная. Есть притоки нефти из доманикового, ветласянского, сирачийского горизонтов.

Наибольшая часть притоков на данных месторождениях получена из битуминозных известняков, известняков, мергелей, битуминозного аргиллита. Взаимосвязь битуминозности и притоков проследить весьма сложно.

Таким образом, отложения зоны сочленения Хорейверской впадины и Колвинского мегавала верхнефранского возраста имеют сложное литофациальное строение. Которое представлено известняками, мергелями, доломитами, аргиллитами. В разрезе наблюдается сложное сочетание образований глубоководного бассейна и органогенно-рифовых толщ заполнения. На некоторых месторождениях были получены притоки нефти в зоне распространения рифогенных образований. Учитывая сложный характер тектонической и геодинамической эволюции наиболее эффективную и более подробную интерпретацию можно достичь только путем комплексного применения методик и детальных литолого-фациальных исследований.

#### **Литература:**

1. Габнасыров А.В. Уточнение зональной модели геологического строения верхнедевонских отложений в зоне интересов ПАО «Лукойл» для оптимизации программы ОПР: Отчет по договору №6649 - Пермь, 2019 г.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 2000 Ф. Л. Юманов, Н. С. Сиваш, Н. Ф. Иванов и др. Серия Тиманская. Лист Р-39-VI (Ухта). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013

УДК 563.125.4

## НУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФОРАМИНИФЕР *CIBICIDOIDES PSEUDOUNGERIANA* ПАЛЕОГЕНА

**Трубин Ярослав Сергеевич**

Тюменский индустриальный университет, студент (специалитет) 5 курса, г. Тюмень  
e-mail: iyr-2009@mail.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., заведующий лабораторией седиментологии и эволюции палеобиосферы, Смирнов Павел Витальевич

**Аннотация:** В работе приводятся основные сведения об особенностях морфологии раковин фораминифер вида *Cibicidoides pseudoungeriana* из отряда Rotaliida. Рассматриваются вопросы синонимии, таксономического положения и внутривидовой изменчивости *Cibicidoides pseudoungeriana*, а также приводится подробная информация об отличии этих форм из палеогена Западной Сибири от форм из палеогена Таджикской депрессии, Кавказа, Атлантического океана и Америки. Сообщается о новых находках раковин фораминифер изучаемого вида в скважинном материале из Тюменской области (Западная Сибирь).

**Ключевые слова:** Фораминиферы, палеоген, Западная Сибирь, тавдинская свита, Rotaliida.

## VARIABILITY OF SPECIES OF PALEOGENE FORAMINIFERA *CIBICIDOIDES PSEUDOUNGERIANA*

**Yaroslav Trubin,**

Tyumen Industrial University, 5<sup>st</sup> year Student (Specialist), Tyumen,  
e-mail iyr-2009@mail.ru

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Head of the Laboratory of sedimentology and evolution of the paleobiosphere, Pavel Smirnov

**Abstract:** The paper has general information about particular morphology of foraminifera *Cibicidoides pseudoungeriana* from order Rotaliida. The authors consider aspect synonymy, taxonomy position and variability *Cibicidoides pseudoungeriana*, also the authors give information on the difference of fossils from the Paleogene of Western Siberia from the fossils from the Paleogene of Tajik Depression, Caucasus, Atlantic Ocean and America. This work presents new finds foraminifera of study species from well material from Tyumen region (Western Siberia).

**Keywords:** Foraminifera, Paleogene, Western Siberia, Tavda Formation, Rotaliida.

Фораминиферы широко распространены практически во всех отложениях фанерозоя и имеют высокое биостратиграфическое значение [11]. Так в палеогеновых глинах тавдинской свиты Западной Сибири известны многочисленные находки раковин вида *Cibicidoides pseudoungeriana* Cushman, 1922 отряда Rotaliida. Тавдинская свита, согласно принятой унифицированной стратиграфической схеме, входит в объем бартонского и приабонского ярусов, которые определяются по планктонным фораминиферам [5]. Однако ряд исследователей [7,8,9] принимают обильно встречаемый бентический вид *Cibicidoides pseudoungeriana* в качестве зонального и на этом основании устанавливают возраст тавдинской свиты в объеме олигоцена. В утвержденной унифицированной схеме Западной Сибири [5] детерминация олигоценного возраста тавдинской свиты на основании бентического вида фораминифер *Cibicidoides pseudoungeriana* рассматривается как «особое мнение» [1,4]. Вне всякого сомнения, вид *Cibicidoides pseudoungeriana*, обильно встречаемый в глинах тавдинской свиты, имеет высокое палеоиндикационное и палеобиологическое значение, и его прецизионная диагностика играет решающую роль в правильности палеобиогеографических построений и оценки полноты бентических комплексов бассейнов Западной Сибири. Однако представители *Cibicidoides pseudoungeriana* отличаются широкой внутривидовой изменчивостью, что осложняет их таксономическую диагностику, приводит к спутыванию с другими формами и расширению синонимии. Актуальным остается вопрос о релевантности использования отдельных бентических видов для крупномасштабных корре-

ляций. Соответственно первоочередной целью становится определение спектра изменчивости, широко распространенного в палеогене Западной Сибири вида фораминифер *Cibicidoides pseudoungeriana*.

Первоначально [12] вид *Cibicidoides pseudoungeriana* был отнесен к роду *Truncatulina* Orbigny, 1826, который после ревизионных исследований не считается валидным и принимается, как синоним *Cibicides* Montfort, 1808. В объем рода *Cibicides* вид *Cibicidoides pseudoungeriana* был отнесен Д.А. Кушманом [13] и долгое время не принимался в объеме *Cibicidoides* Thalmann, 1939. Это связано с тем, что некоторые роды семейства *Cibicididae* Cushman, 1927, как *Cibicidoides* и *Anomalinoides* Brotzen, 1942 считались только разновидностями *Cibicides* [2]. Однако современные молекулярно-генетические и физиолого-морфологические исследования [14] показали, что *Cibicidoides* и *Anomalinoides* могут быть справедливо помещены в самостоятельный ранг рода из семейства *Cibicididae*. По морфологии *Cibicides*, *Anomalinoides* и *Cibicidoides* отличаются по форме спинной стороны, характеру навивания камер, форме периферического края, пупочной области и особенностям развития устья (Рис. 1).

Вид *Cibicidoides pseudoungeriana* впервые был обнаружен в отложениях нижнего олигоцена восточной части США. Согласно первоописанию [12, p. 97, pl. 20, fig. 9] и последующему более детальному и точному описанию и изображению [13, p. 123-124, pl. 22, fig. 3-7] раковина двояковыпуклая, иногда уплощенно-выпуклая. Спинная сторона уплощенная, сильно перфорированная. Брюшная сторона выпуклая, до конической, перфорирована в меньшей мере, чем спинная. Число камер варьирует от 9 до 11 у взрослых форм. Пупочная область расширенная. Септальные швы отчетливые, сильно выраженные, изогнутые. Периферический край от заостренного до несколько прямо-закругленного. Устьевая поверхность закругленно-треугольная. Устье периферическое и протягивается по спинной стороне. В нижнеолигоценовых отложениях северной Мексики [13, p. 125, pl. 23, fig. 1-2] был отмечен вариант, именованный как *Cibicides pseudoungeriana* var. *io*, который отличается от оригинальной формы уплощенной, слабо двояковыпуклой формой и более округлым периферическим краем. Западно-Сибирские экземпляры по данным Р.Х. Липман [7], В.М. Подобина [8,9] и материалам керна скважины, изученной авторами данной работы (Рис. 1), с Кыштырлинского месторождения керамзитовых глин [10] практически аналогичны типичному виду из Северной Америки и отличаются более округлой, двояковыпуклой формой, редким уменьшением числа камер до 7-8, наличием широкой шишечки в пупочной области, которая не была упомянута в первоописании [12]. Также в описаниях Р.Х. Липман [7] и В.М. Подобиной [8] уточняется, что боковая часть устья, прикрытая тонкой губой, протягивается в виде щели на спинную сторону под концами последних двух камер. Кавказские раковины [6] в отличие от двояковыпуклых Западно-Сибирских форм имеют уплощенно-выпуклую форму, а устьевая поверхность свернута на брюшную сторону. Также известны описания и фотоснимки океанических форм по материалам глубоководного бурения в акватории Атлантического океана [16]. Однако эти описания не отличаются той степенью детальности, по которым возможно проследить особенности изменчивости морфологии в пределах одного вида. По фотоснимкам [16, pl. 11, fig. 13-15] можно только отметить, что боковая часть устья у океанических форм протягивается до конца последних трех камер, в отличие от Западно-Сибирских форм, для которых характерно развитие боковой части устья только до конца последних двух камер. Также океанические формы имеют уплощенно-выпуклую раковину, более вздутые камеры на последнем обороте и более закругленную устьевую поверхность.

В Западной Сибири данная форма была обнаружена в середине XX века палеонтологами из ВСЕГЕИ при проведении работ по зональному расчленению разреза палеогена [7 и др.] и именована, как *Cibicides khanabadensis* Myasnikova in Vasilenko, 1954. Однако, как показали исследования В.М. Подобиной [8], вид *Cibicides khanabadensis*, установленный в эоцене Таджикской депрессии М.А. Мясниковой [3], является синонимичным американскому виду из олигоцена - *Cibicidoides pseudoungeriana* [11]. Также вид *Cibicidoides pseudoungeriana* имеет некоторое сходство с *Cibicidoides ugoungeriana* Orbigny, 1846, выделенного в миоцене Европы [15, p. 157, pl. 8, fig. 16-18]. Согласно первоописанию видов их можно отличить по форме раковин и числу камер. У *Cibicidoides ugoungeriana* будет более вытянутая форма и на последнем обороте располагаться от 11 до 14 камер, против 9-11 у *Cibicidoides pseudoungeriana*. Находки раковин *Cibicidoides pseudoungeriana* известны в палеогене северного полушария как в отложениях морского генезиса, так и океанического (Рис. 2).



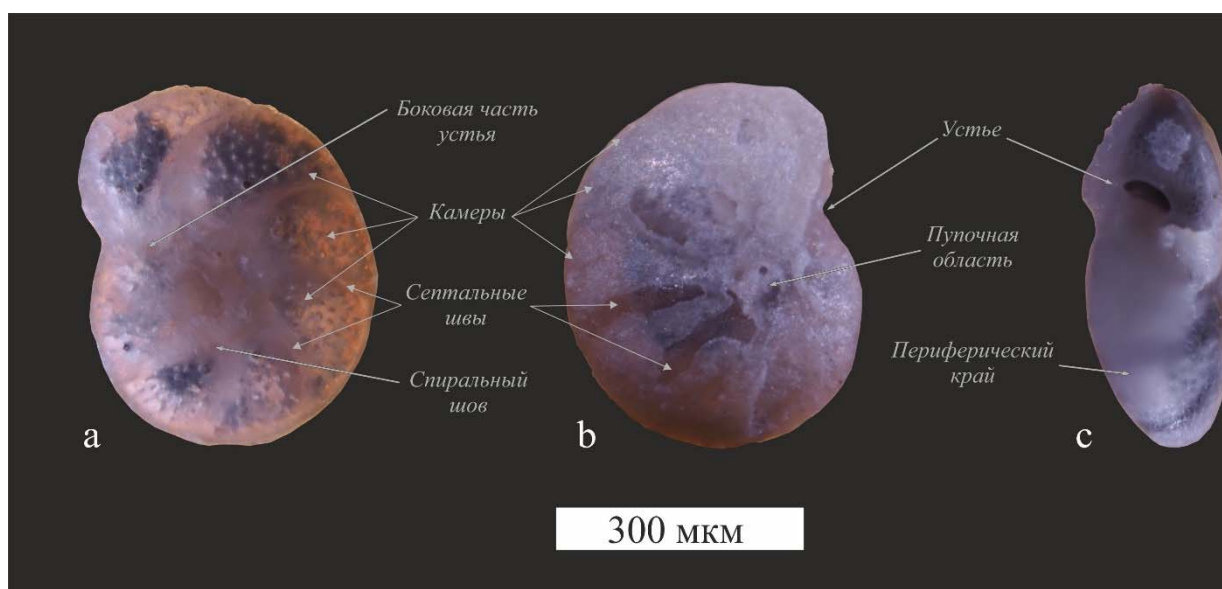


Рис. 1. *Cibicidoides pseudoungeriana*, Западной Сибири, Кыштырлинское месторождение (Тюменская область), глубина 31 м: а – спинная сторона, б – брюшная сторона, с – устьевая сторона. На фотоснимке с устьевой стороны первая камера обломана.

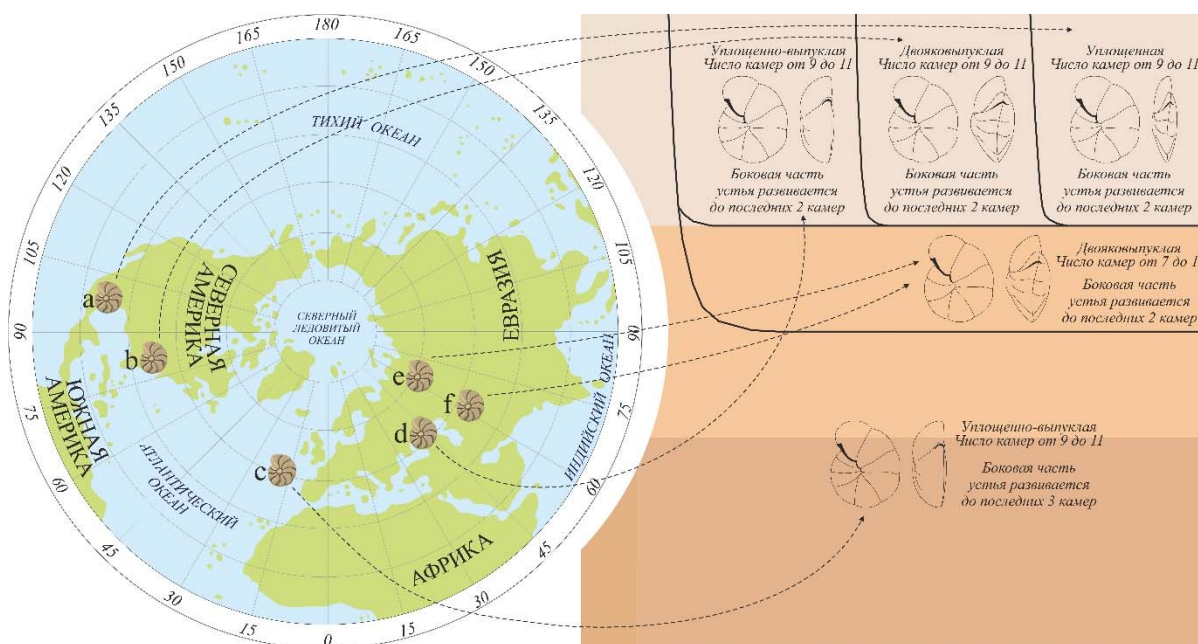


Рис. 2. Находки раковин *Cibicidoides pseudoungeriana*: а – Вариегат *C. pseudoungeriana* var. *io*, северная Мексика, нижний олигоцен [12], б – восточная часть США, нижний олигоцен [11], с – Атлантический океан, палеоцен, эоцен, олигоцен [15], d – Кавказ, нижний олигоцен [6], е – Западная Сибирь, средний-верхний эоцен (Кыштырлинское месторождение), f – Таджикская депрессия, эоцен [3]

В результате анализа морфологии *Cibicidoides pseudoungeriana* из палеогена Западной Сибири по материалам авторов и по литературным данным раковин из Северной Америки [12,13], Кавказа [6], Таджикской депрессии [3] и Атлантического океана [16] был выявлен характер морфологической изменчивости: форма раковины может меняться от уплощенной, уплощенно-выпуклой до двояковыпуклой, число камер меняться от 7-8 до 9-11, скелетный нарост на спинной стороне и пупочная шишечка на брюшной стороне могут как присутствовать, так и отсутствовать, а боковая часть устья может развиваться до последних двух или до последних трех камер. Западно-Сибирские виды характеризуются симметричной овально-двояковыпуклой формой, наличием скелетного вещества, перекрывающим начальные обороты на спинной стороне, присутствием широкой стекловидной шишечки в пупочной области, 7-9 треугольно-изогнутыми камерами, слабо изогнутыми расширяющимися к центру септальными швами и базальным полулунным устьем, протягивающимся вдоль последних двух камер, на спинной стороне.

### Литература

1. Ахметьев М.А., Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н., Витухин Д.И., Глезер З.И., Гнибиденко З.Н., Дергачев В.Д., Доля Ж.А., Запорожец Н.И., Козлова Г.Э., Кулькова И.А., Николаева И.А., Овечкина М.Н., Радионова Э.П., Стрельникова Н.И. Новые данные по морскому палеогену юга Западно-Сибирской плиты. Статья 1. // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2004, т. 12, № 1. С. 67–93.
2. Быкова Н.К., Василенко В.П., Волошинова Н.А., Мятлюк Е.В., Субботина Н.Н. Отряд *Rotaliida* // *Основы палеонтологии. Справочник для палеонтологов и геологов СССР. Общая часть. Простейшие*. Москва, Издательство АН СССР, 1959. С. 265-308.
3. Василенко В.П. Аномалиниды. Ископаемые фораминиферы СССР // *Труды ВНИГРИ*, выпуск 80. Ленинград, Гостоптехиздат, 1954. 280 с.
4. Васильева О.Н. Диноцисты и биостратиграфия палеогена Зауралья, Тургайского прогиба и Прикаспийской впадины: 25.00.02: автореф. дис. ... д. г.-м. н. / Васильева О.Н.; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Екатеринбург, 2018. 37 с.
5. Гурари Ф.Г., Волкова В.С., Бабушкин А.Е., Головина А.Г., Никитин В.П., Некрасов А.И., Кривенцов А.В., Доля Ж.А., Колыхалов Ю.М., Гнибиденко З.Н. Унифицированные региональные стратиграфические схемы неогеновых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. Объяснительная записка. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2001. 81 с.
6. Качарова М.В. Стратиграфия палеогеновых отложений Аджаро-Триалетской складчатой системы. Тбилиси, Мецниереба, 1977. 357 с.
7. Липман Р.Х. Фораминиферы палеогена // *Характерные фораминиферы мела и палеогена Западно-Сибирской низменности*. Москва, государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1955. С. 65-123.
8. Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия палеогена Западной Сибири. Томск, издательство научно-технической литературы, 1998. 337 с.
9. Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела и палеогена Западной Сибири. Томск, ТГУ, 2009. 432 с.
10. Смирнов П.В., Дерягина О.И., Новоселов А.А., Трубин Я.С., Баталин Г.А., Гареев Б.И., Плюснин А.В. Глины тавдинской свиты эоцена: литогеохимические и седиментологические аспекты (Кыштырлинское месторождение, Западная Сибирь) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2019, т. 330, № 11. С. 130–144
11. Фурсенко А.В. Введение в изучение фораминифер // *Труды ИГиГ СО РАН*, выпуск 391. Новосибирск, Наука, 1978. 242 с.
12. Cushman, J.A. The Foraminifera of the Byram calcareous marl at Byram Mississippi // *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1922. P. 87-122.
13. Cushman, J.A. The foraminifera of the Atlantic Ocean, Pt. 8. Rotaliidae // *U.S. Nat. Mus, Bull.* 104, pt. 8, 1931. P. 1-179, plates 1-26.
14. Holzmann M., Pawlowski J. An updated classification of rotaliid foraminifera based on ribosomal DNA phylogeny // *Marine Micropaleontology*, 2017. 59 p.
15. Orbigny A. Foraminifères fossils du bassin Tertiaire de Vienne. Paris, Gide et comp, Libraires-Editeurs, rue des Petits-Augustins, №5, 1846. 387 p.
16. Schniker D. Cenozoic deep water benthic foraminifera, Bay of Biscay // *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. XLVIII, 1976. P. 377-413.

УДК: 551.242.056: 551.71/.73(571.1)

## ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПЛИТА КАК ЧАСТЬ ПАЛЕОАЗИАТСКОГО ОКЕАНА

*Аламов Александр Дмитриевич*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, магистрант  
1 курса (года обучения), г. Томск e-mail: [alam027@mail.ru](mailto:alam027@mail.ru)*

*Ковешников Александр Евгеньевич*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, доцент, г. Томск, e-mail: [kovesha@mail.ru](mailto:kovesha@mail.ru)*

*Стреляев Валерий Иванович*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, доцент, г. Томск e-mail: [strelyaev@ggf.tsu.ru](mailto:strelyaev@ggf.tsu.ru)*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Ковешников Александр Евгеньевич*

**Аннотация:** Формирование венд-каменноугольных образований и всей Западно-Сибирской тектонической плиты (ЗСТП) как северной части Палеоазиатского океана позволило выделить определить, что островные дуги сформировались: в докембрии в сторону Сибирского кратона; в ордовике в сторону Восточно-Европейского палеоматерика. В связи с их ориентацией сформировались задуговый и два междуговых бассейна седиментации, в пределах которых формировались карбонатные платформы (КП). Зоны кремненакопления сформировались в районе островных дуг, а зоны их наложения на КП перспективны для поиска залежей нефти и газа.

**Ключевые слова:** венд-каменноугольные, Западно-Сибирская тектоническая плита, Сибирский кратон, палеоматерик, островные дуги, карбонатные платформы, зоны кремненакопления.

## WEST SIBERIAN TECTONIC PLATE AS PART OF THE PALEOASIANOCEAN

*Alexandr Dmitrievich Alamov*

*National research Tomsk Polytechnic University, 1st year master's student (year of study), Tomsk e-mail: [alam027@mail.ru](mailto:alam027@mail.ru)*

*Koveshnikov Alexander E.*

*National research Tomsk Polytechnic University, Docent, Tomsk, e-mail: [kovesha@mail.ru](mailto:kovesha@mail.ru)*

*Streljaev Valery I.*

*National research Tomsk state University, Docent, Tomsk e-mail: [strelyaev@ggf.tsu.ru](mailto:strelyaev@ggf.tsu.ru)*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Docent, Alexander E. Koveshnikov*

**Abstract:** The formation of Wend-Carboniferous formations and the entire West Siberian tectonic plate (WSTP) as the Northern part of the Paleoasian ocean allowed us to determine that island arcs were formed: in the Precambrian towards the Siberian craton; in the Ordovician towards the Eastern European paleocontinent. Due to their orientation, a back-arc and two inter-arc sedimentation basins were formed, within which carbonate platforms (CP) were formed. Zones of silicon accumulation were formed in the area of island arcs, and the zones of their superimposition on the KP are promising for searching for oil and gas deposits.

**Keywords:** the Vendian-Carboniferous, West Siberian tectonic plate, Siberian craton, paleocontinent, island arc, carbonate platforms, silicon accumulation zones.

В юго-восточной части Западно-Сибирской равнины геофизическими исследованиями и бурением установлен комплекс, который получил в геологической литературе наименование Западно-Сибирской тектонической плиты (ЗСТП). Венд-каменноугольные образования ЗСТП подразделены на 23 структурно-фациальных района (СФР) [3] (рис. 2.), для которых выявлена последовательность накопления осадочных и магматических пород (рис. 1.), их мощность, возраст органических остатков и выстроена стратиграфическая схема для каждого из выделенных СФР.

Тектоническая история данной территории началась, согласно [1] с раскола палеоматерика Родиния. Около 1100 – 950 млн лет назад [1] (рис. 1А) материк раскололся, и началось существование Палеоазиатского океана, частью дна которого и является территория ЗСТП, которая первоначально формировалась как узкая полоса морского дна между Сибирским кратоном (современная Восточная Сибирь) и палеоматериком (рис. 1А.) Лаврентией (рис. 2.). На западе располагался Восточно-Европейский палеоматерик.

Проявление спрединга привело к формированию островной дуги, ориентированная в сторону палеоматерика Сибирь (рис. 1Б). В конце венда началось формирование доломитовых пород, и изливавшихся вдоль островных дуг магматические образования, формирующих систему островов наподобие сегодняшней Курильской гряды. Эта островная дуга [1] примыкала к Сибирскому кратону и названа нами Сибирской островной дугой (СОД). На основании анализа [3] распределения в пределах ЗСТП магматических и осадочных пород венд-палеозойского возраста [3] нами предложено выделение Центральной островной дугой или ЦОД (рис. 1Б, 2.).

Кроме вышеуказанных, в геологической литературе описана [2] островная дуга, ориентированная в сторону Восточно-Европейского палеоматерика (современного Урала) [2], названная нами Западной ветвью Уральской островной дуги (Зап. Ветвь УОД, рис. 2.), так как восточнее по анализу распространения магматических пород в пределах ЗСТП нами предложено выделение Восточной ветви Уральской островной дуги (Вост. Ветвь УОД, рис. 2.).

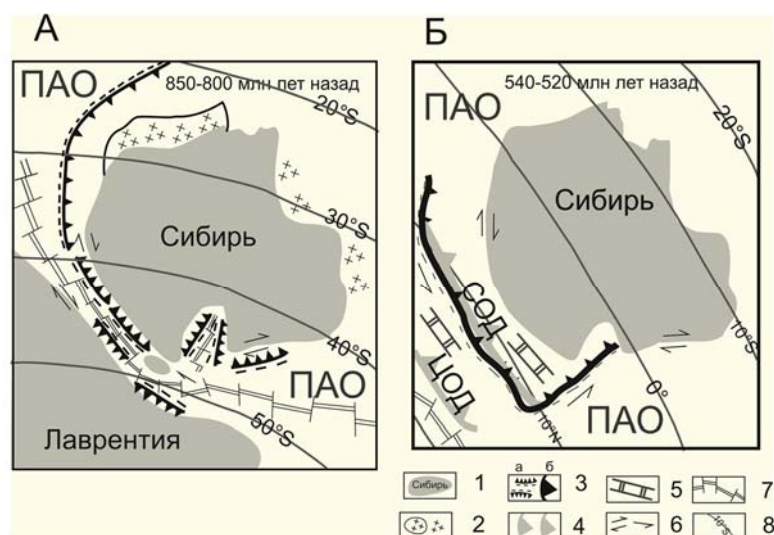


Рис. 1. Стадии формирования неопротерозойской активной окраины Сибирского кратона (территории ЗСТП): 1А - около 850-800 млн лет назад; 1Б - около 540-520 млн лет назад (по [1] с добавлениями А.Е. Ковешникова). Условные обозначения: 1 – Материки: Сибирский кратон, Лаврентия, отдельные участки суши; 2 – окраинно-континентальные осадочные бассейны; 3а - островные дуги с указанием ориентировки зоны субдукции (треугольники) и положения аккреционного клина (штриховая линия) по [1] с добавлениями А.Е. Ковешникова; 3б – расположение островной дуги, ориентированной в сторону Сибирского кратона по [1]; 4 – расположение Сибирской (СОД) и Центральной (ЦОД) островных дуг (по А.Е. Ковешникову); 5 – зоны накопления доломитовых пород в верхнем венде и раннем кембрии; 6 – крупные сдвиги; 7 – предполагаемые зоны спрединга, включая задуговые; 8 - палеошироты.

Рассмотрим расположение выявленных островных дуг в пределах ЗСТП:

**Сибирская островная дуга (СОД)** расположена в пределах Колпашевского и части Вездеходного СФР и наиболее активно проявлялась в позднем неопротерозое и в позднем кембрии–раннем ордовике, с формированием энсиматических и энсиалических палеоостроводужных комплексов [1]. Гранитоиды (скважина Вездеходная-4 одноименного СФР) по абсолютному возрасту соответствуют концу венда, а базальтоиды - раннему кембрию.

**Центральная островная дуга (ЦОД)** (рис. 1, 2.) также проявляется с докембрия, так как в восточной части Усть-Балыкского СФР описано проявление гранитоидов докембрийского возраста (рис. 2.). Основная магматическая активность, согласно [3] осуществлялась в силуре, в раннем и среднем девоне, с излиянием на территории Усть-Балыкского СФР кислых эффузивов риолитового и риолит-дацитового состава, диабазов. Частичные магматические проявления установлены также в пределах части Туйско-Барабинского, Варьеганского, Новопортовского и Нюрольского СФР.

**Западная ветвь Уральской островной дуги** (зап. Ветвь УОД) (рис. 1, 2.) согласно [3] сложена последовательно проявившимися: базальтами, трахибазальтами, андезитобазальтами, базальтами, андезитами, проявляющимися с начала ордовика до конца раннего карбона (Тагильский СФР); а с раннего девона до конца раннего карбона проявлялись трахибазальты, трахиандезиты, трахилипариты (Березово-Сартыньинский СФР).

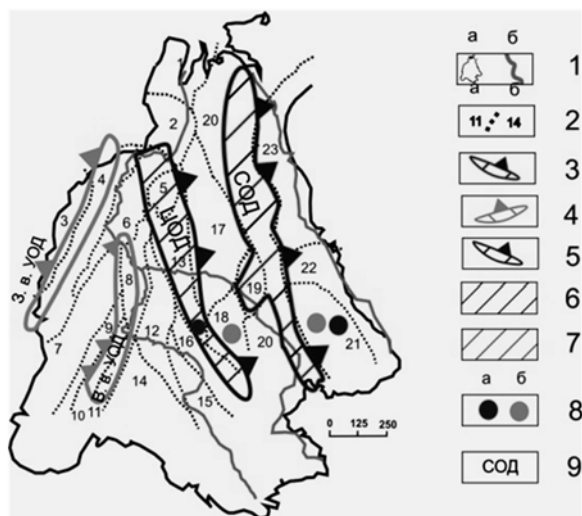


Рис. 2. Западно-Сибирская тектоническая плита (ЗСТП) с расположением участков проявления островных дуг, основных вторичных процессов, скважин, вскрывших докембрийские гранитоиды и кембрийские базиты. Условные обозначения: 1а – границы ЗСТП; 1б – основные реки; 2 – границы и обозначение структурно-фациальных районов (СФР) [3]: 1 – Бованенковский; 2 – Новопортовский; 3 – Тагильский; 4 – Березово-Сартыньинский; 5 – Ярудейский; 6 – Шеркалинский; 7 – Шаимский; 8 – Красноленинский; 9 – Тюменский; 10 – Косолаповский; 11 – Уватский; 12 – Салымский; 13 – Усть-Балыкский; 14 – Ишимский; 15 – Тевризский; 16 – Туйско-Барабинский; 17 – Варьеганский; 18 – Нюрольский; 19 – Никольский; 20 – Колпашевский; 21 – Вездеходный; 22 – Тыйский; 23 – Ермаковский; 3 – Сибирская островная дуга или СОД докембрийско-ордовикской активизации; 4 – Уральская островная дуга (Западная и Восточная ветви) ордовик-силурийской и затем ранне-девон-раннекарбоновой активизации; 5 – Центральная островная дуга докембрийско-раннекарбоновой активизации; 6-7 – поступление в водоем растворов, вызывающих формирование: 6 – доломитов; 7 – кремнесодержащих пород биогенного извлечения; 8-9 – скважины вскрывшие: 8 – докембрийские гранитоиды; 8б – кембрийские базиты; 9 – буквенные обозначения островных дуг.

**Восточная ветвь Уральской островной дуги** (Вост. Ветвь УОД) установлена в пределах Уватского, Красноленинского и Шеркалинского СФР. В Уватском СФР описаны эффузивы основного и среднего состава, лавы и туфы кислого, среднего и основного состава, их туфы и туффиты; для Красноленинского СФР описаны андезиты, метабазальты, андезитобазальты и их туфы, туфопесчаники, туфобрекчии, кислые эффузивы, базальты; для Шеркалинского СФР разбурены афировые базальты, плагиоклазовые порфиры, туфы. Частичное проявление магматизма выявлено для Тюменского, Косолаповского, Салымского и Ишимского СФР. Магматическая активность установлена от ордовика до конца среднего карбона. Магматическая активность установлена на территории ЗСТП прекратилась к концу перми.

С проявлением островных дуг связано формирование осадочных бассейнов и формирования карбонатных платформ. Восточнее СОД на юго-востоке ЗСТП (рис. 2.) в докембрии-силуре сформировался задуговый бассейн седиментации, в пределах которого бурением установлено развитие венд-кембрийских карбонатных, терригенных и эвапоритовых образований, сформировавшихся в условиях постепенного высыхания этого участка моря. Севернее, в восточной части ЗСТП до конца силура существовала зона карбонатакопления с формированием в ее пределах доломитовых пород и известняков. В целом, территория Вездеходного, Тыйского и Ермаковского СФР (рис. 2.) представляет собой задуговый бассейн (восточнее СОД) с формированием в ее пределах карбонатной платформы венд-ордовикского возраста, назовем ее **Сибирской карбонатной платформой**.

Западнее, между СОД и ЦОД в междугловом бассейне седиментации, и с конца венда до конца раннего карбона формировалась карбонатная платформа, установленная бурением в пределах ее южной части (Чкаловская площадь Усть-Тымской впадины Нюрольского СФР), где с конца венда до начала среднего карбона (с некоторым перерывом) формируются образования карбонатной платформы [3] (рис. 2.). Севернее, в пределах Новопортовского СФР установлено формирование карбонатной



платформы начиная с ордовика до конца девона. На территории Варьеганского СФР, разделяющей эти два перспективных региона, карбонатная платформа формировалась в ограниченных пределах с середины среднего девона до конца раннего карбона. Таким образом, территория Нюрольского, Новопортовского и частично Варьеганского СФР представляют собой зону формирования **Центральной карбонатной платформы**, формирующейся на отдельных участках или в целом на всей территории с конца венда до конца раннего карбона.

Между Восточной и Западной ветвями УОД (Шаимский СФР) со среднего девона до конца среднего карбона формировался междуговый бассейн седиментации, и приуроченная к нему **Уральская карбонатная платформа**, сложенная известняками.

Зоны кремненакопления [3] формировались (рис. 2.) в связи с проявлением островных дуг, и установлены: для Западной ветви УОД в пределах СФР: Тагильского; Березово-Сартыньинского; для Восточной ветви УОД: Шеркалинского, Салымского, Ишимского, Уватского, Краснотенинского, Шеркалинского и проявлялись с начала ордовика до конца башкирского века среднего карбона.

В пределах ЦОД кремненакопление осуществлялось на территории СФР: Шеркалинского, Салымского, части СФР: Туйско-Барабинского, Варьеганского, Нюрольского, проявившихся с начала ордовика по конец среднего карбона

Наибольший интерес в плане формирования пород-коллекторов в пределах карбонатных платформ и зон кремненакопления представляет территория Нюрольского СФР, расположенного в южной части Центральной КП. И в периферийной зоне кремненакопления ЦОД.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие основные выводы:

1. В докембрии на территории ЗСТП закладываются ориентированные в сторону Сибирского кратона две островных дуги: Сибирская (восток ЗСТП), и расположенная в центральной части ЗСТП Центральная островная дуга, проявившиеся в позднем неопротерозое и в позднем кембрии – раннем ордовике, с формированием энсиматических и энсиалических палеоостроводужных комплексов.

2. В ордовике закладываются две ветви Уральской островной дуги, ориентированной в сторону Восточно-Европейского палеоматерика, сопровождаемые излияниями магм основного и среднего состава.

3. Относительно островных дуг формировались карбонатные платформы: **Сибирская** (Везеходный, Тыйский и Ермаковский СФР) с конца венда по конец ордовика; **Центральная** (Новопортовский, Варьеганский и Нюрольский СФР) с конца венда до конца раннего карбона в основном на севере и юге зоны, и только в позднем девоне-раннем карбоне в центральной ее части; **Уральская** (Шаимский СФР) с середины среднего девона до конца среднего карбона.

4. Зоны кремненакопления формировались в зоне формирования островных дуг: Западной и Восточной ветвей Уральской, в пределах Центральной, и на части примыкающих к ним участков формирования карбонатных платформ.

5. Наиболее перспективны для формирования пород-коллекторов являются карбонатные платформы, особенно в участках наложения на них периферийных зон кремненакопления (Нюрольский СФР).

### **Литература**

1. Гордиенко И.В., Метелкин Д.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и венд-раннепалеозойской активных окраинах палеоазиатского океана // Геология и геофизика. - 2016, Т. 57, №1. - С. 91-108.
2. Дубатов В.Н., Краснов В.И. Фаменский этап в эволюции географических обстановок Сибирских морей // Геология и геофизика. - 2000. – Т. 41. - № 2. – С. 239-254.
3. Решения межведомственного совещания по рассмотрению и принятию региональной стратегической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской равнины / под ред. В.И. Краснова. – Новосибирск: Сиб. научно-исслед. инст-т геологии, геофизики и минерал. сырья, 1999. – 80 с.

УДК: 551.732.2

## ИЗУЧЕННОСТЬ АРХЕОЦИАТ В КЕМБРИЙСКИХ РАЗРЕЗАХ САЯНО-БАЙКАЛЬСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ

*Скрипников Михаил Сергеевич*

*Геологический институт Сибирского Отделения Российской Академии Наук, аспирант, 2 года обучения, г. Улан-Удэ  
e-mail: mlskr@ya.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., старший научный сотрудник Ветлужских Лариса Ивановна*

**Аннотация:** Нижнекембрийские отложения на территории Саяно-Байкальской горной области изучаются на протяжении почти ста лет. Плановые геолого-съемочные работы, начавшиеся во второй половине XX в., способствовали выделению комплексов осадочных пород, содержащих остатки археоциат и другой фауны и флоры, что позволило в дальнейшем выделить структурно-фациальные зоны нижнепалеозойского осадконакопления и провести биостратиграфические построения.

**Ключевые слова:** кембрий, археоциаты, Саяно-Байкальская горная область.

## THE KNOWLEDGE OF ARCHAEOCYATHS IN THE CAMBRIAN SECTIONS OF THE SAYAN-BAIKAL OROGENIC AREA

*Mikhail Skripnikov,*

*Geological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2<sup>nd</sup> year Post-graduate Student, Ulan-Ude,  
e-mail: mlskr@ya.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Researcher, Larisa Vetluzhskikh*

**Abstract:** Lower Cambrian deposits in the Sayan-Baikal orogenic area have been studied for almost a hundred years. Systematic geological survey work, which began in the second half of the 20th century, contributed to the separation of sedimentary rock complexes containing the remains of archaeocyaths and other fauna and flora, which made it possible to further identify the structural-facies zones of the Lower Paleozoic sedimentation and conduct biostratigraphic constructions.

**Keywords:** cambrian, archaeocyatha, Sayan-Baikal orogenic area.

История изучения кембрийских отложений Саяно-Байкальской горной области, в т.ч. в пределах территории Бурятии, позволяет выделить несколько этапов. Первый этап знаменует собой начальное геологическое изучение оз. Байкала И.Д. Черским (1886 г.), что привело его к выводу о глубокой древности пород байкальского региона и континентальном режиме его развития. Эти идеи впоследствии были развиты академиком В. А. Обручевым, который длительное время полагал, что этот крупный выступ суши, вместе с областью Забайкалья, возник в докембрийское время, и что его тектоническая структура во все последующие геологические времена существенных изменений не претерпевала [5]. Зюсс, воспользовавшись материалами и мнением Обручева, построил свою известную теорию о «Древнем тении Азии», отражавшую представление по этому вопросу обоих ученых [2].

Следующий этап геологических исследований, связанный с широким развертыванием геолого-съемочных и геолого-поисковых работ, принес огромное количество нового материала. Геологами были открыты массовые остатки археоциат, местами трилобитов, а также и известковых водорослей [9].

Первые находки морской палеозойской фауны были сделаны А. В. Львовым (1915) и Б. Н. Артемьевым (1924) в осадочных породах бассейна р. Джиды. Возраст отложений был тогда определен как девонский. В ходе дальнейших исследований, проводившихся в течение многих лет рядом геологов, этот возраст не подтвердился. Вместо девонской фауны была собрана и определена фауна другого возраста – кембрийского [7]. М. В. Бесовой (1932) в левом борту руч. Мырген-Шено обнаружены



археоциаты: *Ajacyathus* sp., *Coscinocyathus* sp., а также известковая водоросль *Epiphyton fasciculatum*, по определению А. Г. Вологодина. По сборам О. Н. Шанюшкина и определению И. Т. Журавлевой здесь был установлен комплекс фауны: *Ajacyathus* cf. *salebrosus*, *Loculicyathus* sp., *Archaeofungia* sp. [1]. Помимо этого, археоциаты были собраны П. И. Налетовым в долине руч. Цакирки и руч. Хурлика.

Большой вклад в изучение кембрийских отложений внес Л. И. Салоп в 40-50 гг. прошлого столетия. Экспедицией под его руководством были выявлены новые палеонтологические материалы, представленные в большинстве своем остатками археоциат, и получены новые данные о геологическом развитии региона, существенно дополняющие прежние данные, что послужило основой для монографии «Нижний палеозой Средне-Витимской горной страны» [9,10].

В Восточном Саяне впервые археоциаты были обнаружены Д. В. Титовым в 1947 г. в известняках хужиртайской свиты боксонской серии. Находки были немногочисленными и не позволяли определено сопоставить свиту с общепринятыми в то время биостратиграфическими подразделениями [6]. Повторные сборы археоциат, произведенные Г. В. Махиным в 1955 г. (также по р. Сархоя), позволили говорить о принадлежности хужиртайской свиты к выделяемому в то время ленскому ярусу нижнего кембрия [3]. Археоциатовый комплекс представлен следующими формами: *Archaeolynthus* cf. *nalivkini*, *Tumuliolynthus musatovi*, *Ajacyathus* aff. *immanis*, *Dokidocyathus volkovi*, *Szeczyathus cylindricus*, *Robustocyathus* sp., *Kijacyathus* cf. *lavrenovae*, *Coscinocyathus* aff. *dianthus*.

Дополнительно коллекции археоциатовых известняков были отобраны Л. С. Волковым в 1964 г. в обнажениях подножия и склонов гольца Саган-Ула (водораздел рек Хужиртай-Горхона и Сархоя) [6]. В 1972-1973 гг. обильная органика была найдена на остальных площадях развития отложений боксонской серии в бассейнах р. Забита и Сархоя. В последующие годы остатки кембрийской фауны были обнаружены в карбонатных породах бассейнов рек Улзыты, Урика, Бол.Белой, Ехэ-Шигны, Хайта, Шумака и в окрестностях пос. Орлик, до этого относившихся к монгошинской серии верхнего протерозоя [3].

На Витимском плоскогорье кембрийские отложения были открыты в результате начала работ треста Забайкалзолото в 1932 г. А. Ф. Колесовым по р. Олдында [11]. Переданные А. Г. Вологдину образцы с археоциатами показались исследователю по внешнему виду схожими с таковыми из камешковского горизонта (дер. Камешки, Восточный Саян) нижнекембрийских отложений Алтае-Саянской складчатой области [5]. Дальнейшее изучение состава археоциат, представленное родами *Coscinocyathus*, *Ajacyathus*, *Archeolynthus*, *Loculicyathus*, *Batchatocyathus*, лишь подтвердило предположения исследователя. В 1944 геологом Н. П. Михно в бассейне р. Витима по р. Янгуд, левому притоку, были сделаны в большом количестве новые открытия остатков археоциат родов *Ajacyathus* и *Coscinocyathus*. На основании геологических и палеонтологических данных отложения были выделены в янгудскую свиту [10,11], возраст которой А. Г. Вологдин давал до среднего кембрия. Видовой состав комплексов археоциат, близкий к археоциатам торгошинских слоев, позволил установить связи Восточного Саяна с рядом районов Монголии [5]. В 1945 г. в бассейне р. Кыджымит, геологу А. К. Гусевой удалось обнаружить значительное распространение археоциатовых известняков, причем была собрана большая коллекция фауны камешковского типа [11].

Следующий этап изучения кембрийских разрезов знаменовал собой выделение шести основных структурно-фациальных зон нижнепалеозойского осадконакопления на территории Саяно-Байкальской горной области [11] и уточнения биостратиграфических схем.

И. Т. Журавлева обнаружила в олдындинской свите (Удино-Витимская зона) аналоги трех комплексов Алтае-Саянской области: обедненного базаихского, базаихского, камешковского и санаштыкгольского [8]. В 1960 - 1963 гг. Б. А. Далматовым и М. М. Язмиром были выделены четыре горизонта с местными названиями - нижеульдзуйтуйский, вышеульдзуйтуйский, сухореченский и хулудинский, которые они сопоставляли с базаихским, камешковским и санаштыкгольским горизонтами [11]. Открытие в 1963 г. Озерного месторождения позволило более детально изучить стратиграфию района, изучить археоциаты в шлифах, провести биостратиграфическую корреляцию отложений в пределах узла [4].

Таким образом, открытие археоциатовых комплексов на территории Саяно-Байкальской горной области послужило прочным основанием для утверждения о развитии в этой области кембрийских отложений, способствовало выделению биостратиграфических подразделений, изучению островодужных систем, являющихся частью складчатого обрамления Сибирской платформы.

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 19-05-00312.*

### **Литература**

1. Беличенко В.Г. Каледониды Байкальской горной области. Новосибирск: Наука. 1977. 134 с.
2. Булгатов А.Н. Геодинамика Байкальской горной области в позднем рифее и венде-раннем палеозое. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео». 2015. 191 с.
3. Бутов Ю.П. Палеозойские осадочные отложения Саяно-Байкальской горной области (проблемы стратиграфии, характерные формации, рудоносность). Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН. 1996. 153 с.
4. Васильев И.Л. Геология Еравнинского рудного поля (стратиграфия, фации осадков и палеогеография) // Труды геологического института академии наук СССР Сибирское отделение Бурятский филиал. Выпуск 14. Новосибирск: Недра. 1977, 125 с.
5. Вологдин А.Г. Археоциаты и водоросли кембрия Байкальского нагорья. М.: Изд-во Академии наук СССР. 1962. 140 с.
6. Волков Л. С., Далматов Б. А., Язмир М.М. Новые данные к стратиграфии хужиртайской свиты в Восточном Саяне. // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятии. Вып. X. Улан-Удэ. 1966. С.251-254.
7. Налетов П. И. Стратиграфия Центральной части Бурятской АССР. М.: Госгеолтехиздат, 1961. 280 с.
8. Постников А.А., Журавлева И.Т., Терлеев А.А. Стратиграфия кембрийских отложений Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (3). С. 608—619.
9. Салоп, Л.И. Геология Байкальской горной области. // Т.1. Стратиграфия. М.: Недра.- 1964. - 516 с.
10. Салоп Л. И. Нижний палеозой Средне-Витимской горной страны. М.: Госгеолтехиздат, 1954. 83 с.
11. Язмир М.М., Далматов Б.А., Язмир И.К.. Атлас фауны и флоры палеозоя и мезозоя Бурятской АССР. Палеозой. М.: Недра. 1975. 184 с.

УДК 551.86+551.89

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОМАНИКИТОВ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ, БАССЕЙНА ЧЕРНОГО МОРЯ И БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ**

**Шаихова Эльза Айдаровна**

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», студент 3 курса  
г.Екатеринбург  
eshaikhova@inbox.ru

**Обухова Ирина Дмитриевна**

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», студент 3 курса  
г.Екатеринбург  
obukhova\_10@mail.ru

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор  
Алексеев Валерий Порфирьевич

**Аннотация:** В работе проводится сравнительный анализ доманикитовой формации Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, баженовской свиты и современных осадков Черного моря. В результате сравнения делается вывод о перспективах разработки черноморского бассейна на добычу углеводородов.

**Ключевые слова:** доманикит, баженовская свита, Черное море, аноксия, сравнение.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMANIKITS OF THE VOLGO-URAL NON-GAS-BEARING PROVINCE, THE BLACK SEA POOL AND THE BAZHENOV SUITE

**Shaikhova Elza Aydarovna**

*Ural State Mining University, 3<sup>st</sup> year Student*

*Ekaterinburg city*

*eshaikhova@inbox.ru*

**Obukhova Irina Dmitrievna**

*Ural State Mining University, 3<sup>st</sup> year Student*

*Ekaterinburg city*

*obukhova\_10@mail.ru*

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, professor*

*Alekseev Valeriy Porfirevich*

**Abstract:** The article presents a comparative analysis domanic formation of Volga- Ural oil-and-gas province, bazhenov formation, and modern Black sea sediments. As a result of the comparison, a conclusion is made about the prospects of developing the Black sea basin for hydrocarbons.

**Keywords:** domanikit, bazhenov formation, Black sea, anoxia, comparison.

В последнее время в связи с проблемами добычи сланцевой нефти идут поиски потенциальных источников и аналогов данных месторождений. В России сланцевая нефть по большей части добывается из доманикитовых формаций Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и баженитов Баженовской свиты. Доманикиты – уже почти полностью отработанный ресурс, бажениты отрабатываются в данный момент. В качестве возможного объекта для добычи углеводородов могут служить осадки бассейна Черного моря.

В Волго-Уральской нефтегазоносной провинции залегают доманикиты. Данные отложения, обогащенные органическим веществом сапропелевого типа, представляют собой сланцевые толщи и имеют кремнисто-глинисто-карбонатный состав. Возраст пород – верхний девон (D<sub>3</sub>). Содержание органического вещества колеблется в пределах 2,5-10%; доманикитовая формация занимает территорию впадины семилюкского бассейна (рис. 1).

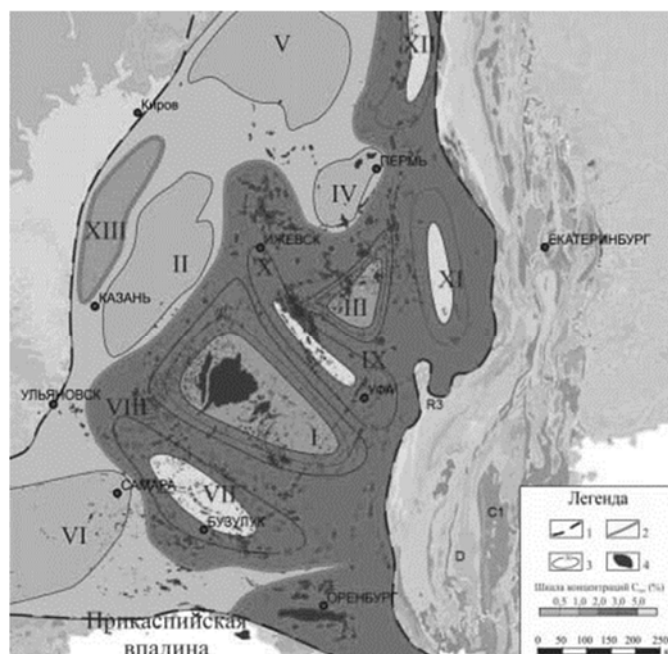


Рис. 1 Схема развития доманиковых отложений в Волго-Уральском бассейне

Наличие углеводородов в доманикитах взаимосвязано с жизнедеятельностью зоопланктона. Вследствие тектонической и вулканической деятельности происходила массовая гибель живых организмов. В результате этого донные воды подвергались заражению углекислотой и метаном. В течение долгого времени территория претерпевала циклы поднятия-опускания, периодически менялись

условия осадконакопления, что привело к образованию общей фациальной черты – битуминозности, тонких переслаиваний глин, карбонатных илов и органического вещества [2]. Нагревание воды, аноксия, наличие органического вещества – все это способствовало образованию углеводородов в Волго-Уральском регионе.

Доманикиты Волго-Уральской провинции были описаны и еще несколько веков назад. Они являются эталонным почти полностью отработанным образцом пород-коллекторов сланцевой нефти. Аналогом этих образований являются бажениты, которые залегают на территории Западной Сибири.

Баженовская свита считается одной из наиболее изученной формацией, которая была образована в конце юрского периода ( $J_3$ ). Характерной чертой горизонта является битуминозность породы, в которой содержание органического вещества доходит до 20%. Свита занимает площадь более 1 млн. кв. км, ее толщина колеблется от 10 до 60 м (среднее значение 30 м), но в некоторых аномальных участках толщина пластов достигает 100 м (рис. 2). Баженовский горизонт представлен разнообразными осадочными породами, которые И. И. Нестеровым в XIX в. были названы баженитами. Данные образования являются особым видом коллектором, в котором тонкие глинистые слои чередуются с органическим веществом.

Анатлитики WoodMackenzie оценили запасы нефти в свите в 2 трлн. барреля.

Наличие органического вещества в отложениях баженовской свиты связывают с жизнедеятельностью фитопланктона и водорослей. Считается, что осадконакопление в Баженовском море происходило в условиях аноксии, сероводородным заражением глубинных вод. Такая обстановка образовалась более 100 миллионов лет назад в результате резкого изменения температурного режима воды. Происходила массовая гибель живых организмов, останки которых образовали на дне мощные слои, обогащенные органическим веществом. Из-за тектонической активности осуществлялось нагревание воды. Данные циклы, определяющиеся охлаждением и прогреванием среды, многократно повторялись в течение десятков и сотен миллионов лет. Под влиянием температуры и давления органическое вещество подвергалось фазовым превращениям и превращалось в жидкое и газообразное вещество. Результатом служило увеличение объема и давления на окружающие породы – в них образовывалась система трещин. Эти сланцевые образования с полостями, которые служат ловушками для углеводородов, и есть бажениты, т. е. породы с линзами нефти и газа [3].

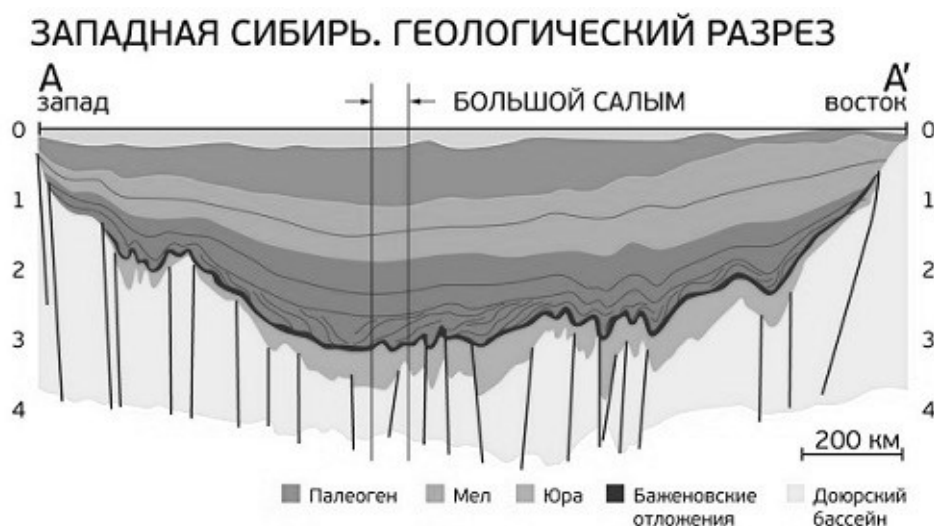


Рис.2 Геологический разрез баженовской свиты

В настоящее время в России баженовская свита является главным источником сланцевой нефти. Таким аналогом баженитов являются осадки черноморья. Черное море – это современный находящийся в стадии формирования бассейн, который по своим свойствам имеет схожие черты с древним Баженовским морем.

Черное море, площадью 423000 км<sup>2</sup>, расположено между несколькими государствами: Россией, Грузией, Турцией, Болгарией, Румынией и Украиной. Его максимальная глубина составляет 2245 м, осадочная толща может превышать 14 км. Черное море уже давно рассматривается как типичный пример эвксинового бассейна, в котором свободный сероводород (H<sub>2</sub>S) и аноксия донных вод приводят к отсутствию бентосной жизни и сохранению органического вещества. Черное море является пограничным бассейном с небольшим количеством скважин, пробуренных в его глубоководных частях,

поэтому геологи-нефтяники уделяют ему большое внимание. Многочисленные потенциальные ловушки и резервуары, обнажения пород-коллекторов, а также обильные просачивания указывают на наличие запасов углеводородов. Многие нефтяные и газовые месторождения залегают на окраинах Черного моря, как в мелководных морских районах, так и на суше. (рис.3).

Хоть уже сто лет назад происходили исследования черноморского бассейна под руководством А. Д. Архангельского и Н. М. Страхова, но разведка нефти в глубоководных частях Черного моря пока находится на начальном этапе. Учитывая трудности бурения в глубоководных районах, возникает ряд проблем, которые включают в себя характеристики пород-коллекторов, сроки и миграции углеводородов. Эти затруднения могут быть решены с помощью понимания геологической стороны строения черноморского бассейна и соседних органогенных областей. [4].

Несколько лет были проведены удачные попытки разведки в глубоководных частях моря. Авторитетные аналитики WoodMackenzie сделали оценку потенциальных запасов Черного моря в размере 1,35 баррелей. Вероятно, эта оценка весьма приуменьшена, если учитывать большое количество пород-коллекторов и возможных ловушек углеводородов. Например, в 2000 г. по оценкам USGS WorldPetroleumAssessment неразведанный потенциал насчитывает более 7 млрд баррелей. Однако из-за малой изученности глубоководных районов в мировых масштабах добыча нефти в Черном море незначительна [4].

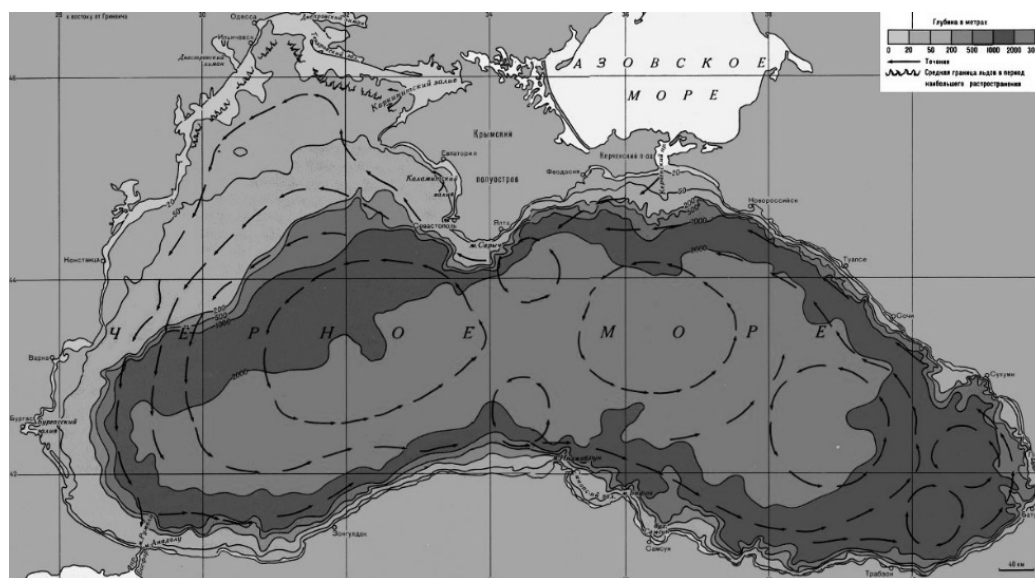


Рис.3 Строение Черного моря

Кроме нефти и газа в глубоководных частях моря залегает газогидрат. Это вещество возникает только при определенном соотношении температуры ( $T$ ) и давления ( $P$ ), т. е.  $T > 15^\circ$ ,  $P = 0,1 - 5$  МПа. Газогидрат образует мощные залежи толщиной до 200 м на континентальном склоне, его подножье и в областях деятельности грязевых вулканов. Благодаря этим свойствам Черное море можно считать эталонным объектом для изучения газогидрата.

В итоге перечисленного проследим схожие черты образования Черного, Баженовского морей и доманикитовой формации. Во-первых, это анкосия, из-за которой на дне были образованы мощные обогащенные большим количеством органического вещества. Во-вторых, в Баженовском и Черном морях анаэробная обстановка образовалась в результате сероводородного заражения, а в доманикитовой формации из-за загрязнения вулканическими продуктами. В-третьих, Черное море – рифтовый бассейн, в его районе находятся активные в современное время зоны тектонической деятельности. Это означает, что донные осадки претерпевают воздействие температуры, из-за чего допускается возможность фазового превращения органического вещества. Такой же процесс происходил в Баженовском море и Волго-Уральской провинции. В-четвертых, глубинные илы Черного моря состоят из глинистого материала, содержащего органическое вещество. Донные осадки Баженовского моря и доманикитовой формации имеют схожее строение.

Сделанные выше выводы позволяют провести многие черты аналогии между рассматриваемыми объектами. Образование Черного моря может пролить свет на генезис древних доманикитов и баженовских, хоть и имеются отличия. В будущем черноморский бассейн может стать крупным объектом по добыче углеводородов.

### *Литература*

1. Алексеев В. П. Нефтегазовая литология: учебное пособие // Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. 576 с.
2. Зайдельсон М. И., Вайнбаум С. Я., Копрова Н. А. Формирование и нефтегазоносность доломитовых формаций. М.: Наука, 1990. 79 с.
3. Калмыков Г. А., Афанасьев И. С., Гаврилова Е. В. и др. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы // Научно-технический вестник ОАО "НК "РОСНЕФТЬ". 2010. № 4. С. 20–25.
4. M. D. Simmons, G. C. Tar, A. I. Okay *Petroleum geology of the Black Sea: introduction. Geological Society, London, Special Publications, 464, 2018.*

УДК 551.7

## **ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ГЕНЕЗИСА ТРЕТЬЕЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ РЕКИ ЛЕНА (НА ПРИМЕРЕ ХАРЫЯЛАХСКОГО ОБНАЖЕНИЯ), ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ**

**Павлова Мария Романовна**

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, молодой ученый, г. Якутск  
e-mail: Nigaer@yandex.ru*

**Шапошников Григорий Иванович**

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, аспирант 1 года обучения, г. Якутск  
e-mail: gregory\_shaposhnikov@list.ru*

**Научный руководитель:** д.г.н., профессор, Галанин Алексей Александрович

**Аннотация:** представлены результаты литолого-фациальных исследований и данные радиоуглеродного датирования обнажения Харыялахское, вскрытое в пределах третьей (кердёмской) надпойменной террасы р. Лена (Центральная Якутия). Отмечены особенности геологического строения. Установлены этапы накопления эоловых и аллювиальных отложений, а также выделены три максимальных уровня Палеолена в переходный период от конца сартанского стадияла к голоцену.

**Ключевые слова:** третья надпойменная терраса, литология, генезис, возраст отложений, р. Лена, Центральная Якутия.

## **FEATURES OF STRUCTURE AND GENESIS OF DEPOSITS OF THE THIRD FLOODPLAIN TERRACE OF THE LENA RIVER (BY THE EXAMPLE OF KHARYALAH OUTCROP), CENTRAL YAKUTIA**

**Pavlova Maria Romanovna**

*Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science,  
Young Researcher, Yakutsk,  
e-mail: Nigaer@yandex.ru*

**Shaposhnikov Grigoriy Ivanovich**

*Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 1<sup>st</sup> year  
Post-graduate Student, Yakutsk,  
e-mail: gregory\_shaposhnikov@list.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geography, Professor, Galanin Aleksey Aleksandrovich

**Abstract:** Results of lithofacies investigation and data of the radiocarbon dating of Kharyyalah outcrop, uncovered within of the third (Kerdemskaya) floodplain terrace of the Lena river are presented. The features of the geological structure are given. The stages of accumulation of aeolian and alluvial deposits are

established, and three maximum levels of the PaleoLena river are identified in the transitional period from the end of the Sartanskyj Glacial Period to the Holocene.

**Keywords:** third floodplain terrace, lithology, genesis, age of deposits, Lena river, Central Yakutia.

С 2012 года научным коллективом проводится поиск новых и доизучение уже известных разрезов эоловых и криогенно-эоловых отложений Центральной Якутии, которые формировались от 35 тыс. до 10 тыс. лет назад [1,3]. Эти генетические типы четвертичных осадков региона остаются наименее исследованными. Изучение их строения, генезиса, возраста, ареалов распространения важно для реконструкции палеоландшфтов, климатических, гидрогеологических и геокриологических условий, и для дальнейшего понимания истории развития позднеледниковой Якутии и Восточной Сибири в целом.

В 2018 году в ходе полевых работ нами установлено новое опорное обнажение, включающее позднечетвертичных эолово-криогенные отложения, Харыялахское ( $63^{\circ}09'52''$  с.ш.,  $129^{\circ}43'52''$  в.д.), вскрытое в береговом обрыве р. Лены вблизи устья р. Алдан. Оно приурочено к третьей (кердёмской) надпойменной террасе р. Лена, имеет протяженность более 1 км и высотой достигает до 16-18 м. В пределах обнажения заложена серия разрезов. Зачистка проводилась стандартным методом – проби- валась ступенчатая траншея от дневной поверхности до уреза воды; выполнено подробное описание, изучение текстурных особенностей и опробирование на различные виды анализов.

На базе института мерзлотоведения СО РАН для уточнения гранулометрического состава отложений выполнен анализ 41 пробы методами ситового отсева и ареометрия [4], а также проведено определение абсолютного возраста отложений радиоуглеродным анализом для трех образцов (торф, остатки древесины) методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220.

В ходе исследований установлено, что в Харыялахском естественном обнажении (рис. 1а), приуроченного к третьей (кердёмской) надпойменной террасе р. Лена, снизу-вверх вскрываются: 18-16 м – переслаивание песчано-гравийных отложений с единичными валунами до 0.5 м диаметром, сходные по составу с аллювиальными галечниками бестяхской свиты, охарактеризованные в [2].

16-14.3 м – чередование песка темно-серого среднезернистого и песка светло-серого мелкозернистого хорошо отваянного с линзовидными прослоями песка крупнозернистого, гравия и единичных галек со следами ожелезнения. Присутствие многочисленных знаков ряби (рис. 1г), представленные двумя типами – волновая и ориентированная. Пачка отнесена к аллювиальным отложениям.

14.3-12 (10) м – песок светло-серый мелкозернистый кварцевый горизонтально и пологоволнистый с прослоями супеси пылевой. Отложения, предположительно, отнесены в эоловой фации. Вблизи кровли отложений сосредоточены крупные скопления плавника (рис. 1в). На глубине около 12 м получена абсолютная дата 14300-12400 кал. л. н. (MPI-135).

12-11.6 (10) м – поверхность палеорельефа с хорошо выдержанным почвенным горизонтом на протяжении всего обнажения, несогласно срезающий подстилающую пачку эоловых отложений (рис. 1 е). Отложения представлены супесями темно-коричневыми пылевыми уплотненными, местами суглинками легкими слабо гумусированными, слабо оглееными. Поверхность палеорельефа волнистая, местами погружается в виде пологих депрессий на 2-2.5 м, разбита систематическими вертикальными песчано-суглинистыми клиньями (рис. 1д), структурами седиментационных инволюций и криотурбаций (рис. 1ж). К палеопочвенному горизонту приурочены вертикально стоящие пни листовенницы вместе с корневой системой. Из одного пня получена абсолютная датировка 12100-10700 кал. л. н. (MPI-138).

11.6-9 м – песок светло-желтый мелкозернистый с перекрестной, пологоволнистой, местами, круто-наклонной слоистостью. На отдельных участках падение слоев противоположно современному течению р. Лена. Вблизи кровли в пачке прослеживаются прослой и линзы плавника со стволами древесной растительности разной степени сохранности. Отложения отнесены к эоловой фации.

9-8.6 м – поверхность погребенного палеорельефа, волнистая, несогласно срезает подстилающую пачку. Отложения представлены супесью темно-коричневой пылевой с прослоями почвенных горизонтов, торфа кустарничково-мохового и вертикально стоящими пнями деревьев. Горизонт хорошо выдержан по всему обнажению на протяжении 1 км, местами пологоволнистый с погружениями до 1 км. К понижениям кровли приурочены скопления плавника (рис. 1б), из которого получена датировка 12000-10750 кал. л. н. (MPI-137).

8.6(5)-0 м – песок светло-желтый мелкозернистый субгоризонтально- и перекрестно-слоистый кварцевый мощностью от 15 до 30 см с чередованием супеси темно-серой пылевой слабоволнисто-слоистой 1 до 3 мм, с включениями тонких прослоев детрита, веточек кустарников. Кровля пачки об-



разована сингенетическим рельефом копьевидных дюн, экспонируемый в настоящее время и закрепленный сосново-березовым лесом. Отложения отнесены к дюнной (эоловой) фации.

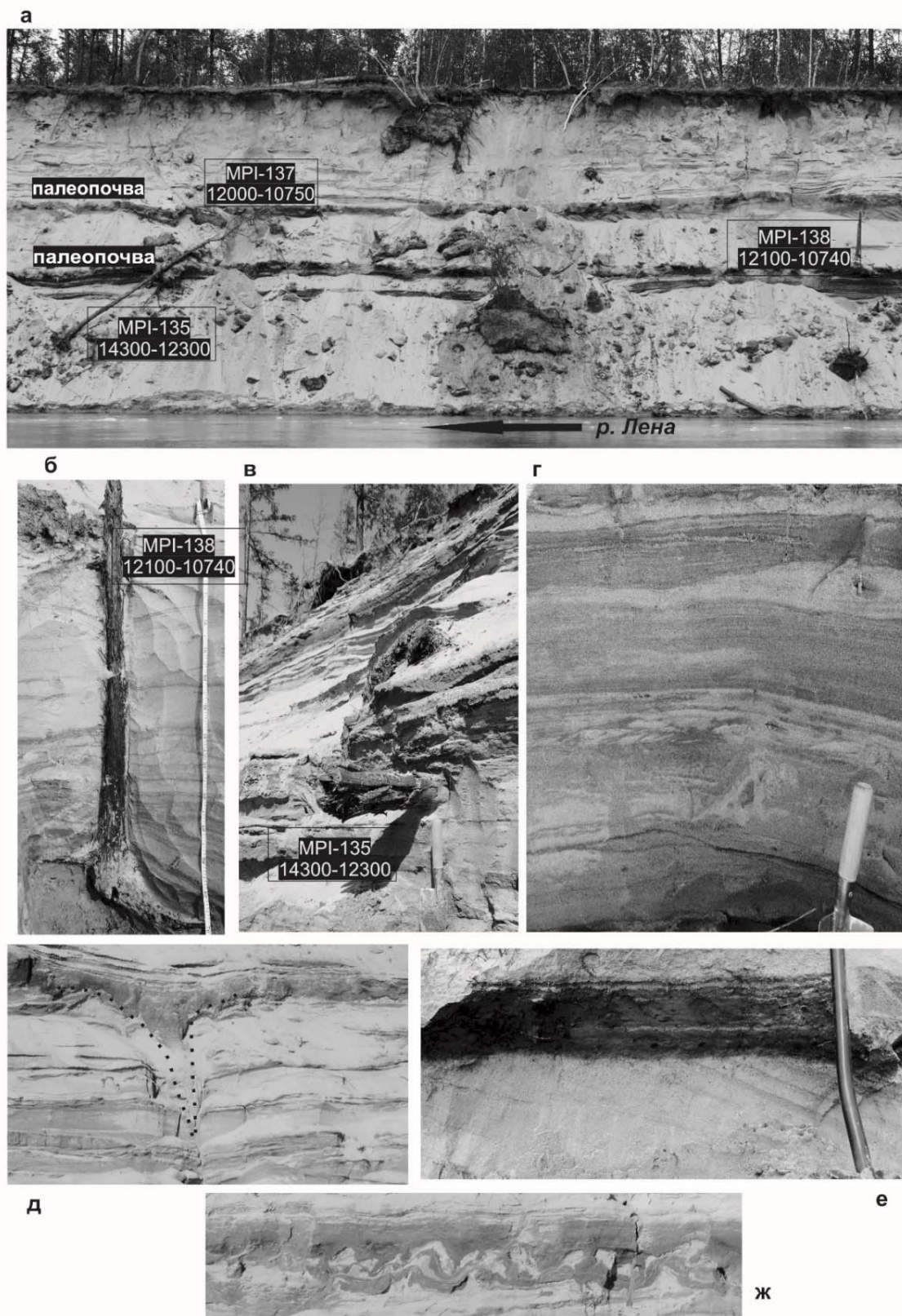


Рис.1 – Харылахское обнажение, береговой обрыв третьей (кёрдёмской) надпойменной террасы р. Лена в среднем течении (Центральная Якутия): а – общий вид обнажения и выполненные датировки; б – кровля палеорельефа с палеопочвой и пневым горизонтом (9-8,6 м), перекрытая верхней пачкой дюнных отложений; в – нижняя пачка дюнных (14,3-12(10) м) отложений, перекрытых слоем плавника; г – аллювиальная пачка отложений, знаки ряби; д-ж – выдержанный по всему разрезу палеопочвенный горизонт с полигональными клиньями (д) и криотурбациями (ж).

Таким образом, Харыялахское естественное обнажение позднечетвертичных отложений, вскрытое в пределах третьей надпойменной террасы р. Лена в среднем течении, иллюстрирует взаимоотношение дюнообразования и накопления аллювия в переходный период от конца сартанского криохрона к голоцену. Пачки эоловых (дюнных) отложений и криогенных деформаций датируются дриасовым похолоданием. Отчетливо наблюдаемые горизонты плавника (на глубинах 8,6, 9 и 12 м) свидетельствуют о максимальных уровнях Палеолена для разных интервалов.

*Исследования проведены при поддержке грантов РФФИ РС(Я) № 18-45-140012\_p\_a, Интеграционной программы СО РАН II.1 блок 3.*

#### **Литература**

1. Галанин А.А., Павлова М.Р., Климова И.В. Позднечетвертичные дюнные образования (Дьолкуминская свита) Центральной Якутии (Часть 1) // Криосфера Земли. 2018. Т. XXII. № 6. С. 3-15.
2. Камалетдинов В.А., Минюк П.С. Строение и характеристика бестяхской террасы Средней Лены // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1991. № 60. С. 68-70.
3. Строение и динамика развития дюнных массивов Вилюйского бассейна в позднечетвертичное время (на примере тукуланов Махатта и Кысыл-Сыр) / М.Р. Павлова, Н.А. Рудая, А.А. Галанин, Г.И. Шапошиков // Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 473-486.
4. Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения (распространение, структуры, тектуры). Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1969. 246 с.

УДК: 551.242.056:551.72/.733(571.1)

## **ФОРМИРОВАНИЕ ВЕНД-ОРДОВИКСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ВОСТОЧНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПЛИТЫ**

**Аламов Александр Дмитриевич**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
магистрант 1 курса(года обучения), г. Томск e-mail: alam027@mail.ru*

**Ковешников Александр Евгеньевич**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
доцент, г. Томск, e-mail: kovesha@mail.ru*

**Стреляев Валерий Иванович**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, доцент, г. Томск e-mail: strelyaev@ggf.tsu.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Ковешников Александр Евгеньевич

**Аннотация:** При формировании в докембрии Палеоазиатского океана, на территории Западно-Сибирской тектонической плиты сформировались зоны субдукции и островные дуги, задуговый и два междугубовых бассейна, в пределах которых формировались карбонатные платформы. В зонах проявления островных дуг формировались зоны кремненакопления. Уточнены литология и условия формирования венд-ордовикских образований ряда территорий.

**Ключевые слова:** венд-ордовикские, тектоническая плита, Сибирский кратон, палеоматерик, Предьенисейский осадочный бассейн, зоны субдукции, островные дуги, карбонатные платформы.

## FORMATION OF WEND -ORDOVICIAN FORMATIONS WITHIN THE EASTERN AND SOUTHERN PARTS OF THE WEST SIBERIAN TECTONIC PLATE

*Alamov Alexandr Dmitrievich*

*National research Tomsk Polytechnic University, 1st year master's student ( year of study), Tomsk e-mail: alam027@mail.ru*

*Koveshnikov Alexander E.*

*National research Tomsk Polytechnic University, Docent, Tomsk, e-mail: kovesha@mail.ru*

*Streljaev Valery Ivanovich*

*National research Tomsk state University, Docent, Tomsk e-mail: strelyaev@ggf.tsu.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Docent, Alexander E. Koveshnikov*

**Abstract:** During the formation of the Paleasian ocean in the Precambrian, subduction zones and island arcs were formed on the territory of the West Siberian tectonic plate, for arc and two between arcs pools, within which carbonate platforms were formed. Island arcs were formed in the zones of manifestation silicon accumulation zones. The lithology and conditions for the formation of the Vend-Ordovician formations of a number of territories have been clarified.

**Keywords:** Vend-Ordovician, tectonic plate, Siberian craton, paleocontinent, Pre-Yenisei sedimentary basin, subduction zones, island arcs, carbonate platforms.

Выявленные на территории Западно-Сибирской тектонической плиты (ЗСТП) венд-каменноугольные отложения подразделены на 23 структурно-фациальных района, для каждого из которых установлены литологический состав, контакты, мощность, возраст и территория распространения (рис. 1.) [3, 8]. По современным взглядам эти образования формировались в пределах Палеоазиатского океана (ПАО) с формированием в докембрии-ордовике зон субдукции и островных дуг, ориентированные в сторону Сибирского кратона [1] (Сибирская островная дуга или СОД) и в сторону Восточно-Европейского палеоматерика [2] (Западная ветвь Уральской островной дуги или УОД, рис. 1.). На основе [8] нами предложено выделение еще двух островных дуг: Центральной или ЦОД, субпараллельной Сибирской; и Восточной ветви, субпараллельной Западной ветви УОД (рис. 1.).

При анализе литологического состава [8] (рис. 1.) выявлены бассейны седиментации, в пределах которых формировались карбонатные платформы. В докембрии сформировались бассейны седиментации: задуговый (восточнее СОД) и междуговый (между СОД и ЦОД); междуговый (между Восточной и Западной ветвями УОД), заложенный в ордовике. Им соответствует расположение карбонатных платформ: Сибирской восточнее СОД; Центральной между СОД и ЦОД; Уральской между Восточной и Западной ветвями УОД (средний девон). Зоны кремненакопления приурочены к обеим ветвям УОД, и развиты в пределах ЦОД (рис. 1.).

В последние годы в восточной части ЗСТП пробурены скважины, вскрывшие новые разрезы венда и кембрия [4, 5, 7, 9], выделен Предъенисейский осадочный бассейн [9], к которому отнесена юго-восточная зона ЗСТП, примыкающая с западной стороны к Сибирскому кратону [4, 5, 7, 8, 9].

Венд-кембрийские отложения задугового бассейна седиментации сосредоточены в юго-восточной части ЗСТП (Вездеходный, Тыйский и Ермаковский СФР) [4, 5, 8, 9]. Кембрийские образования по [9] подразделены на три зоны, которые, в целом, соответствуют выделенным нами ранее [4, 5] типам разрезов: Вездеходному, Востоковскому и Лемокскому.

**Вездеходный тип разреза** (скважины Вездеходная-3 и Вездеходная-4 (Вездеходный СФР). По скважине 4 вскрыты магматические породы сиенит-диорит-гранитового ряда, перекрытые [3] образованиями верхневендской лисицинской толщи [3] (эффузивы основного, среднего, кислого состава, туфы основного состава), и залегающими выше отложениями верхневенд-раннекембрийской вездеходной толщи, сложенной доломитами, доломитизированными аргиллитами с линзами туфопесчаников и телами андезитов, описанными также по скважине 3 [7].

**Востоковский тип разреза** (скважины Восток-3 и Восток-1). По скважине 3 вскрыты пойгинская, котоджинская и райгинская свиты венда [7], чурбигинская, пайдугинская, малоомутинская свиты ранне-среднекембрийского возраста [9]. По скважине 1 вскрыты аналогичные образования чурбигинской и пайдугинской свит, перекрытые: пуджелгинской, поделгинской, кондесской, шеделгинской и пыжинской свитами средне-позднекембрийского возраста [9].

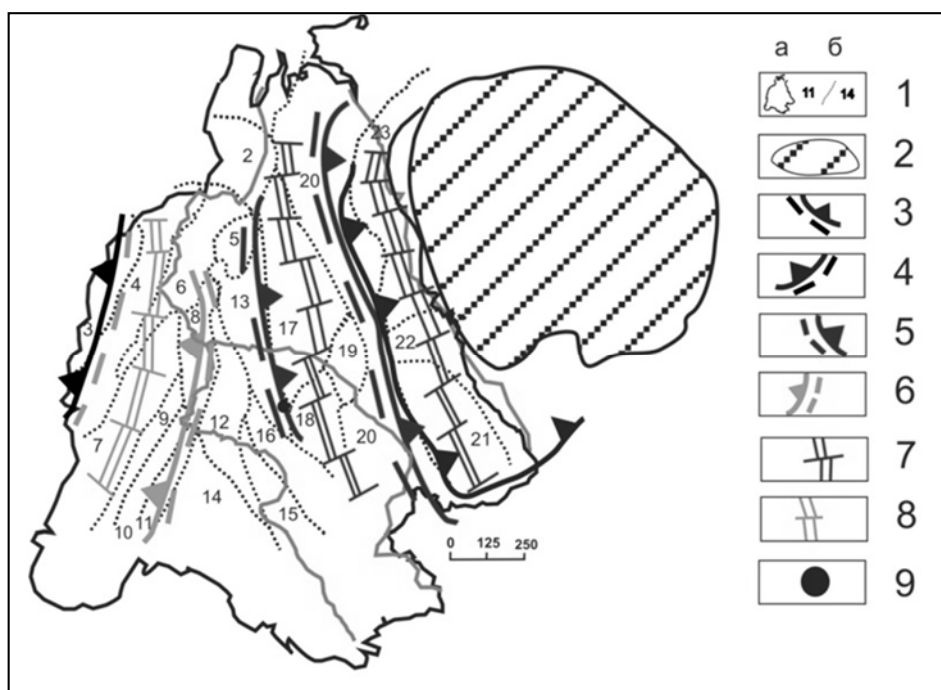


Рис. 2. Расположенные в пределах ЗСТП островных дуг: Сибирская (СОД), Центральная (ЦОД), Восточной и Западной ветвей Уральской (УОД). Условные обозначения: 1а – территория ЗСПТ; 1б – границы структурно-фациальных районов и их наименования [3, 8]: 1 – Бованенковский; 2 – Новопортовский; 3 – Тагильский; 4 – Березово-Сартыньинский; 5 – Ярудейский; 6 – Шеркалинский; 7 – Шаимский; 8 – Красноленинский; 9 – Тюменский; 10 – Косолаповский; 11 – Уватский; 12 – Салымский; 13 – Усть-Балыкский; 14 – Ишимский; 15 – Тевризский; 16 – Туйско-Барабинский; 17 – Варьеганский; 18 – Нюрольский; 19 – Никольский; 20 – Колпашевский; 21 – Вездеходный; 22 – Тыйский; 23 – Ермаковский; 2 – Сибирский кратон; 3-6: островные дуги с ориентацией (треугольник) и аккреционными клиньями (прерывистые линии): 3-4 – предложенные предыдущими исследователями; 5-6 – предложенные авторами статьи; 5 – наклоненные в сторону Сибирского кратона; 6 – наклоненные в сторону Восточно-Европейского материка; 7-8: зоны спрединга, соответствующие междуговым и задуговым бассейнам: 7 – для СОД и ЦОД; 8 – для УОД; 9 – гранитоиды докембрийского возраста.

**Лемокский тип разреза** [9] описан с низов нижнего до аксайского яруса верхнего кембрия (скважины: Лемок-1 (Л-1), Восток-4 (В-4), Аверинская-150 (Ав-150), Тыйская-1 (Т-1), верхняя часть разреза скважины Елогуйская-1 (Ел-1). Здесь последовательно формировались: окымская (В-4), сменяемая в восточном направлении усольской (Л-1, Ав-150); тыйская (В-4, Л-1), сменяемой в восточном направлении бельской (Ав-150, Т-1); аверинская (В-4, Л-1, Ав-150, Т-1); кольчумская (В-4, Л-1, Ав-150) свиты; елогуйская толща (Ел-1, В-4, Л-1); эвенкийская свита (Лем-1, Ел-1, В-4, Л-1). В расположенном севернее Ермаковском СФР кембрийские образования представлены доломитизированными известняками, доломитами, известковистыми аргиллитами.

Таким образом соответствующий задуговому бассейну разрез Предъенисейского осадочного бассейна завершается верхнекембрийскими образованиями [9], перекрытыми (Вездеходный СФР) [8] средне-верхнекембрийскими красноцветными терригенными породами жигаловской свиты.

Задуговой бассейн (Предъенисейский осадочный бассейн) и междуговой бассейн (Нюрольский СФР) разделены СОД, представляющей собой цепь островов подобных современной Курильской гряде. Эти акватории гидродинамически сообщались, так как с востока и с запада от СОД в позднем венде и раннем кембрии сформировались (рис. 1.) доломитовые породы котоджинской свиты [7], и ее аналогов [4]. В конце кембрия с востока от СОД сформировался замкнутый солеродный бассейн, а с запада в междуговом бассейне отмечается его углубление, формируются глинисто-карбонатные образования, названные нами «чкаловской толщей» [4, 5].

Строение разреза по скважинам Чкаловской площади начиная с чкаловской толщи следующее: чкаловская толща подразделена на три части: нижнюю; среднюю, и верхнюю. **Нижняя** (переслаивание известняков черных битуминозных и известняков серых, темно-серых); **средняя** (серые аргиллиты, чередующиеся с черными аспидными аргиллитами (сланцами); **верхняя** (известняки, чередующимися со сланцами и кварцитами, с телами измененных спессартитов и лампрофиров. Встречены прослои доломитов, возможные аналоги пород верхневенд-нижнекембрийской вездеходной толщи (Вездеходный тип разреза).

В скважине Чкаловская-9 (рис. 1.) (Нюрольский СФР) описаны терригенные образования, являются, по нашему мнению, низами павловской толщи, описанной в [8] как зеленоцветные расслан-

цованные известняки, алевролиты известковистые, аргиллиты, песчаники средне-позднеордовикского возраста. Ранее нами описаны как «терригенная» толща [6] аналогичные по составу породы: (Северо-Останинская-9, интервал 3150-3035 м, мощность 115 м), представленные алевролитами глинистыми темно-серыми с буроватым оттенком, которые, возможно, генетически связаны с низами нижнеордовикской полуденной толщи, представленными красноцветными конгломератами и песчаниками с линзами черных илистых известняков (Варьеганский СФР).

Таким образом, с конца кембрия (Вездеходный СФР, описаны выше), и с начала ордовика (Варьеганский СФР) в непосредственной близости от Нюрольского СФР формируются красноцветные терригенные породы, возможно, переотложенные образования континентальных кор выветривания. На территории Нюрольского СФР (скважина Северо-Останинская-9, предполагаемые низы павловской толщи) установлены алевролиты с буроватым оттенком, что позволяет предполагать их аналогами образований жигаловской (Вездеходный СФР) и низам полуденной (Варьеганский СФР) толщ, а их формирования в интервале между отложениями нижнего кембрия [3] и среднего-позднего ордовика [8]. По простиранию терригенных красноцветных пород, они сменяются [8] (Новопортовский СФР) нижнеордовикские темно-серые филлитовидные глинистые сланцы с линзами известняков (яротинская толща), (Тевризский СФР) верхнекембрийско-низов среднего ордовика образования калачинской толщи.

Красноцветные терригенные образования кембрия-ордовика вверх по разрезу сменяются: (Вездеходный СФР) раннеордовикскими водорослевыми сгустковыми слабо глинистыми известняками с линзами алевролитов няргинской свиты; (Варьеганский СФР) глинистыми илистыми известняками верхней части средне-верхнеордовикской полуденной толщи; (Новопортовский СФР) среднеордовикско-силурийскими доломитами и доломитизированными известняками; (Нюрольский СФР), верхней частью павловской толщи, описанной в [8] как известняки рассланцованные, алевролиты известковистые, песчаники среднего и позднего ордовика.

В ордовике формируется и обе ветви УОД (рис. 1.), расположенные: Восточная в пределах Уватского, Красноленинского, Шеркалинского, а Западная - Тагильского и Березово-Сартыньинского СФР, и сложенными магматическими образованиями и, накапливающимися параллельно, яшмами и кремнистыми сланцами. Ветви УОД разделены Шаимским СФР, осадкообразование на территории которого пока установлено со среднего девона, а к востоку от Восточной ветви УОД (Ишимский СФР) развиты средне-позднеордовикские известковистые песчаники, кремнисто-глинистые сланцы.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В докембрии на территории ЗСТП закладываются две островные дуги (Сибирская – СОД и Центральная - ЦОД) в сторону Сибирского кратона.

2. накопление вендских и кембрийских отложений на территории ЗСТП происходит в пределах задугового (с востока от СОД) и междугового (к западу от СОД) седиментационных бассейнов. пределах которых формируются карбонатные платформы. В пределах самих дуг (обе ветви УОД, территория ЦОД) формируются зоны кремненакопления.

3. В конце кембрия и раннем ордовике в юго-восточной части ЗСТП формироваться красноцветные терригенные отложения (коры выветривания), а на углубленных участках формируются терригенные, глинисто-карбонатные и глинистые образования.

3. В ордовике закладываются две ветви УОД, сопровождаемые излияниями магм основного и среднего состава, параллельным формированием на смежных территориях кремнистых и глинисто-кремнистых пород, а между ними в среднем девоне начинает формироваться карбонатная платформа.

### Литература

1. Гордиенко И.В., Метелкин Д.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и венд-раннепалеозойской активных окраинах палеоазиатского океана // Геология и геофизика. - 2016, Т. 57, №1. - С. 91-108.
2. Дубатов В.Н., Краснов В.И. Фаменский этап в эволюции географических обстановок Сибирских морей // Геология и геофизика. - 2000. – Т. 41. - № 2. – С. 239-254
3. Исаев Г.Д., Макаренко С.Н., Раабен М.Е., Биджаков В.И., Коптяев И.И. Геологическое строение доюрского основания Западно-Сибирской плиты в пределах Кеть-Тымского междуречья /. Новосибирск, 2003. – 34 с.
4. Ковешников А.Е., Конторович А.А., Макаренко С.Н., Татьяна Г.М., Терлеев А.А., Токарев Д.А. Литология и особенности формирования вендских отложений в юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 23–30.

5. Ковешников А.Е., Конторович А.А., Макаренко С.Н., Татьянин Г.М., Терлеев А.А., Токарев Д.А. Литология и особенности формирования кембрийских отложений в Юго-Восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325. № 1. С. 16-24.

6. Ковешников А.Е. Литология палеозойских отложений Северо-Останинской площади Нюрольского бассейна // Геологические формации Сибири и их рудоносность. – 1983. – выпуск 2. – С. – 134-140.

7. Конторович А.Э., Варламов А.И., Гражданкин Д.В., Карлова Г.А., Клец А.Г., Конторович В.А., Сараев С.В., Терлеев А.А. Беляев С.Ю., Варакина И.В., Ефимов А.С., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Постников А.А., Филиппов Ю.Ф. Разрез переходных венд-кембрийских отложений восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) // Геология и геофизика. 2008. № 12. С. 1238-1247.

8. Решения межведомственного совещания по рассмотрению и принятию региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской равнины / под ред. В.И. Краснова. – Новосибирск: Сиб. научно-исслед. инст-т геологии, геофизики и минерал. сырья, 1999. – 80 с.

9. Филиппов Ю.Ф., Сараев С.В., Коровников И.В. Стратиграфия и корреляция кембрийских отложений Предъенисейского осадочного бассейна. – Геология и геофизика, - 2014, - т. 55, - № 5-6, с. – 891-905.

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

***РАЗДЕЛ 4:***

***Геофизика. Геофизические методы поисков  
и разведки месторождений полезных ископаемых***

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

***Section 4:***

***Geophysics. Geophysical methods of search and  
exploration of mineral deposits***



УДК 550.3

## ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ОБРАЗЦАХ ГОРНЫХ ПОРОД РАЗЛИЧНОЙ ЛИТОЛОГИИ

*Козыревский Александр Сергеевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 3 курса, г. Пермь  
e-mail: [stebelina@gmail.com](mailto:stebelina@gmail.com).*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Плешков Лев Дмитриевич*

**Аннотация.** Работа нацелена на то, чтобы выяснить, как динамические параметры распространения упругих деформаций зависят от литологических различий образцов горных пород. Полные волновые сигналы пробега Р- и S-волн, полученные на коллекции из образцов песчаника, алевролита и известняка были измерены и преобразованы в амплитудно-частотные спектры. Анализ спектров показал, что для трех указанных групп образцов наблюдаются некоторые сходства и различия динамических характеристик.

**Ключевые слова:** исследования керна, спектральный анализ, распространение упругих колебаний, доминантная частота.

## SPECTRAL ANALYSIS OF ELASTIC WAVES PROPAGATION IN ROCK SAMPLES VARIOUS LITHOLOGY

*Kozyrevsky Alexander Sergeevich,*

*Perm State National Research University, Perm,  
3<sup>st</sup> year Student,  
e-mail: [stebelina@gmail.com](mailto:stebelina@gmail.com).*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Lev Pleshkov*

**Abstract.** This work is aimed at finding out how the dynamic features of elastic waves propagation depend on the lithological differences of rock samples. The full waveform signals of P- and S-waves, obtained from a collection of sandstone, siltstone, and limestone samples, were converted to amplitude-frequency spectra. An analysis of the spectra showed that for the three indicated groups of samples, some similarities and differences in dynamic characteristics are observed.

**Keywords:** core sample analysis, spectral analysis, elastic waves propagation, dominant frequency.

Упругие свойства горных пород необходимо изучать для решения сейсмологических и регионально-геологических задач, а также для обеспечения основы интерпретации геофизических данных, для проектирования режима бурения и разработки месторождений углеводородов, проектирования методов повышения нефтеотдачи и т.д. Изучение упругих свойств горных пород можно производить, используя:

- Методы геофизических исследований скважин;
- Сейсмометрические методы;
- Лабораторные методы.

При изучении упругих колебаний следует уделять должное внимание не только кинематическим особенностям распространения в горных породах, но также и динамическим, так как эти особенности помогают дифференцировать породы по их составу, литологии, флюидонасыщенности, пористости, плотности и другим свойствам. Также динамические характеристики лежат в основе анализа атрибутов при интерпретации данных 3D сейсморазведки.

В данном исследовании предпринята попытка выяснить, как динамические особенности распространения упругих деформаций зависят от литологических различий образцов горных пород. Ис-

следуемый керновый материал представлен коллекцией из 37 образцов цилиндрической формы размером 30×30 мм. В геологическом отношении коллекция образцов представлена:

- 6 образцами известняков башкирского горизонта;
- 7 образцами песчаников и 3 образцами алевролитов тульского горизонта;
- 5 образцами алевролитов и 5 образцами песчаники бобриковского горизонта;
- 11 образцами известняков турнейского горизонта.

Определение скорости распространения упругих продольных и поперечных волн было выполнено способом ультразвукового прозвучивания в лаборатории петрофизики кафедры геофизики геологического факультета ПГНИУ. Измерения проводились при помощи установки «Узор-2000» компании ЭкоГеосПром, г. Тверь.

Для измерения интервального времени пробега упругих колебаний образец с параллельными гранями помещают в кернодержатель установки с двумя пьезоэлементами, подключенными к осциллографу (двухканальный цифровой запоминающий осциллограф АСК-3106). В программе АКТАКОМ OscilloscopePro, установленной на компьютере, который подключен к осциллографу, по первым вступлениям измеряют времена пробега продольной и поперечной волн. Из полученных значений времен необходимо вычесть поправку за задержку сигнала в цепи аппаратуры. Она рассчитывается перед проведением измерений с использованием эталонного образца с известными значениями времени пробега продольной и поперечной волн. Далее рассчитываются интервальные времена по измеренным временам пробега и известной длине образцов [1].

Однако, для изучения динамических характеристик упругих колебаний значений одних лишь интервальных времен недостаточно. Поэтому в ходе работы были измерены не только интервальные времена пробега волн, но и полные волновые сигналы каждого образца для Р и S волн.

Полученные сигналы образцов обрабатывались при помощи программы на языке Python с использованием алгоритмов библиотеки SciPy. Сигналы были разложены на спектры посредством оконного быстрого преобразования Фурье (было использовано окно с плоской вершиной). Это косинусное окно 5-го порядка с 5 членами, оптимизированными таким образом, чтобы основной лепесток его амплитудно-частотного спектра был максимально плоским [2]. Окна с плоской вершиной используются, для точных измерений амплитуды сигнала в частотной области.

Измеренные спектры были усреднены по каждой литологической группе, чтобы выявить особенности, характерные для каждой из них. На рисунках 1 и 2 представлены усредненные спектры.

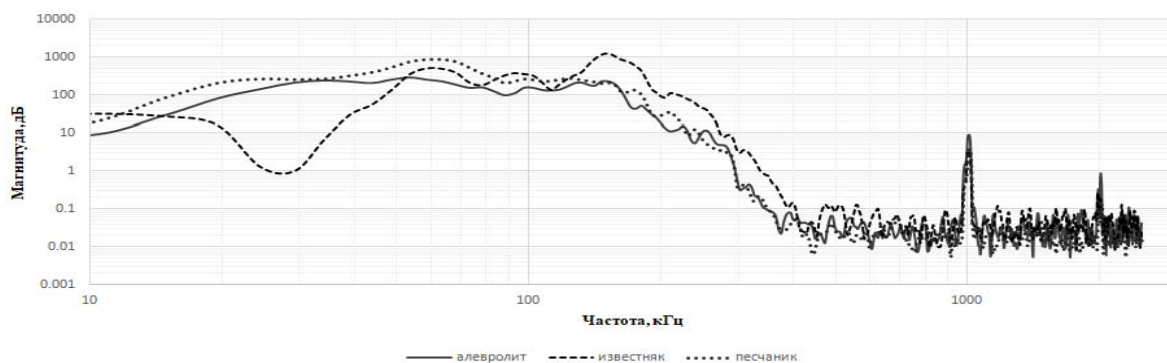


Рис. 1. Усредненная амплитудно-частотная характеристика Р-волны, полученная для каждой группы образцов, дифференцированных по литологии

По представленным графикам можно увидеть то, как различаются спектры Р и S волн алевролитов, известняков и песчаников. На графике усредненной амплитудно-частотной характеристики для продольной волны видно, что спектры алевролитов и песчаников возрастают по амплитуде примерно от 10 до 1000 дБ и остаются на этом уровне, до значения частоты в 100 кГц. После идет снижение магнитуды до значения в 0.01 дБ, граничные частоты спектров находятся где-то в пределах значения частоты в 400–450 кГц, а в диапазоне от 450 кГц находятся шумы. Спектр известняков имеет аналогичный вид, но с одним отличием — резкое снижение магнитуды до 1 дБ, при значении частот 27 кГц. Доминантные частоты усредненных спектров для Р-волны каждой из групп образцов плохо выражены.

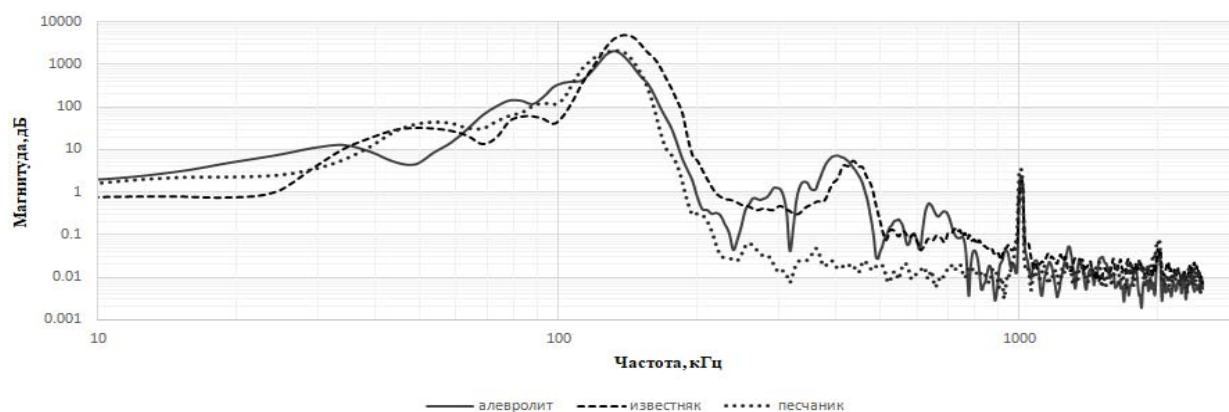


Рис. 2. Усредненная амплитудно-частотная характеристика S-волны, полученная для каждой группы образцов, дифференцированных по литологии

Если взглянуть на график усредненной амплитудно-частотной характеристики для S-волны, то можно увидеть, что спектры возрастают по магнитуде от 1 до 5000 дБ, до значения частот в 150 кГц. Далее идет резкий спад магнитуды до значений 0.01–0.1 дБ. Граничная частота у алевролитов и известняков составляет 500 кГц, а у песчаников — 200 кГц. Выше этих значений видны шумы. Доминантные частоты четко выражены и имеют значения, у алевролитов и песчаников — 135 кГц, а у известняков — 140 кГц.

Также по отдельности в спектре каждого образца была определена доминантная частота (рис. 3).

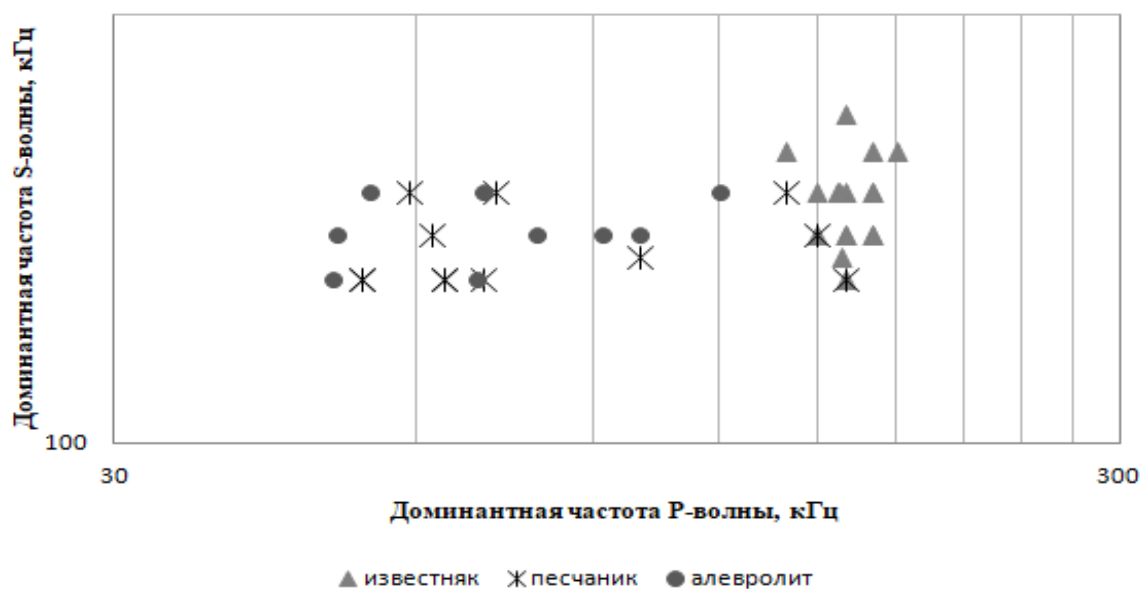


Рис. 3. Доминантная частота, определенная в спектре каждого образца

По данной зависимости можно более детально судить о том, как зависит доминантная частота от литологии образцов. Доминантная частота у песчаников и алевролитов имеет схожие числовые значения, однако они меньше, чем у известняков. Также алевролиты и песчаники имеют большую дисперсию значений P-волны, вероятнее всего такая неоднозначность частот связана с различным минеральным составом, порами и включениями у каждого образца. У известняков доминантные частоты имеют наибольшие числовые значения, чем у алевролитов и песчаников, однако их дисперсия значений по S-волне больше. Скорее всего, это связано со слабым различием в составе пород и небольшой пористостью, которая оказывает малое влияние на сигнал.

Полученные результаты позволяют сделать основные выводы о том, как литологические особенности горных пород влияют на динамические особенности распространения упругих колебаний при лабораторных измерениях на образцах керна. Результаты дальнейших исследований в этой области могут быть полезными при петрофизических исследованиях акустическими методами исследования скважин, а также при динамической интерпретации данных 3D сейсморазведки.

### *Литература*

1. А.И. Губина, Л.Д. Плешков, В.И. Луппов *Петрофизика: петрофизическое обеспечение геофизических методов: учеб. пособие // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь: Книжный формат, 2016. С. 80–81*
2. D'Antona, Gabriele, A. Ferrero, "Digital Signal Processing for Measurement Systems", Springer Media, 2006, P. 70

УДК 550.8.053

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ**

**Заключников Игорь Сергеевич**

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» ПермНИПИнефть в г. Пермь,  
геофизик 2 категории, г. Пермь  
АО «НПФ «Геофизика, аспирант 3 года обучения, г. Уфа  
e-mail: [i.zaklyuchnov@gmail.com](mailto:i.zaklyuchnov@gmail.com)

**Путилов Иван Сергеевич**

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» ПермНИПИнефть в г. Пермь,  
д-р технических наук, заместитель директора филиала  
по научной работе в области геологии, г. Пермь

**Аннотация:** Статья посвящена применению современных алгоритмов машинного обучения для задач прогноза коллекторов углеводородов (УВ). Разработана программа, интегрированная в пакет геологического моделирования, в которой реализованы алгоритмы машинного обучения: случайный лес, лассо регрессия, эластичные сети, XGboost. По результатам данной работы впервые в филиале были осуществлены прогнозы коллекторов УВ с помощью современных алгоритмов машинного обучения.

**Ключевые слова:** сейсморазведка, машинное обучение, атрибутный анализ, инверсия.

## **MACHINE LEARNING USE: A PREDICTION OF RESERVOIR**

**Zaklyuchnov Igor Sergeevich**

LUKOIL-Engineering Limited. PermNIPIneft Branch Office in Perm,  
e-mail: [i.zaklyuchnov@gmail.com](mailto:i.zaklyuchnov@gmail.com)  
JSC Scientific-Production Company «Geofizika», 3<sup>d</sup> year Post-graduate Student, Ufa

**Putilov Ivan Sergeevich**

LUKOIL-Engineering Limited. PermNIPIneft Branch Office in Perm,  
Doctor of Engineering Sciences, Deputy Director for Science in Geology, Perm

**Abstract:** This study is devoted to development of practical approaches of using machine learning algorithms for reservoir prediction. The program has been developed and integrated in a geological software package. In the program realized the machine learning algorithms such as Lasso, Elastic-net regression, Random Forest and XGboost. As result of this study, for the first time in organization, reservoir predictions were done using modern machine learning algorithms.

**Keywords:** seismic, machine learning, attribute analysis, inversion.

Машинное обучение, являясь одним из основных инструментов анализа данных в сфере информационных технологий, с недавних пор начало проникать в геологоразведочную отрасль. Широкий набор инструментов, подкрепленных строгой математической теорией позволяет на принципиально новом уровне решать традиционные задачи с большим количеством разнородной информации. Более того, возникающие прикладные задачи порой не могут быть объяснены традиционными методами, в силу нелинейности и сложности связей между данными, которые требуется обнаружить. В связи с этим активно развиваются нейросетевые алгоритмы, ансамбли и другие подходы к анализу данных. Новейшие алгоритмы, показывая хорошие результаты, постепенно начинают интегрироваться в геологоразведку. Применение нейронных сетей, метода главных компонент и других алгоритмов началось в последние десятилетия 20 века, но начиная с 2010 года, начался новый виток развития нейронных сетей, машинного обучения в связи с резко возросшими мощностями центральных, графических процессоров и оперативной памяти, значительно ускоряющих вычисления.

Одной из задач, где возможно применение машинного обучения, является прогноз коллекторов углеводородов по сейсмическим и скважинным данным. Задача является особенно актуальной на этапе доразведки высокоразбуренных площадей Пермского края, поскольку в основном остались лишь малоамплитудные структуры, которые на текущем уровне развития полевых сейсмических съемок и обработки можно надежно закартировать.

Среди основных подходов к прогнозу коллекторов можно выделить два: на основе результатов инверсии и на основе атрибутов сейсмической записи. Использование данных подходов обусловлено прямой связью свойств отложений (литологии, пористости, трещиноватости, слоистости) в разрезе со значениями атрибутов сейсмической записи или упругими параметрами (например, акустическим импедансом, отношением  $V_p/V_s$ ). Первый подход заключается в пересчет куба упругого параметра (акустического импеданса, отношения  $V_p/V_s$ ) в куб коллектор-неколлектор по граничным значениям, соответствующих коллектору, которые определяются по скважинным данным (кривые АК (DTP, DTS), ГГК-п) для коллекторов и неколлекторов каждого отдельно взятых пластов или отложений. Затем путем суммирования ячеек по вертикали рассчитывается карта временных толщин, которая переводится в карту эффективных толщин коллекторов/литотипов [2].

Второй подход основан на поиске функциональных связей между значениями сейсмических атрибутов и параметров пласта в точках пластопересечений ствола скважины. В 2019 году был предложен вариант расчёта атрибутов как по стратиграфической сетке, так и в наборе окон для поиска, наиболее связанного из них с эффективными толщинами коллектора [1]. В рамках работы тестировались алгоритмы лассо регрессии и эластичных сетей, отличающихся от классической регрессии по методу наименьших квадратов введением параметров регуляризации для предотвращения построения слишком сложной модели. Другим отличием являлось то, что использованные алгоритмы также позволяли осуществлять отбор наиболее информативных признаков.

Несмотря на данные преимущества, в случае сложных данных необходимы более совершенные алгоритмы, позволяющие решать прикладные задачи более точно. Для этих целей используются композиции алгоритмов. Такой подход позволяет повысить качество решения задачи в виду того, что отдельные модели с низким качеством (чуть лучше случайного предсказания) будут исправлять ошибки друг друга. Важным замечанием является то, что отдельные модели в таком подходе должны быть различны. Повысить различность возможно за счет обучения на разных случайных подвыборках, смены веса обучающих объектов или использования других стратегий. Первая стратегия из описанных выше, носит название бэггинга (от bootstrap aggregation). Под Bootstrap понимается способ формирования выборки, при котором случайно выбирается такое количество объектов, сколько их было изначально, и при этом объекты выбираются с повторениями. По таким выборкам предлагается обучать базовые алгоритмы. Каждый из этих алгоритмов обучается независимо друг от друга. Данный подход был воплощен в алгоритме машинного обучения, называемым случайным лесом. В случайном лесе в качестве базовых алгоритмов выступают решающие деревья. При этом выбор признака для каждого внутреннего узла осуществляется из случайного подмножества, состоящего из  $k$ -признаков. В задаче регрессии рекомендуемое количество признаков равно  $n/3$ , однако зачастую данный параметр подбирают эмпирическим путём. Несмотря на присутствие высокой доли случайности в алгоритме случайного леса, большое количество неточных базовых алгоритмов на выходе дают более точный результат, который часто является лучше, чем у классических алгоритмов в виде регрессии (в т.ч. с регуляризацией).

Другим композиционным методом, который часто показывает результаты лучше случайного леса, является градиентный бустинг. Бустинг – композиционный алгоритм, применяемый в обучении

с учителем с целью уменьшения смещения и дисперсии, за счет формирования алгоритма с высокой предсказывающей способностью, построенного на  $n$ -ом количестве слабых [5].

Отличительной чертой бустинга от бэггинга является то, что он использует не простое голосование, а взвешенное, т.е. каждый базовый алгоритм получает свой коэффициент. Более того, в бустинге базовые алгоритмы строятся один за другим, при этом каждый последующий уделяет пристальное внимание ошибкам, допущенным предыдущим.

В рамках данной работы рассмотрим тестирование алгоритмов: случайный лес (Random Forest) и экстремального градиентного бустинга (XGboost) для задач прогноза коллекторов пласта Бб<sub>1</sub> (бобриковский горизонт) нижнекаменноугольных отложений визейского яруса на месторождении, расположенном согласно схемам тектонического районирования по поверхности кристаллического фундамента в южной части Бардымской впадины Калтасинского авлакогена, а по отложениям палеозойского комплекса – в пределах Чернушинской валообразной зоны северного склона Башкирского свода. Толщина пласта Бб<sub>1</sub> варьирует от 1.2 м до 22.4 м; эффективная толщина пласта – от 0 м до 18.7 м (среднее 4.3 м).

На первом этапе были подготовлены обучающие и тестовые выборки по набору атрибутов с шагом расчёта равным 6 (осреднение в каждых 6 слоях из 30). Рассчитанные атрибуты – мгновенные (амплитуда, частота), спектральная декомпозиция (от 10 до 70 Гц), атрибуты формы сигнала, относительный акустический импеданс, результаты инверсии и другие (всего 27).

Затем по отдельности были протестированы основные гиперпараметры алгоритма случайного леса для получения прогноза с максимальной точностью на обучающей и тестовой выборках:

1. количество деревьев (от 5 до 300);
2. максимальное количество признаков (от 1 до 45);
3. глубина дерева (от 1 до 20);

Количество деревьев является параметром, который позволяет улучшить результат работы базовых алгоритмов и конечном счете дать более устойчивый и точный прогноз. Параметры: максимальное количество признаков и глубина дерева являются показателем сложности модели. Данные параметры подбирались опытным путем посредством построения кривых обучения.

В качестве метрики для поиска оптимального алгоритма использовался коэффициент корреляции, а внутри самого случайного леса при построении оптимального дерева оптимизировалась среднеквадратическая ошибка прогноза на тестовой выборке.

В результате тестирования были выбраны следующие параметры: количество деревьев – 75, количество признаков в решении 20, глубина дерева – 7. Коэффициент корреляции на обучающей выборке составил 0.84, а на тестовой – 0.69. Наиболее информативными признаками оказались: косинус мгновенной фазы, спектральная декомпозиция на 40 Гц, мгновенная фаза, мгновенная амплитуда, спектральная декомпозиция на 60 Гц, отношение  $V_p/V_s$ . Мгновенная амплитуда, как и спектральная декомпозиция используются для картирования пород разной литологии, а мгновенная фаза подчеркивает латеральную выдержанность отражений по площади.

Рассмотрим настройку алгоритма XGboost. В качестве базовых алгоритмов были взяты деревья решений. Для настройки модели XGboost было осуществлено тестирование следующих гиперпараметров:

num\_boost\_round (количество циклов бустинга (количество деревьев) (0-600));  
max\_depth (максимальная глубина (от 3 до 12));  
min\_child\_weight (минимальный вес/количество образцов, если образцы имеют вес 1, необходимый/ых для создания нового узла в дереве (от 3 до 8));  
ETA (скорость обучения) от 0.005 до 0.3 (0.3 – более грубая модель);  
subsample (доля наблюдений в случайных подвыборках для каждого дерева, используемых на каждой итерации бустинга) от 0.7 до 1;  
colsample\_bytree (доля переменных, используемых на каждой итерации бустинга) от 0.7 до 1.

Смысл количества деревьев, максимальной глубины у алгоритма XGboost такой же, как и у случайного леса. Скорость обучения (ETA) отвечает за эффективность сходимости алгоритма и его возможности попадания в глобальный минимум [3, 4].

В результате тестирования были выбраны следующие параметры: количество циклов бустинга – 60, глубина дерева – 3, минимальное количество образцов – 4, скорость обучения – 0.01, subsample и colsample\_bytree – 0.8. Данные параметры позволили обеспечить среднюю абсолютную ошибку на тестовой выборке в 3 м и коэффициент корреляции равный 0.64. Наиболее информативными признаками оказались: косинус мгновенной фазы, декомпозиция на 20 Гц, спектральная декомпозиция на 50 Гц, мгновенная амплитуда, спектральная декомпозиция на 60 Гц и ширина спектра. Большая часть



атрибутов соответствовала середине и верхней части временного окна, соответствующего бобриковским отложениям, что в целом подтверждалось результатами одномерного моделирования, проведенного в Отделе инверсионных исследований филиала «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» ПермНИПИнефть в г. Перми.

В работе, выполненной ранее, коэффициент корреляции на тренировочных данных по лассо-регрессии составил 0.73, на тестовых – 0.5, что меньше чем по композиционным алгоритмам. При использовании методики многовариантного прогноза коллекторов, принятой в ПермНИПИнефть за основную, общий коэффициент корреляции составил также 0.73, как и по лассо-регрессии. Таким образом можно сделать вывод об лучшей эффективности и перспективности композиционных алгоритмов при решении задачи прогноза коллекторов.

На рисунке 1 представлены карты прогнозных эффективных толщин пласта Бб<sub>1</sub>. Максимальные прогнозные эффективные толщины коллектора соответствуют зонам поднятий, а по данным лито-фациального районирования по скважинным данным соответствуют фации массивных и однородных русловых песчаников, характеризующихся улучшенными фильтрационно-ёмкостными свойствами (ФЕС). Зоны пониженных значений тяготеют к алевро-глинистым и алевро-песчанистым отложениям пойм, характеризующихся напротив худшими ФЕС или полным отсутствием коллекторов в разрезе.

Таким образом, на основе данных сейсморазведки 3D впервые в Филиале выполнен прогноз эффективных толщин коллекторов с использованием современных алгоритмов машинного обучения: случайный лес и экстремальный градиентный бустинг по усовершенствованной технологии, подразумевающей формирование наборов атрибутов в разных временных окнах и поиске наилучших из них.

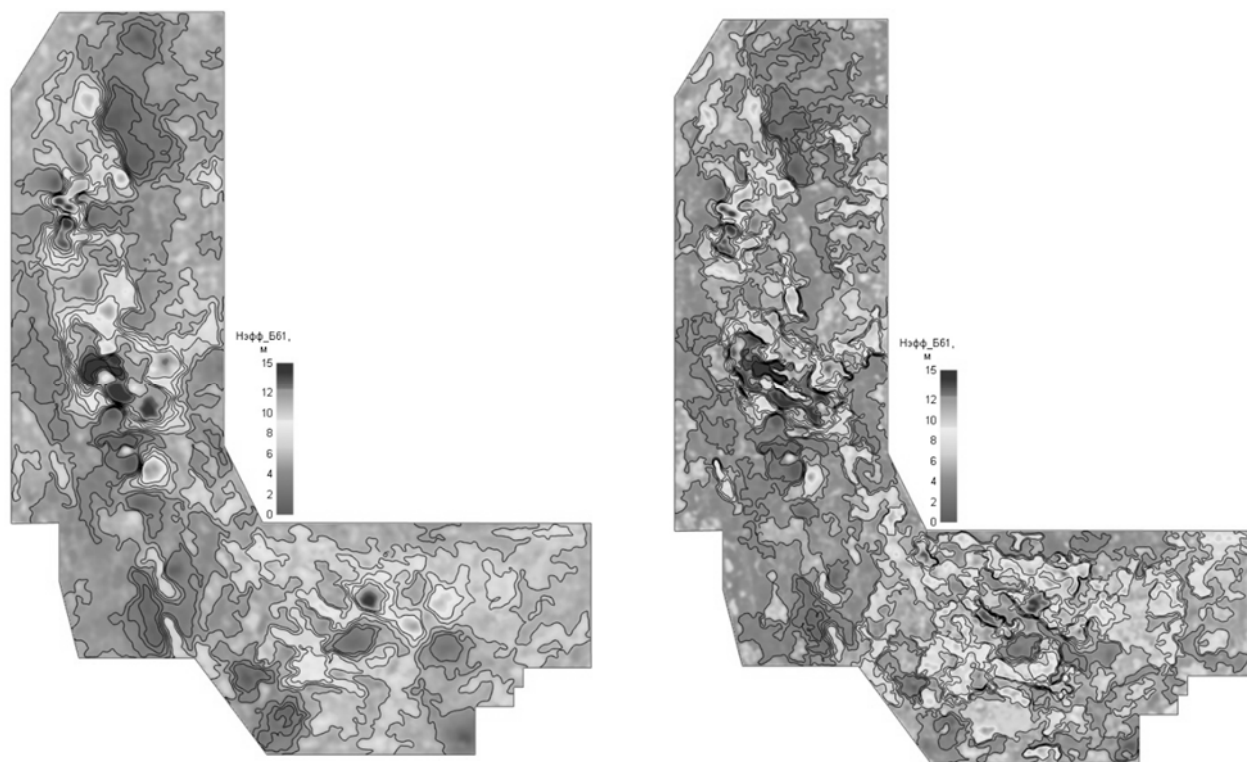


Рис.1. Прогнозная карта эффективных толщин пласта Бб<sub>1</sub>

А) алгоритм случайный лес

Б) алгоритм XGBoost

### Литература

1. Заключение И.С. Путилов И.С. Совершенствование методики количественного прогноза эффективных толщин коллекторов по данным сейсморазведки 3D и ГИС// Теория и практика разведочной и промысловой геофизики: Сб. научных трудов / гл. ред. В.И.Костицын; Перм. гос. Нац. Исслед.ун-т. – Пермь, 2019. - С. 107-112
2. Кубышта И.И., Павловский Ю.В., Емельянов П.П. Эффективность технологий инверсии данных сейсморазведки 3D как основа построения и уточнения сейсмогеологической модели вендских отложений месторождения Восточной Сибири// ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2016. – №1(1). – С. 27–37.



3. Пивкин К.С. Моделирование покупательского спроса на предприятиях розничной торговли на основе методов машинного обучения: дис. канд. экон. наук. – Ижевск, 2018. 145 с.
4. Практическая статистика для специалистов Data Science: Пер. с англ. / П. Брюс, Э. Брюс. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 304 с.: ил.
5. Ishank Gupta et al. Machine learning regressors and their metrics to predict synthetic sonic and mechanical properties// Interpretation. – 2019. Vol. 7, №3/ - P.SF41–SF55. – DOI: 10.1190/INT-2018-0255.1.

УДК 550.08

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ 2.5D И 3D ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ (EMD)

**Ворошилов Владислав Алексеевич**

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», аспирант 1 курса, г. Пермь

АО «ВНИИ Галургии», инженер научно-исследовательской лаборатории геофизики, г. Пермь  
e-mail: vlad13a@gmail.com

**Научный руководитель:** д.ф.-м.н., профессор, Долгал Александр Сергеевич

**Аннотация:** В статье представлены обоснования использования 3D EMD-преобразования для анализа потенциальных геофизических полей. Разработана программа, позволяющая выполнить 2D, 2.5D и 3D модификации эмпирической модовой декомпозиции. Озвучены недостатки как 2.5D, так и 3D преобразований. Показаны результаты разложения полевых данных с использованием 2.5D и 3D EMD-преобразованием.

**Ключевые слова:** EMD, гравиразведка, магниторазведка, алгоритм, 3D эмпирическая модовая декомпозиция.

## FEATURES OF DATA PROCESSING BY 2.5D AND 3D EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION (EMD)

**Voroshilov Vladislav,**

FSBEI of HE «Perm state national research university», 1<sup>st</sup> year Post-graduate Student, Perm City,  
AO «VNII Galurgii», engineer of the geophysical research laboratory  
e-mail: vlad13a@gmail.com

**Research Supervisor:** Doctor of Physical and Math, Professor, Dolgal Alexander

**Abstract:** The article presents the reason for using 3D EMD-transformation to analysis of geophysical data. Has been developed program, that allows to perform 2D, 2.5D and 3D empirical mode decomposition. Disadvantages of both 2.5D and 3D transformation are voiced. Results of the decomposition of field data by 2.5D and 3D EMD are shown.

**Keywords:** EMD, gravity prospering, magnetic prospering, algorithm, 3D empirical mode decomposition.

Эмпирическая модовая декомпозиция (EMD) – метод частотного представления нестационарных и нерегулярных сигналов, у которого отсутствует априорно заданный базис разложения. EMD заметно выигрывает у наиболее популярных методов анализа данных, таких как Фурье- и вейлет-преобразования, поскольку они разработаны для работы с линейным стационарным и с линейным нестационарным сигналом соответственно. Данные потенциальных полей носят нелинейный нестационарный характер [1].

Классический алгоритм 2D EMD-преобразования заключается в следующем:

1. Используются значения  $f(x)$  геофизического поля, полученные в точках наблюдений на профиле с постоянным шагом. Выделяются все локальные экстремумы: максимумы и минимумы сигнала.
2. Через экстремумы одного типа проводятся огибающие  $p(x)$  и  $q(x)$ , для максимумов и минимумов соответственно. Для всех точек поля можно определить функцию средних значений  $\varphi(x) = [p(x) + q(x)]/2$ . Разность  $\psi(x)$  между  $f(x)$  и  $\varphi(x)$  будет являться первым приближением IMF 1 (рис.1) - первой компонентой отсеивания (внутренний цикл).
3. Далее полученная средняя огибающая уточняется до достижения требуемой погрешности определения IMF;
4. Организуется новый внешний цикл (разложение), но вместо исходных данных теперь используется разность сигнала и уже имеющейся модовой функции;
5. Дальнейшее вычисление всех IMF (разложение: внешний итерационный цикл по составляющим сигнала) проводится на основе последовательного исключения из сигнала всех предыдущих модовых функций.
6. Вычисления прекращаются, если анализируемый сигнал на входе внешнего цикла имеет меньше двух максимумов или минимумов, этот сигнал является остаточной компонентой.

Таким образом, после проведения всех циклов просеивания и разложения исходный сигнал удастся представить в виде суммы всех IMF и остаточной составляющей. Для построения огибающих предлагается использовать истокообразные функции, которые в отличие от кубических и В-сплайнов в большинстве случаев не вносят заметные искажения в краевые части сигнала [2].

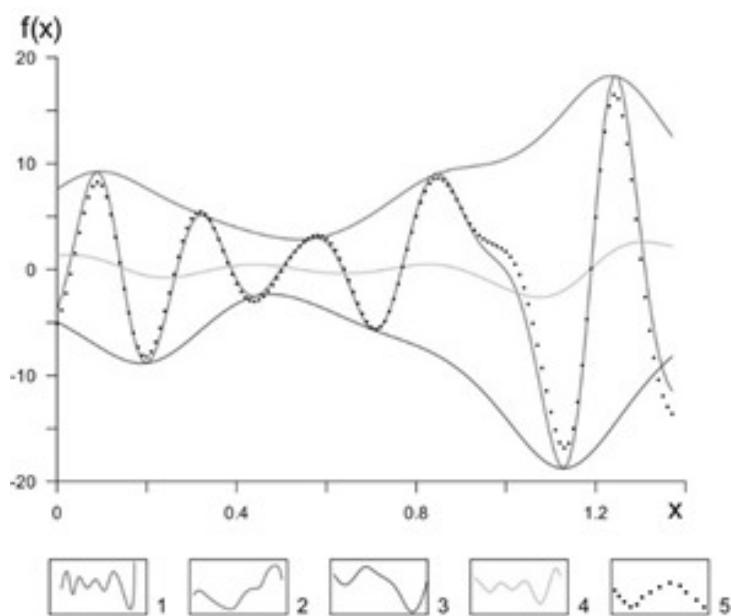


Рис. 1. Построение первого приближения IMF 1: 1 – сигнал  $f(x)$ ; огибающие: 2 –  $p(x)$ , 3 –  $q(x)$ ; функции: 4 –  $\varphi(x)$ , 5 –  $\psi(x)$ .

В реальности же при проведении работ методами потенциальных полей доминируют 3D съемки. Применение 2D алгоритма для данных 3D съемок зачастую некорректно. Во-первых, данные по каждому отдельному профилю при классическом подходе удастся разложить на разное число IMF, что усложняет анализ поля. Во-вторых, неизвестно какое направление профилей следует использовать как базовое. В-третьих, полученные IMF являются независимыми друг от друга и их межпрофильная корреляция может существенно нарушаться. В-четвертых, в результате множественных 2D разложений 3D данных всегда будут присутствовать линейные артефакты. Но несмотря на указанные выше причины, результат множественного 2D разложения 3D данных всё же в ряде случаев может использоваться и показывает адекватные результаты [3].

В связи с этим на основе алгоритм 2D разложения был развит по двум направлениям: 2.5D EMD и 3D EMD. Суть 2.5D заключается в автоматизации 2D преобразования данных 3D съемок, путем автоматизации 2D преобразования для множества профилей. Основным изменением 3D варианта является то, что аппроксимация и восстановление поля происходят непосредственно на всю

площадь исследования, а не по профильным линиям. Данный подход значительно ускоряет процесс обработки и позволяет выделить общие IMF, характеризующие всю площадь исследования [4].

Для реализации описанного алгоритма был выбран язык программирования «Free Pascal» на базе IDE «Lazarus». В результате разработана программа, позволяющая проводить 2D, 2.5D и 3D EMD-преобразование (рисунок 2).

2.5D преобразование подразумевает отбор геофизиком-интерпретатором IMF, которые, по его мнению, несут полезную геологическую информацию, программа автоматизирует его работу, показывая результат суммы выбранных мод (рисунок 3) и сохраняя результат по всем профилям в виде \*.grd файла.

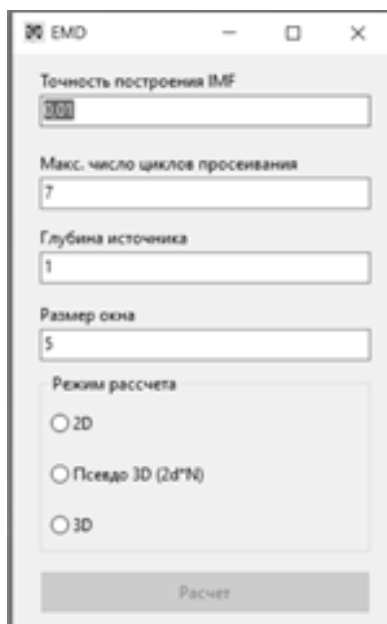


Рис. 2. Интерфейс главной формы программы «EMD 3D».

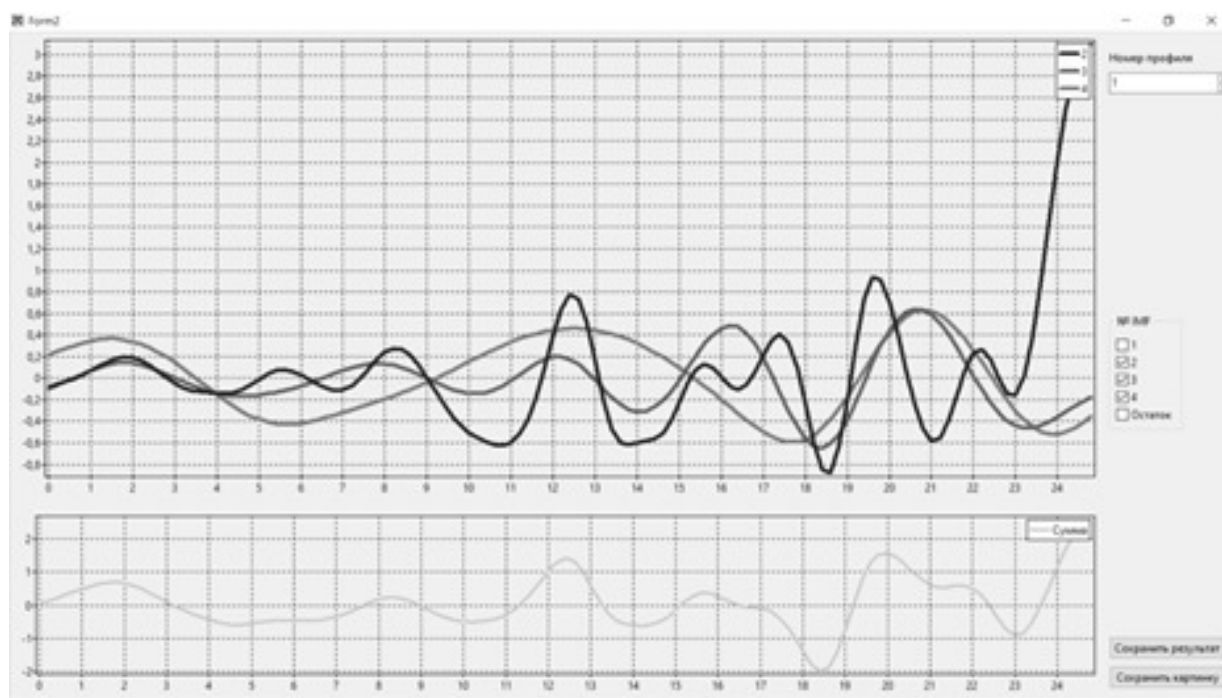


Рис. 3. Интерфейс формы 2.5 D преобразования

В результате работы модуля 3D EMD записываются следующие данные:

1. IMF и остаток в формате \*.grd файла;
2. Погрешность построения IMF;
3. Локальные экстремумы для каждой IMF;

4. Промежуточные итерации (просеивания) IMF;
  5. Промежуточные итерации построения огибающих по минимуму и максимуму.
- В результате обработки данных были получены следующие результаты (рисунок 4).

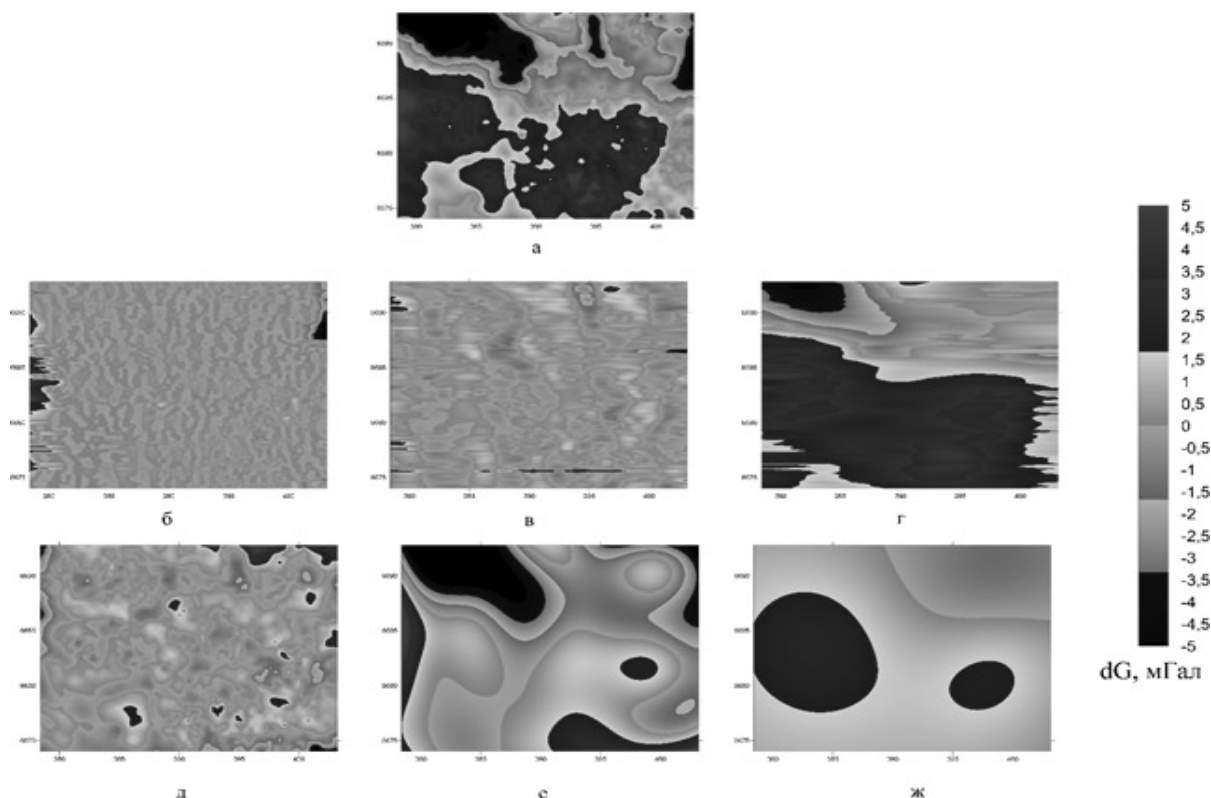


Рис. 4. Результаты EMD-разложения: а – исходное поле; б – 1 IMF 2.5D EMD, в – полезный сигнал 2. 5D EMD; г – остаток 2. 5D EMD; д – 1 IMF 3D EMD; е - 2 IMF 3D EMD; ж – остаток 3D EMD.

Результаты 2.5D преобразования требуют дополнительной обработки и зачастую не несут полезной информации о изучаемой площади. С другой стороны, 3D данные позволяют провести первичную качественную интерпретацию, 1-я IMF несет информацию о локальных аномалиях, 2-я IMF и остаток – о региональных.

Несмотря на очевидные преимущества 3D EMD преобразования и у этого метода есть недостатки, в основном это неравномерное расположение локальных экстремумов, что приводит к плохой обусловленности решаемых систем линейных уравнений. Решение этой проблемы сейчас активно разрабатывается.

### Литература

1. Hassan H. Hassan, 2005, *Empirical Mode Decomposition (EMD) of potential field data: airborne gravity data as an example: SEG/Houston 2005 Annual meeting*, 704-707 p.
2. Долгаль А.С., Христенко Л.А., *Применение эмпирической модовой декомпозиции при обработке геофизических данных: Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2017. Т.328. №1. 100-1008 с.
3. Новикова П.Н., Ворошилов В.А., *Обнаружение подземных коммуникаций в условиях техногенных помех по данным магнитного поля: Геофизика, Москва, 2017, с. 4-9.*
4. Долгаль А.С., Муравина О.М., Ворошилов В.А., *Анализ геофизических полей методом эмпирической модовой декомпозиции (EMD). Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат. 39-ой Всеросс. Научно-практ. конференция с международным участием / под ред. П.А. Красильникова, Пермь, 2019, с. 212-222.*

УДК 552.08

## ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ ДАХОВСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

**Ильин Виталий Викторович**

*Воронежский государственный университет, студент 2 курса, г. Воронеж*

*e-mail: [vitaliy.ilin.2000@bk.ru](mailto:vitaliy.ilin.2000@bk.ru)*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент Жаворонкин Валерий Иванович*

**Аннотация.** Изучены петрофизические характеристики различных петрологических типов гранитоидов Даховского кристаллического массива. На основании результатов изучения физических свойств составлена петрофизическая модель гранитоидов двух основных фаз генерации.

**Ключевые слова:** Даховский кристаллический массив, гранитоиды, плотность, магнитная восприимчивость, скорость продольных волн, петрофизическая модель.

## PETROPHYSICAL FEATURES OF GRANITOIDS OF THE DAKHOVSKY CRYSTALLINE MASSIF (NORTHWESTERN CAUCASUS)

**Ilyin Vitaliy Viktorovich**

*Voronezh State University, 2<sup>nd</sup> year student, Voronezh*

*e-mail: [vitaliy.ilin.2000@bk.ru](mailto:vitaliy.ilin.2000@bk.ru)*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Valery Zhavoronkin*

**Summary.** The petrophysical characteristics of various petrological types of granitoids of the Dakhovsky crystalline massif were studied. Based on the results of studying physical properties, a petrophysical model of granites of two main generation phases was compiled.

**Keywords:** Dakhovsky crystalline massif, granitoids, density, magnetic susceptibility, speed of longitudinal waves, petrophysical model.

Даховский кристаллический массив (ДКМ) расположен на северо-западной периферии Передового хребта Большого Кавказа. Совместно с другими близкими по структурным и вещественным особенностям выступами доверхнепалеозойского основания (Блыбским, Сахрайским, Бескесским и др.) он приурочен к Пшекиш-Тырныаузской зоне разломов, разделяющей структуры Главного хребта Большого Кавказа и Северо-Кавказского краевого массива Скифской плиты. Возраст, строение, эволюция этих выступов, включая и ДКМ, до настоящего времени вызывают дискуссию, основные аргументы которой изложены в [1,7-9,11 и др.]. Наиболее неоднозначными, часто взаимоисключающими, являются представления о глубинном строении массива. Повысить степень достоверности построений возможно только в результате моделирования геофизических полей базирующегося на петрофизических характеристиках объекта.

Даховский массив в приповерхностной части имеет площадь порядка 30 км<sup>2</sup>. Он морфологически резко приподнят над окружающей его областью развития юрских отложений. В геологическом строении ДКМ (рис. 1) широко распространены разнообразные по возрасту и составу магматические и метаморфические породы [2,6,7]. Периферию массива составляют кристаллические образования балканского метаморфического комплекса, относимые к верхнему протерозою [6]. Их петрофизические особенности частично рассмотрены в [4,5]. Центральную часть занимает прорывающий их массив гранитоидов малкинского плутонического комплекса.

Развитие последнего проходило в два этапа. Образования первой фазы внедрения сложены средне-крупнозернистыми амфибол-биотитовыми гранодиоритами, возраст которых составляет 301 млн. лет, отвечающий границе верхнего карбона и нижней перми, что коррелируется с завершением герцинского тектогенеза. Породы второй фазы представлены небольшими линейно вытянутыми телами, разноориентированными дайками, жилами и штоками мусковитовых и двуслюдяных гранитов, обрамляющими гранитоиды первой фазы с юго-запада и востока. Кроме того, в гранитоидах первой



фазы малкинского комплекса в виде ксенолитов, размером от десятков сантиметров до 250 м в поперечнике, встречаются плагиограниты и диориты, относимые к даховскому плагиогранит-диоритовому плутоническому комплексу.

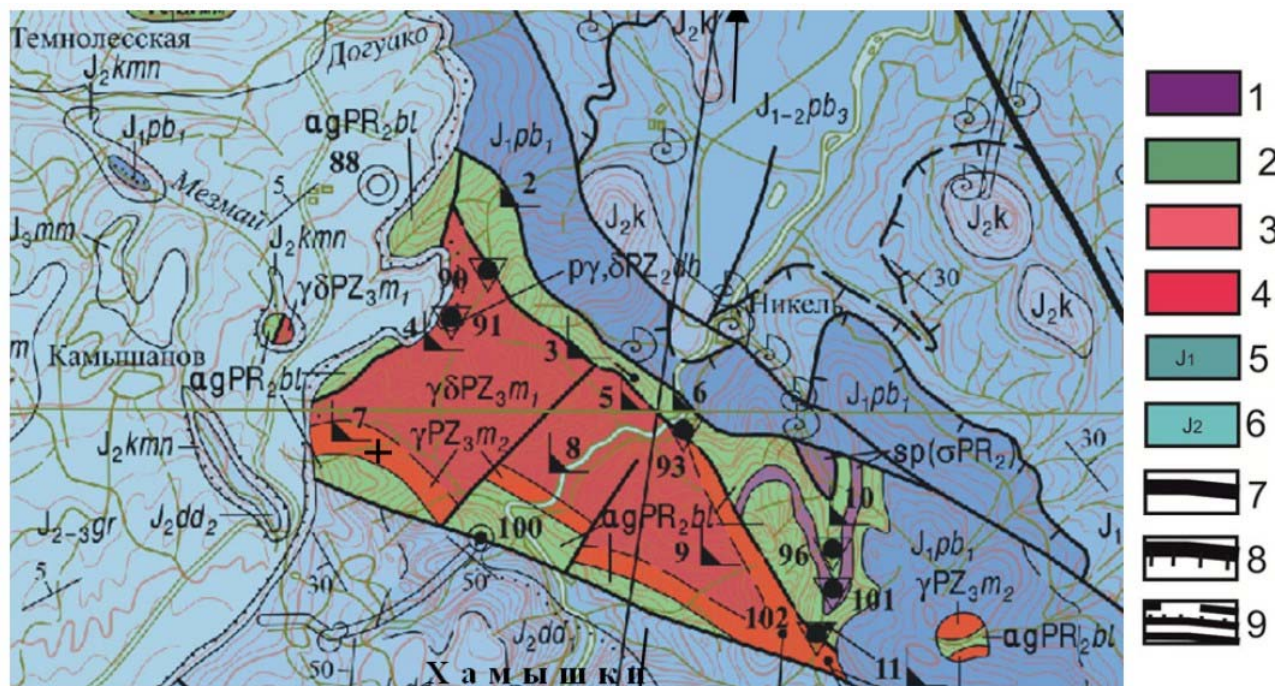


Рис. 1. Геологическая карта Даховского кристаллического массива [2]: 1 – серпентиниты; 2 - кристаллические сланцы, амфиболиты балканского комплекса; 3-4 – малкинский комплекс: 3 - гранодиориты I фазы, 4 – лейкограниты II фазы внедрения; 5 – терригенный комплекс ранней юры; 6 – терригенные отложения средней юры; 7 – разрывные нарушения крутого падения (взбросы, сбросы, сдвиги); 8 – надвиги, 9 – разнотипные стратиграфические границы

С целью лабораторного изучения физических свойств гранитоидов малкинского комплекса из обнажений вдоль р. Белой и впадающих в нее ручьев отобрано более 120 максимально свежих образцов. Кроме того, выполнены массовые (свыше 150) каппаметрические измерения непосредственно на обнажениях.

Определение физических характеристик собранной коллекции выполнено в петрофизической лаборатории кафедры геофизики Воронежского госуниверситета традиционными для нее методами [3]. При этом были изучены плотность, магнитная восприимчивость и скорость прохождения продольных волн. Сведения об удельном электрическом сопротивлении гранитоидов почерпнуты из ранее выполненного на кафедре геофизики ВГУ исследования [5].

Плотность образцов изучалась методом гидростатического взвешивания с использованием высокоточных весов «HIGHLAND» HCB – 1502. Магнитная восприимчивость определена каппаметром KM-7 производства Чехии. Им же выполнены полевые каппаметрические наблюдения на обнажениях. Прибор обладает высокой чувствительностью и возможностью характеризовать диамагнитные особенности пород. Измерение скорости продольных волн проводилось ультразвуковым дефектоскопом УК 10ПМС. Для определения удельного электрического сопротивления в петрофизической лаборатории кафедры геофизики используется комплекс на базе измерителя иммитанса Е7-20.

Результаты лабораторных определений сведены в таблицу. Для более полной характеристики магнитной восприимчивости в ней, а также при статистической обработке результатов учтена информация полевой каппаметрии. Полученные данные подвергнуты стандартной обработке [10] с построением гистограмм, вариационных кривых распределения параметров и определения статистических характеристик. На рис. 2 приведены вариационные кривые распределения измеренных параметров гранитоидов каждой из двух фаз внедрения.

Физические свойства гранитоидов Даховского кристаллического массива

Наименование пород	Плотность $\sigma$ , г/см <sup>3</sup>		Скорость продольных волн $V_p$ , м/с		Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-3}$ ед. СИ		Удельное сопротивление $\rho$ , Ом·м	
	$\frac{\min}{\max}$	среднее	$\frac{\min}{\max}$	среднее	$\frac{\min}{\max}$	среднее	$\frac{\min}{\max}$	среднее
Гранитоиды 1 фазы	$\frac{2,67}{2,78}$	2,72	$\frac{2212}{5208}$	4300	$\frac{-0,507}{1,581}$	0,271	$\frac{98,38}{591,25}$	363,5
Гранитоиды 2 фазы	$\frac{2,57}{2,67}$	2,61	$\frac{2158}{5545}$	4342	$\frac{-0,430}{1,743}$	0,454	$\frac{71,14}{489,72}$	248,2

Примечание: данные об удельном электрическом сопротивлении пород предоставлены В.Н. Коробом

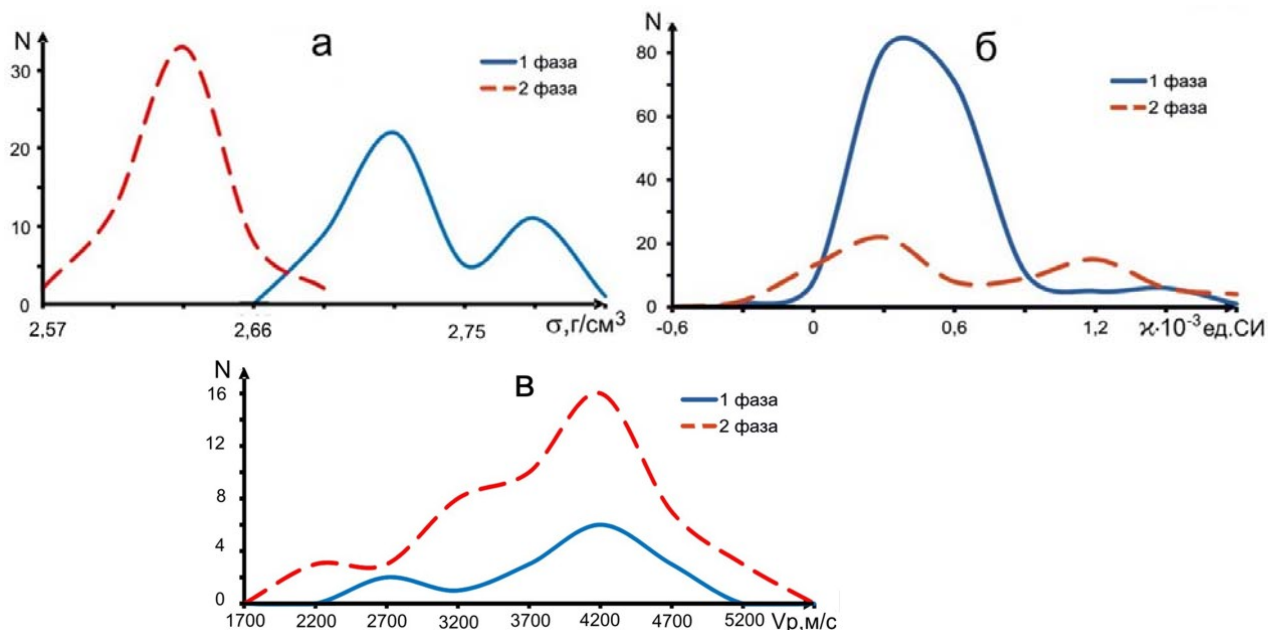


Рис. 2. Вариационные кривые петрофизических параметров гранитоидов Даховского кристаллического массива: а - плотность, б - магнитная восприимчивость, в - скорость продольных волн.

Гранитоиды первой фазы внедрения характеризуются средней плотностью 2,72 г/см<sup>3</sup>. При этом распределение плотности (рис. 2а) носит ярко выраженный бимодальный характер. Это позволяет предположить наличие в выборке двух петроплотностных групп пород имеющих среднюю плотность 2,70 и 2,76 г/см<sup>3</sup>. Средняя магнитная восприимчивость гранитоидов первой фазы составляет 0,271·10<sup>-3</sup> ед. СИ. Максимальное представительство данных сосредоточено в пределах от 0 до 0,9·10<sup>-3</sup> ед. СИ (рис. 2б). Возможное наличие в рамках пород первой фазы двух петрографических подгрупп подчеркивается характерной асимметрией вариационной кривой магнитной восприимчивости. В пользу этого предположения говорит также бимодальный характер распределения скорости продольных волн (рис. 2в).

Плотность пород относимых ко второй фазе внедрения характеризуется распределением близким к нормальному (рис. 2а) со средним значением 2,61 г/см<sup>3</sup>, что существенно ниже, чем плотность образований первой фазы. Их магнитная восприимчивость носит отчетливо выраженный бимодальный характер, что позволяет выделить в рамках этой группы пород две подгруппы: первую со средней  $\chi$  0,217·10<sup>-3</sup> ед. СИ и вторую 1,117·10<sup>-3</sup> ед. СИ. Характерно, что в первой подгруппе довольно весомое представительство имеют диамагнитные разности пород. Средняя скорость продольных волн для гранитоидов второй фазы составляет 4342 м/с, что идентично гранитоидам первой фазы внедрения. Отметим незначительную левую асимметрию вариационной кривой скорости (рис. 2в), что свидетельствует о возможном влиянии на этот параметр наложенных процессов.

Сведения об удельном электрическом сопротивлении гранитоидов (таблица) предоставлены В.Н. Коробом, в обобщенном виде они приведены в работе [9]. Этот параметр определен для ограниченного количества образцов. Тем не менее, имеющиеся данные позволяют предположить дифференциацию пород первой и второй фаз внедрения - различие в средних значениях сопротивления составляет более 30%.

На основе результатов изучения физических свойств составлена петрофизическая модель гранитоидов Даховского кристаллического массива (рис. 3). Из нее следует, что различные их типы до-



статочны четко дифференцируются по петрофизическим параметрам. Предложенная модель может служить основой для применения геофизических методов при глубинных исследованиях, геологическом картировании и поисках полезных ископаемых.

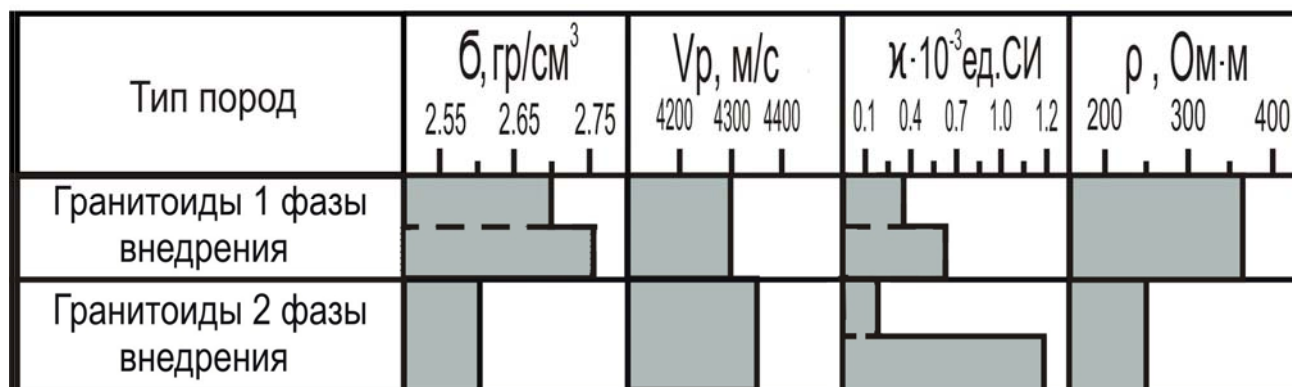


Рис. 3. Петрофизическая модель гранитоидов Даховского кристаллического массива

*Благодарности.* Автор считает своим долгом поблагодарить научного руководителя доцента кафедры геофизики ВГУ В.И. Жаворонкина за постановку задачи и помощь в ее решении, а также профессора В.М. Ненахова и доцента А.В. Жабина за многочисленные консультации и предоставленный каменный материал.

#### Литература

1. Гамкредидзе И.П., Шенгелиа Д.М. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. – М.: Научный мир, 2004. – 464с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Кавказская. Карта дочетвертичных образований. Лист L-37-XXXV (Майкоп) / С.Г. Корсаков, Е.В. Белуженко, И.Н. Семенуха, 2004.
3. Жаворонкин В.И., Кулешов А.В. Петрофизический облик золоторудного проявления Милоградское (Приморье) // XVIII Международная конференция "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле". – М.: ИИЦ ФГБУ ИФЗ РАН, 2017. – С. 101-104.
4. Жаворонкин В.И., Ненахов В.М., Короб В.Н. Физические свойства и петрологические особенности серпентинитов Даховского массива (Западный Кавказ) // XX Международная конференция "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле". Материалы конференции. – М.: ИГЕМ РАН, 2019. – С. 104-107.
5. Короб В.Н., Кузнецова Ю.В., Ляшенко Н.В. Петрофизические свойства магматических пород Даховского кристаллического массива // Иновационные методики геофизических исследований. – Воронеж: Научная книга, 2018. – С. 50-54.
6. Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Белуженко Е.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист L-37-XXXV (Майкоп). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. – 308 с.
7. Ненахов В.М., Жабин А.В., Никитин А.В., Бондаренко С.В. Внутреннее строение тектонической зоны северного обрамления Даховского кристаллического массива (Западный Кавказ) // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2019. – № 1. – С. 5–14.
8. Попов Ю.В. Положение магматических комплексов Даховской горст-антиклинали в эволюции магматизма зоны Передового хребта Большого Кавказа // Актуальные проблемы региональной геологии, литологии и минерогении. – Ростов-на-Дону, 2005. – С. 131–141.
9. Сомин М.Л., Левченков О.А., Котов А.Б. и др. Палеозойский возраст высокobarических метаморфических пород Даховского выступа (Северо-Западный Кавказ): результаты U-Pb - геохронологических исследований // Докл. РАН. – 2007. – Т. 416, № 3. – С. 360-363.
10. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1984. – 455 с.
11. Adamia SH., Zakariadze G., Chkhotua T. et al. Geology of the Caucasus: A Review // Turkish Journal of Earth Sciences. – 2011. – Vol. 20. – Pp. 489–544.

УДК 550.834

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ВЧР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СРР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*Швецова Мария Николаевна*

*Молодой специалист, Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г.Пермь  
e-mail: [shvetsovamarianikolaevna@gmail.com](mailto:shvetsovamarianikolaevna@gmail.com)*

*Научный руководитель: Начальник отдела ОСДиИТ филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»  
«ПермНИПИнефть» в г.Перми, Вельтистов Антон Владимирович*

**Аннотация:** доклад посвящен проблеме учета неоднородностей в верхней части разреза с использованием различных методик и их влиянии на дальнейшие процедуры обработки и интерпретации. В работе представлены материалы, полученные в результате полевых исследований на территории Тимано-Печорской провинции.

**Ключевые слова:** верхняя часть разреза (ВЧР), сейсморазведка, метод преломленных волн (МПВ), микросейсмокаротаж (МСК), электромагнитное сканирование (ЭМС), обработка и интерпретация.

## APPLICATION OF METHODS FOR STUDYING THE UPPER PART OF THE SECTION WHEN CARRYING OUT SEISMIC RESEARCHES TO OBTAIN QUALITATIVE SEISMIC DATA

*Maria Shvetsova,*

*Young specialist, LUKOIL-Engineering Limited. PermNIPIneft Branch Office in Perm,  
e-mail: [shvetsovamarianikolaevna@gmail.com](mailto:shvetsovamarianikolaevna@gmail.com)*

*Research Supervisor: Head of Seismic Data and Information Technology Summarization department,  
LUKOIL-Engineering Limited. PermNIPIneft Branch Office in Perm, Anton Veltistov*

**Abstract:** The report is devoted to the problem of taking into account heterogeneities in the upper part of the section using various techniques and their influence on further processing and interpretation procedures. The work presents materials obtained as a result of field studies in the territory of the Timan-Pechora province.

**Keywords:** the upper part of the section, seismic exploration, seismic refraction, microseismic logging, electromagnetic scan, processing and interpretation.

Работы по изучению верхней части разреза (ВЧР) крайне важны при проведении полевых сейсморазведочных работ на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП). Данные работы позволяют решать следующие задачи:

1. Создание оптимальных условий возбуждения при взрывном способе возбуждения сейсмических волн в процессе производства полевых работ;
2. Расчет априорных статических поправок для взрывного и невзрывного способа возбуждения сейсмических волн.

На исследуемых территориях в НАО выделяются области широкого распространения многолетнемерзлых пород, морозобойных трещин, термокарстовых объектов и бугров пучения. На территории Республики Коми наблюдаются частые смены литологического состава приповерхностного слоя. Все эти объекты вносят дополнительные искажения в наблюдаемую волновую картину [1].

Компенсация влияния приповерхностных неоднородностей является важным этапом при обработке данных метода общей глубинной точки. Недоучет структурно-скоростной неоднородности ВЧР напрямую повлияет на достоверность кинематических параметров отраженных волн, получаемых в процессе обработки. Это в свою очередь внесет искажения в структурные построения и в динамические характеристики.

Доклад посвящен проблеме учета неоднородностей в верхней части разреза с использованием различных методик. В работе представлены материалы, полученные в результате полевых исследований на территории ТПП. Данные материалы использовались для определения модели ВЧР, а, сле-

довательно, и для дальнейших процедур обработки и интерпретации. Наиболее распространенными способами изучения являются: метод преломленных волн, микросейсмокаротаж (МСК) и электромагнитное сканирование (ЭМС).

Метод преломненных волн (МПВ) до 2010 г. являлся основным геофизическим методом при проведении инженерной сейсморазведки. В первую очередь это связано с оперативностью полевых наблюдений и простотой обработки данных, большим диапазоном глубин исследования. К недостаткам метода можно отнести меньшую детальность расчленения разреза по вертикали и сильное влияние приповерхностных условий и сложного рельефа, а также нескольких преломляющих границ. При интерпретации МПВ имеется еще одна довольно серьезная проблема – эффект «выпадения слоя», когда число годографов меньше, чем число слоев, что приводит к ошибке в определении глубины.

Более точным способом изучения ВЧР является метод обращенного МСК. Метод основан на регистрации волнового поля от источника, расположенного в скважине, сейсмоприемниками на различных удалениях от скважины. По данным обращенного МСК детально определяются границы в верхней части разреза, подошва ЗМС и соответствие этих границ литологическому составу. Основным недостатком метода является невозможность построения достоверной модели геологического строения ВЧР по всей площади ввиду сильной латеральной изменчивости и невысокой плотности наблюдений (1 скважина МСК на 1 км<sup>2</sup>).

Модель геологического строения ВЧР, построенная по данным МПВ и МСК, применяется для определения априорных статических поправок. Качество их определения напрямую влияет на качество процедур обработки данных и на качество получаемых сейсмических разрезов и кубов.

Одним из современных эффективных методов, который позволяет компенсировать недостаток МСК, является ЭМС, проводимый с ним в комплексе, где в скважинах измеряют КС, интервальные скорости и литологию. Метод электромагнитного сканирования разреза основан на возбуждении в горных породах переменных электромагнитных полей с помощью незаземленного генераторного контура и регистрации вторичных электромагнитных полей. Преимущество технологии ЭМС заключается в измерениях при движении, что позволяет получать непрерывный геоэлектрический разрез любой протяженности с дискретностью замеров 0.1–0.2 м по латерали. Однако, как и любого метода, у него есть свои «минусы», а именно, малая глубинность исследования достигающая приблизительно 60 м и сложность перевода электрических характеристик в волновые для расчета статических поправок. А также высокая заявленная стоимость 15 тыс. за 1 пог.км.

В ходе работы рассматривались сейсмограммы полевых сейсмических наблюдений с геометрией без предварительной обработки, полученные в оптимальных и неоптимальных условиях возбуждения.

Район работ №1 (рис. 1) частично расположен в тундровой зоне островной вечной мерзлоты (~30% профилей). На участках большой мощности ЗМС качество первых вступлений ухудшалось, из-за недостаточной энергии источника упругих волн (кувалда). Увеличение количества накоплений свыше 10 – 12 не приводило к росту амплитуд первых волн.

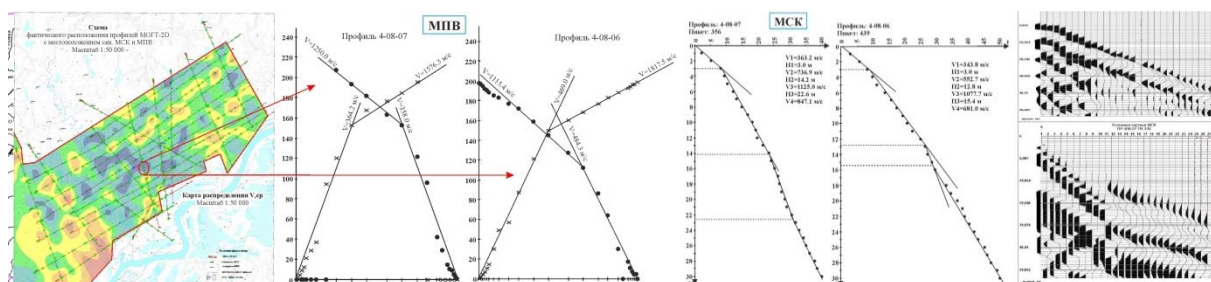


Рис. 1. Пример выполнения полевых работ методом МПВ

При двухслойном строении модели ВЧР результаты МПВ удовлетворительно увязывались с материалами МСК и с ранее полученными данными МПВ других партий. В случаях многослойного строения ВЧР (с переслаиванием высокоскоростных и низкоскоростных пластов), данные МПВ завышали глубины до подошвы ЗМС. На центральном и восточном участках площади работ по первым вступлениям сейсмограмм МОГТ было видно, что точки выхода преломленной волны достигают глубины 100 м – 150 м, а мощность низкоскоростных отложений не превышала 40 м. Уже на расстояниях свыше 100 м и в болотах первые вступления при работах МПВ не пробивались.

Район работ №2 расположен в Республике Коми, где породы уже являются растепленными. На рисунке показаны сейсмограммы МСК с разными глубинами погружения заряда, в первом случае



( $H=24$  м, рис. 2, а), во втором ( $H=28$  м, рис. 2, б). При условии, что уровень микросейсм при  $H=24$  м в 5 раз выше, чем при  $H=28$  м – получаем  $S/N=20.4$ . После расчета доминантной частоты по функции автокорреляции и спектра частот можно сделать вывод, что сейсмограмма МСК при глубине заложения 28 м получилась более информативной.

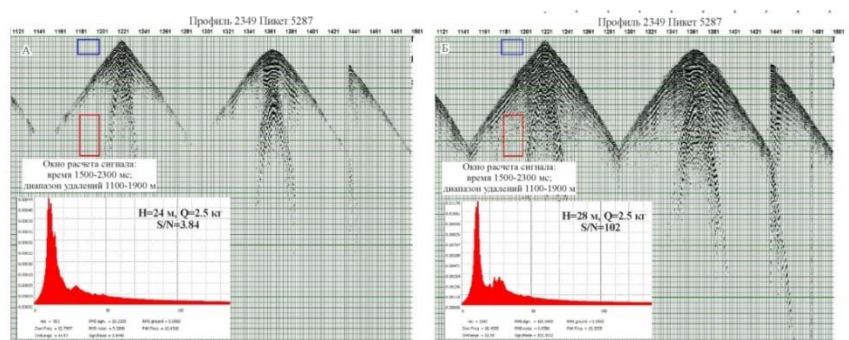


Рис. 2. Пример выполнения полевых работ МСК в Республике Коми

Район работ №3 расположен в зоне сплошного распространения ММП со «щелями» и «окнами» таликов, составляющих до 5% (рис. 3). Кинематическая характеристика по данным МСК неэффективна, т.к. скорость приобретает постоянную величину по всему разрезу. Динамическая характеристика указывает на резкое падение амплитуд в интервале глубин от 17 м до 22 м. В такой ситуации необходимо применение комплексирования методов электроразведки и МСК.

Это позволяет получить зависимости распределения по площади амплитудных характеристик по глубине и величине заряда после увязки акустических и электрических параметров, а также физического состава разбуриваемых пород.

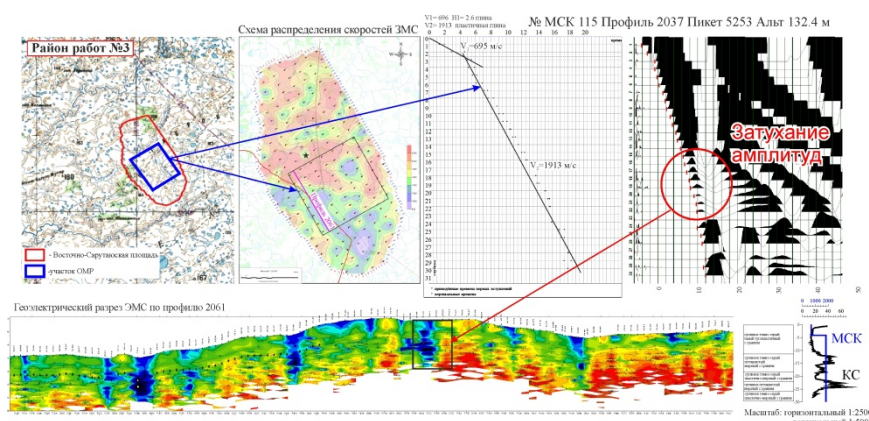


Рис. 3. Пример изучения площади с помощью комплексирования методов электроразведки и МСК

Особенностью полевых сейсмических данных также является и зависимость амплитудно-частотных характеристик от формы рельефа. Возвышенные участки соответствуют понижению уровня амплитуд и уменьшению преобладающей частоты сигнала. Также прослеживается прямая зависимость преобладающей частоты от глубины заложения заряда.

В зонах с неоптимальными условиями возбуждения («недобуры») при обработке сейсмических данных наблюдаются области с низким соотношением сигнал/помеха. В процессе выполнения процедур обработки это проявляется в ухудшении прослеживаемости ОГ целевых интервалов и низкой динамической выразительностью (рис. 4). А именно, в уменьшении амплитуд и частотного состава и присутствии высокого фона поверхностных волн-помех по всему интервалу разреза. Наличие ослабленной зоны в дальнейшем негативно повлияет на структурную и динамическую интерпретацию.

В результате чего для оптимальной корреляции ОГ в ослабленной зоне в ходе структурной интерпретации исполнителям необходимо подготавливать дополнительный суммарный куб временной миграции до суммирования (ВМДС).

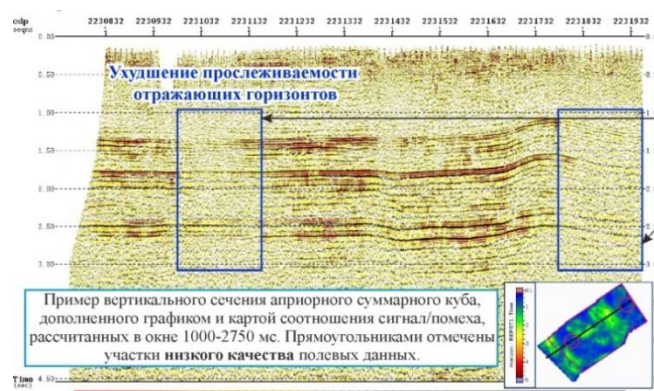


Рис. 4. Последствия выбора неоптимальных условий возбуждения на процесс обработки

Для анализа качества исходных данных и их пригодности для решения задач динамической интерпретации применяют следующие методические приемы: 1) визуальный анализ качества временных разрезов и слайсов; 2) расчет куба атрибута доминантной частоты; 3) построение FX-спектра по Random Line; 4) построение карт доминантных частот в нескольких целевых интервалах; 5) анализ амплитудно-частотных характеристик по площади работ.

На площади работ, приведенной в качестве примера, в центральной части с запада выделяется зона «дребезжания» сейсмической записи, характеризующаяся неравномерным частотным составом, нарушением стабильных осей синфазности (рис. 5). Зона ослабленных амплитуд и малой информативности связана с поверхностными условиями возбуждения и приёма. При анализе полевых работ 3D было выявлено, что заряд был погружен в неоптимальные условия, т.к. значительная часть площади работ попадает в зону развития аномально мощной ЗМС (до 30 метров и более). В центральной и юго-западной части в ВЧР развиты отложения галечников: в этих местах сейсмический материал «рассыпается» на высокочастотную помеху.

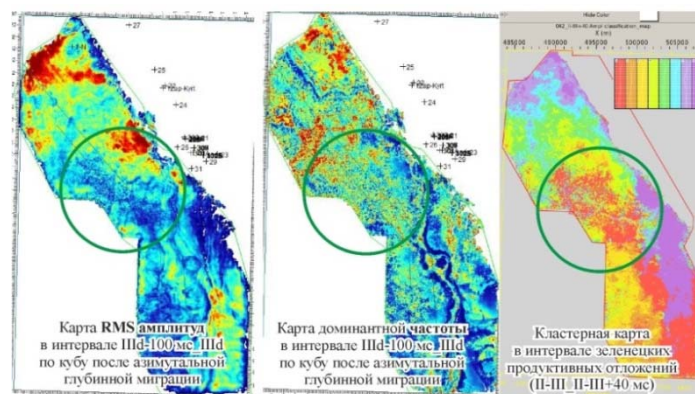


Рис. 5. Влияние поверхностных условий возбуждения на результаты интерпретации

При анализе волнового поля данная зона «дребезжания» прослеживалась на всех этапах миграции, наиболее сильно она была отмечена на более глубоких интервалах. Проведенный анализ сейсмического материала показал, что такое качество материала в зоне некондиционной записи не позволит на хорошем уровне восстановить упругие свойства, что выльется в некоторую их неопределенность.

В заключение хотелось бы отметить, что был рассмотрен опыт применения различных методик изучения ВЧР на территории Тимано-Печорской провинции. Изучение ВЧР в опережающем порядке при производстве сейсморазведочных работ в ТПП имеет очень важное значение для получения качественных сейсмических материалов. Наряду с основными применяемыми методиками существуют методы, которые позволяют расчленить ВЧР на уровне верхней ОГ и глубже, тем самым повышая качество дальнейшей обработки и интерпретации сейсморазведочных данных. К таким методам можно отнести методы электроразведки 3D - ЗСБ и малоглубинную ЗСБ.

### Литература

1. Козырев, В.С. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. // В.С. Козырев, А.П. Жуков, И.П. Коротков и др. – М.: Недра, 2003. – С. 51-57.

УДК 550.371

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

**Силуков Антон Геннадьевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет  
студент 4 курса, г. Пермь  
silukovanton@mail.ru*

**Чакилев Владислав Андреевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет  
студент 3 курса, г. Пермь  
vchakilev@inbox.ru*

**Научные руководители:** доктор технических наук,  
профессор Колесников Владимир Петрович,  
кандидат технических наук,  
старший преподаватель Ласкина Татьяна Андреевна

**Аннотация:** Рассмотрен подход к реализации дистанционного геоэлектрического мониторинга на основе метода группового зондирования с использованием программно-аппаратурного комплекса АМС-ЗОНД. Разработанная технология дает возможность дистанционного мониторингового контроля и обеспечивает оптимальную детальность исследований при повышении оперативности работ.

**Ключевые слова:** стационарный мониторинг, групповое электрическое зондирование, кажущееся сопротивление, площадная съемка.

## THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES ON THE USE OF ELECTROMETRIC MONITORING OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT

**Silukov Anton**

*Perm State University  
4<sup>th</sup> year Student, silukovanton@mail.ru*

**Chakilev Vladislav**

*Perm State University  
3<sup>d</sup> year Student, vchakilev@inbox.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Engineering Sciences,  
Professor V.P.Kolesnikov,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Senior Lecturer T.A. Laskina

**Abstract:** The article considers the implementation approach to remote geoelectric monitoring based on the group sensing method using the hardware-software complex AMS-ZOND. The developed technology enables to provide remote monitoring control and provides optimal research detail while increasing the efficiency of work.

**Keywords:** stationary monitoring, group electrical sounding, apparent resistance, areal soundings.

В настоящее время все чаще ставится вопрос о безопасности эксплуатации различных инженерных сооружений. Контроль стабильного эксплуатирования сооружения, его дальнейший прогноз, различные мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представляют одну из основополагающих задач мониторинга. Решение этой задачи невозможно без целенаправленных долгосрочных наблюдений за объектом, позволяющие понять механизм динамики развития и разработать

рекомендации по управлению. Важное место в этом процессе занимает мониторинг геологической среды.

В последнее десятилетие мониторинг методами электрометрии усиленно применялся для контроля провалообразования на ВКМС (Верхнекамское месторождение калийных солей) в г. Березники. Известно, что провалы на территории г. Березники образуются вследствие соляного карстообразования. После затопления рудника начинался процесс выщелачивания целиков, в результате которого происходит обрушение кровли выработки и начинается процесс разрушения выщелачивающих слоев. [1]

Среди набора различных физических характеристик солей (плотностных, упругих, механических и др.) наибольшими изменениями характеризуется электрическое сопротивление. [1] Это связано с тем, что в условиях естественного залегания удельное сопротивление покровных солей достаточно велико: до нескольких тысяч Ом·м, а при повышении влагонасыщенности сопротивление снижается в сотни раз, что является веской причиной использования методов электрометрии в сложившейся ситуации.

Первые опытные работы по применению мониторинговых наблюдений были начаты в 2006 г. в предпровальный период. Съёмки проводились с помощью метода электропрофилирования (ЭП) и были заверены в исследовании динамического развития провала. [2,3]

Эти мониторинговые наблюдения проводились и в последующих годах (начиная с 2011 г. по 2016 г.) по методике ЭП, позволяя получать информацию о динамике изменения электрических свойств среды (рис.1), согласующимся в определенной мере с зонами проседания земной поверхности. [1] Стоит добавить, что в этот период мониторинговый контроль выполнялся на фиксированной эффективной глубине с периодическим выездом для выполнения съёмки.

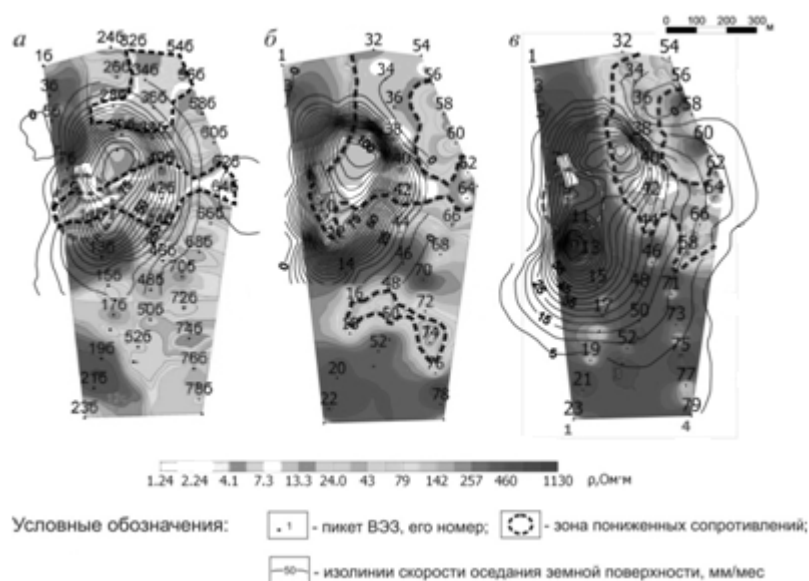


Рис.1 Карты удельных электрических сопротивлений для глубин 140 м с изолиниями скоростей оседаний. (а), (б), (в) для разных годов исследования (мониторинг на участке проводился с интервалом в 1 год)

Целью данной работы является апробирование новой методики стационарного мониторингового контроля, основанное на использовании метода групповых зондирований (ГЗ), позволяющих в автоматическом режиме получать информацию об изменении физических свойств пород на разных глубинах исследуемой среды, с передачей информации об исследуемом участке до центра обработки и визуализации полученных результатов.

Основополагающей методикой стационарного мониторингового контроля физического состояния пород, залегающих в заданном интервале глубин, является геометрический принцип зондирования с использованием многоканальных площадных измерений возбуждаемого электрического поля. Методика групповых зондирований (ГЗ) является современной модификацией метода ВЭЗ [4,5]. Она основана на использовании многоэлектродной установки в виде косы с системой парных электродов, расположенных с постоянным шагом вдоль профиля наблюдений, выполняющих в процессе зондирования последовательно функцию как приемных, так и питающих электродов.

Экспериментальные работы были выполнены в зимний период (февраль-март) на территории Пермского государственного национального исследовательского университета. Для проведения пло-



щадных мониторинговых наблюдений использована измерительная система с неизменяемым положением электродов, обеспечивающая идентичность условий генерации и измерений поля на протяжении всего периода наблюдений. Система состоит из специально созданного оборудования в виде трех кос, каждая из которых имела длину 48 м с шагом между электродами 3 м.

Исследуемый участок был разбит на три профиля с одинаковым количеством пикетов равным 16. Была задана программа длительности одного цикла мониторинга, которая равнялась двум часам. На каждом пикете проводилось 7 измерений, каждое измерение было сделано при равной длине приемной линии  $MN = \Delta x$  (рис. 2).

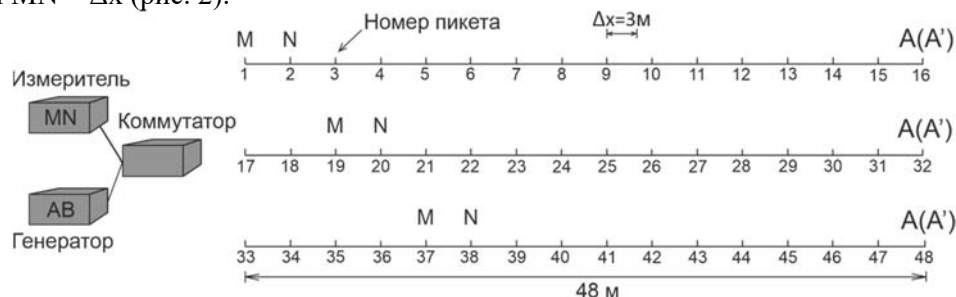


Рис.2 Схема экспериментальной установки

Измерения проводились с помощью аппаратно-программного комплекса АМС-ЗОНД с коммутатором КАМС-1 (рис.3), который осуществлял автоматическое переключение каналов. Величина генерируемого тока составляла 10 мА, при заданной частоте 4,88 Гц. В свою очередь, к измерителю был подключен ПК с GSM-модемом, который при использовании специализированной программы для отслеживания цикла мониторинга отправлял данные в облачное хранилище.



Рис. 3 Аппаратно-программный комплекс АМС-ЗОНД

По результатам наблюдений были построены графики  $\rho_k$ , карты и горизонтальные сечения наблюдаемого поля, отображающие пространственно-временные изменения электрических свойств среды на изучаемых эффективных глубинах.

Анализ полученных материалов выявил ряд особенностей в виде нарушения кривых кажущегося сопротивления в процессе съемки. Причиной нарушения послужила степень промерзания грунта исследуемого участка, так как электроды находились в открытом состоянии и процесс съемки проходил в зимних условиях, что вызвало индукционный эффект. Мониторинг в данном случае показывает степень промерзания заземления электродов.

Устранение влияния этих факторов требует проведения следующих исследований: а) оценку необходимой величины переходного сопротивления на результат измерений электрического поля; б) оценку степени влияния частоты генерируемого тока; в) увеличения глубины погружения электродов измерительной установки до уровня, превышающего область промерзания пород.

Таким образом, стоит отметить ключевые особенности проведенной работы:

- Рассмотрены потенциальные возможности разрабатываемой новой модификации аппаратно-программного комплекса для стационарных мониторинговых наблюдений.
- Было изготовлено оборудование, проведены экспериментальные наблюдения.
- По результатам интерпретации был выявлен ряд нарушений кривых зондирования, устранение которых позволит беспрепятственно получать информацию об исследуемой геологической среде с помощью стационарного геофизического мониторинга.

### Литература

1. Жуков А.А., Колесников В.П., Ласкина Т.А. Мониторинговый контроль физического состояния среды методами электрометрии на потенциально-опасных участках образования деформаций земной поверхности. Горный информационно-аналитический бюллетень. – Санкт-Петербург: «Горная книга», 2015, №4, с. 163-171.
2. Колесников В.П., Татаркин А.В. Экспресс-методы электрометрии при выявлении и контроле состояния зон нарушения водозащитной толщи в условиях соляного месторождения. Международный симпозиум «Неделя горняка-2007». Горный информационный бюллетень №5. – М.: Изд-во МГГУ, 2008. с. 164-172.
3. Колесников В.П., Ласкина Т.А. Электроразведка в условиях урбанизированных территорий // Геофизика. 2014. №5. с. 33-40.
4. Колесников В.П., Ласкина Т.А., Артемьев Д.А. Многоэлектродные электрические зондирования с использованием инверсионной установки // Инженерные изыскания, 2016, №2 с.52-57.
5. Колесников В.П., Карпов С.Б., Ласкина Т.А., Мокроносов С.В., Зубриков А.А. О развитии электроразведочных исследований на основе аппаратно-программного комплекса АМС-ЗОНД // Международная конференция (EAGE). Инженерная геофизика. 2017 – Кисловодск, 24-28 апреля 2017 г.

УДК 550.837.9

## ЯВЛЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ

**Обернебесов Дмитрий Сергеевич**

Пермский Государственный Научный Исследовательский Университет, магистрант 1 курса,  
г. Пермь, obernebesov@gmail.com

**Петросян Рубен Нверович**

Пермский Государственный Научный Исследовательский Университет, магистрант 1 курса,  
г. Пермь, psugeofizika2018@gmail.com

**Научный руководитель:** старший преподаватель, Плешков Лев Дмитриевич

**Аннотация:** Зависимость поляризации от частоты действующего поля для горных пород, находящихся в различных условиях.

**Ключевые слова:** Поляризация, частота, известняк, дисперсия, сопротивление.

## THE PHENOMENON OF POLARIZATION AT DIFFERENT FREQUENCIES

**Dmitrii Obernebesov,**

Perm State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
obernebesov@gmail.com

**Ruben Petrosyan**

Perm State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
psugeofizika2018@gmail.com

**Research Supervisor:** Senior Lecturer, Lev Pleshkov

**Abstract:** The dependence of polarization on the frequency of the acting field for rocks in different conditions.

**Keywords:** Polarization, frequency, limestone, dispersion, resistivity.

Последние 50 лет высокочастотные методы электроразведки находят широкое применение в различных областях. Их используют для решения инженерных задач, например, при строительстве автодорог и железных дорог. Рудная электроразведка применяется при поиске полезных ископаемых.

Также методы электроразведки помогают определять уровень грунтовых вод. Метод георадара помогает решать археологические задачи. Развитие этого направления электроразведки определяет задачи, решение которых позволит с большой эффективностью применять на практике данные методы. Среди них немалую роль играет зависимость поляризации и дисперсии электромагнитной волны от её частоты [3].

Тепловая поляризация представляет собой явление смещения хаотично расположенных частиц в диполи. В таких поляризованных веществах возникает ток, величина которого обратна величине приложенного поля, что приводит к снижению суммарной напряженности. Поляризация возникает в том случае, когда на вещество действует постоянный или низкочастотный ток. При воздействии электромагнитной волны высокой частоты частицы не успевают полностью поворачиваться вслед за полем, из-за чего не возникает поляризации, а для данной среды можно наблюдать дисперсию диэлектрической проницаемости и диэлектрические потери [1,2,4].

Экспериментальные работы проводились при помощи прибора для исследования электрических свойств горных пород “ПетроОм” и измерителя LCR E7-23M, который используется для измерения параметров компонентов, таких как индуктивность, ёмкостное сопротивление, коэффициент сопротивления, комплексный импеданс, фазовый угол и добротность. Для повышения достоверности итогового результата стояла задача определить сопротивления трех образцов известняков в сухом и увлажненном виде на различных частотах. Для каждого образца замерялось значение сопротивления в сухом (табл. 1) и увлажненном (табл. 2) состоянии при частотах 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц и 10 кГц, с разностью потенциалов 1 В.

Таблица 1.

Средние значения сопротивлений для заданных частот для сухих образцов

Разность потенциалов, В	1				N образца
Частота, Гц	100	120	1000	10000	
Сопротивление, Ом	6,98176	6,4187	0,571607	0,032774	1
	7,3564	6,54792	0,617035	0,034723	2
	3,35505	3,03143	0,806373	0,056069	3

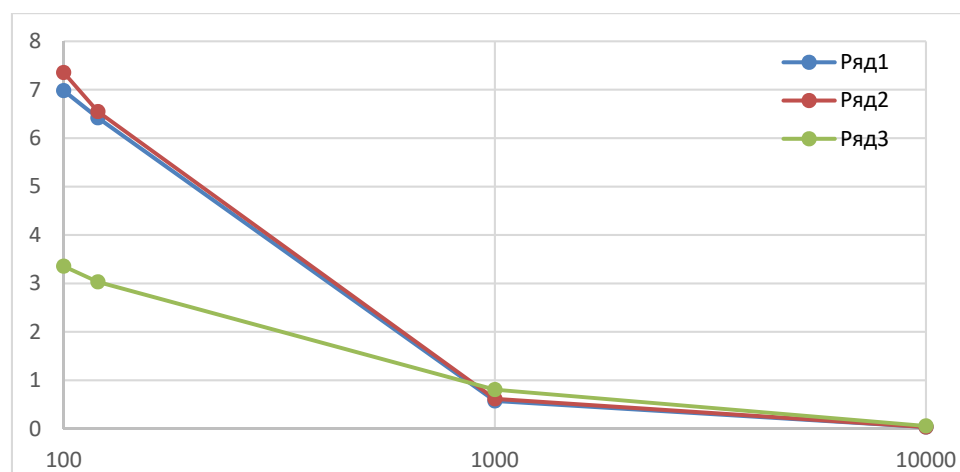


Рис. 1 Сопротивление сухих образцов.

Таблица 2.

Средние значения сопротивлений для заданных частот для влажных образцов

Разность потенциалов, В	1				N образца
Частота, Гц	100	120	1000	10000	
Сопротивление, Ом	5,44528	5,33462	0,004739	0,004585	1
	3,4324	3,3975	0,003061	0,003001	2
	5,24254	4,96304	0,004643	0,004539	3

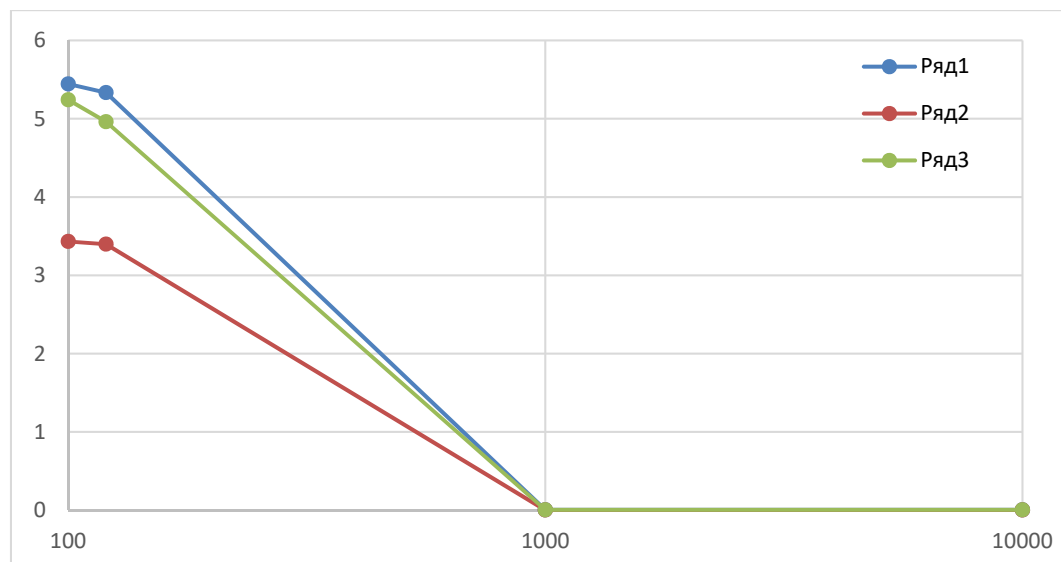


Рис. 2 Сопротивление влажных образцов

Проанализировав графики, изображенные на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод, что с повышением частоты электромагнитной волны, падает сопротивление образца горной породы. Помимо этого, для увлажненных пород значение частоты, при котором происходит поляризация ниже, чем для сухих и не превышает значение 1000 Гц. Граничные значения поляризации можно использовать для полевых и научных работ в электроразведке высокочастотных методов, в методах вызванной и естественной поляризации.

#### Литература

1. Колесников В. П. *Электрометрия. Основы теории переменных электромагнитных полей*. Пермь: издательство ПГНИУ, 2013. – 185 с.
2. Рез. И.С., Поплавко Ю. М. *Диэлектрики. Основные свойства и применение в электронике*. М.: “Радио и связь”, 1989. – 288 с.
3. Старовойтов А.В., Владов М. Л. *Введение в георадиолокацию*. М.: Издательство МГУ, 2004. – 153 с.
4. Финкельштейн М. И., Кутев В. А., Золотарев В. П. *Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии*. М.: “Недра”, 1986. – 128 с.

УДК 551.521.9

## ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ СРЕДЫ ЗАКОЛОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РАСЧЕТЕ ТОЛЩИНЫ КОЛОННЫ МЕТОДОМ СГДТ

**Гинзбург Евгений Александрович**

Пермский государственный исследовательский университет,

магистрант 1 курса 2020, г. Пермь

e-mail: ginzburg2014@mail.ru

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент, Белов Сергей Владимирович

**Аннотация:** В статье представлены результаты вычисления толщины колонны с учетом влияния плотности цемента и без. Показана выявленная зависимость расчетной толщины колонны от плотности цемента.

**Ключевые слова:** Геофизические методы исследования скважин, контроль технического состояния, гамма-гамма методы, толщина колонны, СГДТ.

## INFLUENCE DENSITY OF THE ENVIRONMENT AT CALCULATING COLUMN THICKNESS SGDT METHOD

**Eugene Ginzburg,**

*Perm State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm, ginzburg2014@mail.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Technical Sciences, Reader, Sergei Belov*

**Abstract:** The article presents the results of calculating the thickness of the column, taking into account the density of cement and without. The revealed dependence of the calculated column thickness on the cement density.

**Keywords:** Geophysical well survey methods, technical condition monitoring, gamma-gamma methods, column thickness, SGDT.

Измерение толщины колонны необходимо для верной интерпретации результатов радиометрических исследований обсаженных скважин. А также эти измерения играют существенную роль при контроле соответствия скважины техническому проекту, определении интервалов, подверженных коррозии, обнаружении механических дефектов, выявлении степени изношенности буровых труб и т.д. Гамма-гамма метод является одним из наиболее простых, эффективных и экономических средств решения вышеописанных задач [2].

Таковым является и метод СГДТ. Он представляет собой модификацию метода рассеянного гамма-излучения, который предназначен для определения плотности среды за обсадной колонной посредством зонда, содержащего источник гамма-излучения и детектор рассеянного гамма-излучения. Источник прибора испускает гамма-излучение, гамма-кванты которого, попадая в вещество рассеиваются на его атомах. В результате рассеивания часть гамма-квантов попадает в приемник прибора. Число, попавших в приемник гамма-квантов зависит от плотности вещества – чем больше плотность вещества, тем меньше гамма-квантов попадет в приемник [1].

В качестве входной информации были использованы данные гамма-гамма каротажа, полученные при оценке технического состояния скважины Кокуйского газонефтяного месторождения, расположенного в Пермском крае. Обработка произведена в программе: «Соната» ФХС – ПНГ (г. Пермь).

Измерительной аппаратурой является прибор СГДТ-100, имеющий один толщиномер, 4 плотномера, измерения проводились постоянным типом опроса. Исследуемый участок скважины находится в интервале глубин 220 – 300 м. На рис. 1 и 2 показаны результаты вычисления толщины колонны с учетом плотности среды заколонного пространства и без.

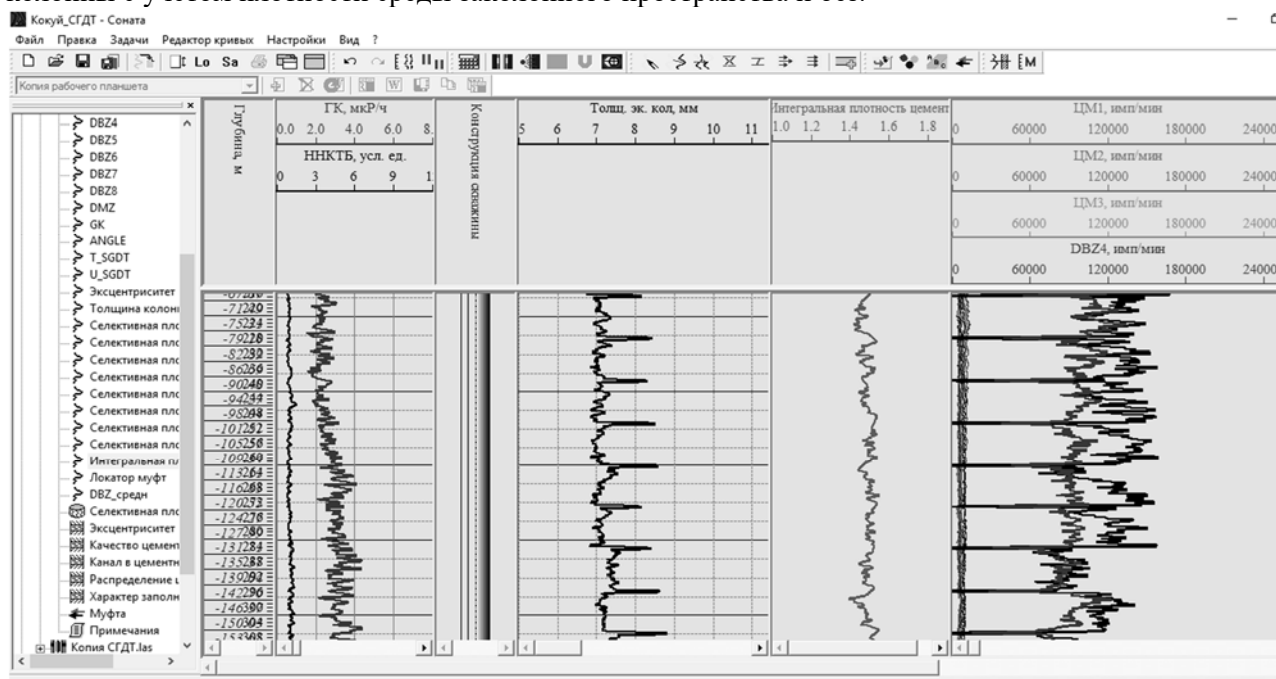


Рис. 1. Расчет толщины колонны с учетом поправки за плотность цемента

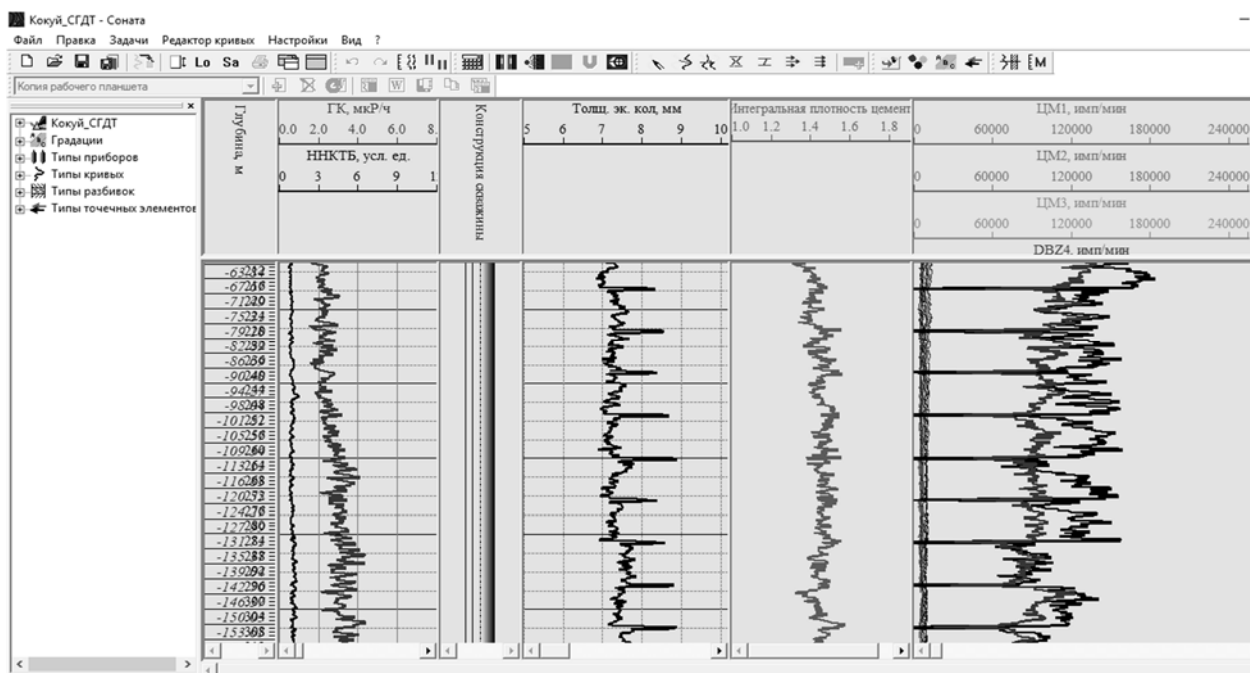


Рис. 2. Расчет толщины колонны без учета поправки за плотность цемента

Из рис. 1 видно то, что толщина колонны в исследуемом интервале представляет собой практически неменяющуюся кривую, т.к. в этом случае введена поправка за влияние плотности цемента (за исключением мест соединения муфтами). А на рис. 2 видно, что значения расчетной кривой толщины колонны уменьшаются по мере увеличения плотности цемента.

Далее в исследуемом участке глубин (220-300 м) было снято 800 значений расчетной толщины колонны и плотности цемента с шагом 0,1м. В результате чего была получена зависимость расчетной толщины колонны от плотности цементного камня (рис. 3).

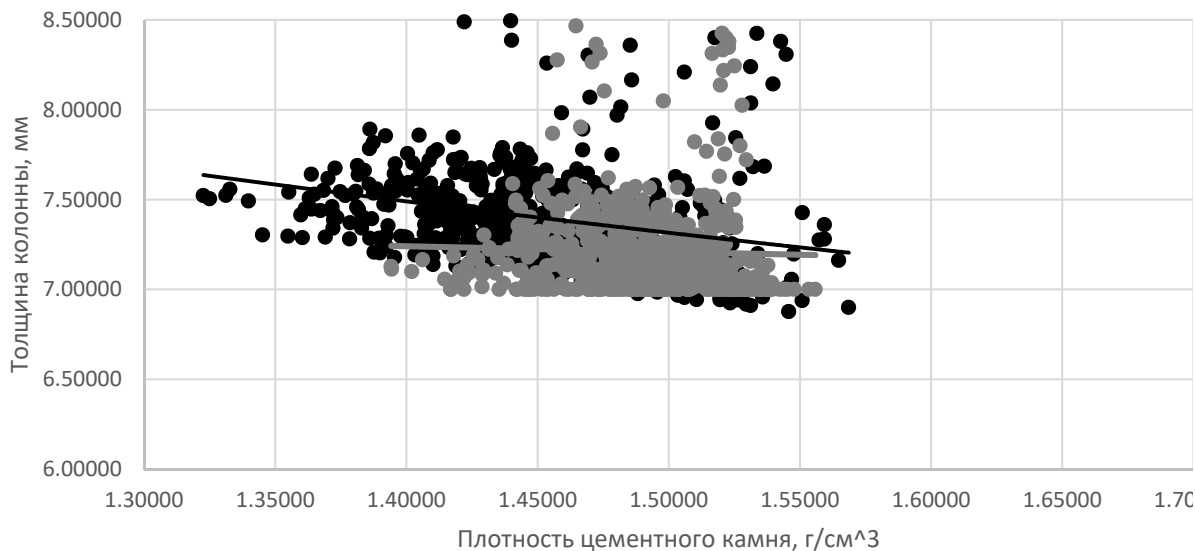


Рис. 3. Зависимость толщины колонны от плотности за колонного пространства

На рис. 3 черными точками показаны значения снятые без учета поправки за плотность цемента; серыми – значения, снятые с учетом поправки за плотность; черная линия – тенденция изменения значений толщины колонны, снятых без учета поправки за плотность за колонного пространства; серая линия – с учетом поправки плотности цемента.

Рис. 3 наглядно показывает, что значения, рассчитанные с учетом и без учета плотности цементного камня, значительно разнятся, особенно при малых значениях плотности последнего. Также из этого рисунка видно, что если не вводить поправку, то появляется зависимость расчетной

толщины колонны от плотности цементного камня, чего не должно быть, а ввод поправки позволят избавиться от этой зависимости.

На основе этого можно сделать вывод, что ввод поправки за плотность заколонного пространства необходим для достоверного расчета толщины колонны, а значит и для верной оценки технического состояния скважины.

#### ***Литература***

1. Бурдин Д.Л., Белов С.В., Сальникова О.Л., Чухлов А.С., Шумилов А.В. Диагностика нефтяных скважин геофизическими методами: контроль технического состояния. г. Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2013. 142 с.

2. Гулин Ю.А. Гамма-гамма-метод исследования нефтяных скважин. г. Москва, «Недра», 1975. 160 с.

УДК 550.3

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ В ОБРАЗЦАХ КЕРНА**

***Арапов Виктор Владимирович***

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент*

*2 курса магистратуры, г. Пермь*

*e-mail: arapovviktor90@gmail.com*

***Научный руководитель:*** старший преподаватель Плешков Лев Дмитриевич

**Аннотация:** данная статья посвящена изучению явления частотной дисперсии упругих волн в образцах керна изготовленных из одного материала, но имеющих разную длину.

**Ключевые слова:** частотная дисперсия, преобразование Фурье, фазовые скорости упругих волн, керн

## **BODY WAVES DISPERSION MEASUREMENTS ON CORE SAMPLES**

***Arapov Viktor Vladimirovich***

*Perm State National Research University, student*

*2st year master student, Perm*

*Email: arapovviktor90@gmail.com*

***Research Supervisor:*** Senior Lecturer Pleshkov Lev Dmitrievich

**Abstract:** this article is devoted to the study of the phenomenon of frequency dispersion of elastic waves in core samples made of the same material, but having different lengths.

**Keywords:** frequency dispersion, Fourier transform, core, phase velocities of elastic waves.

В нефтяной отрасли, для оптимизации добычи нефти при разработке месторождений необходимо учитывать ряд важных параметров. Большое количество данных можно получить при бурении новых скважин и проведении геофизических исследований, а также при отборе керна. Исследование керна позволяет выяснить фильтрационно-ёмкостные и петрофизические свойства горных пород. При проведении исследований очень важно использовать правильную методику.

Скорость распространения упругих волн – один из самых важных параметров, зависящий от большого количества факторов, таких как: минеральный состав, плотность, пористость, зернистость и других литологических параметров. Цель данной публикации – это определение погрешности измерения скорости на образцах керна разной длины. [1]



Существует зависимость скорости распространения упругих волн и уменьшения их амплитуд от частоты колебаний или частотная дисперсия. Дисперсия волн — зависимость фазовой скорости гармонической волны от частоты и, как следствие, изменение формы произвольных (негармонической) волновых возмущений в процессе их распространения. Традиционное ее описание основано на представлении волнового поля в линейных однородных системах в виде совокупности гармонических нормальных волн. Основными понятиями, связанными с дисперсией волн, являются фазовая и групповая скорости. Они различаются между собой по величине, а в анизотропных средах и по направлению, совпадая лишь при отсутствии дисперсии волн. [2]

Фазовая скорость выражается через частоту  $f$  и длину волны  $l$  или через круговую частоту  $\omega$  и волновое число  $K = 2\pi/l$  формулой  $V\phi = f \cdot l = \omega$ . Фазовую скорость для нескольких образцов  $V\phi_i$  на частоте  $f_i$  вычисляют по формуле:

$$V\phi_i = \frac{\Delta l}{t_{n2} - t_{n1} + \frac{f_{2i} - f_{1i}}{2\pi f_i}} \quad (1)$$

Где,  $t_{n1}$ ,  $t_{n2}$  – времена первых вступлений по второму и первому образцам.

$f_{1i}$ ,  $f_{2i}$  – значения непрерывного фазового спектра на втором и первом образцах на частоте  $f_i$

Исследования проводились на цилиндрических образцах керна с помощью непрерывного излучения упругих импульсов при расположении излучателя и приемника колебаний на противоположных торцах. Измерение амплитуды выходного сигнала и времени прохождения импульсов осуществлялось с помощью кернодержателя с пьезоэлементами «Узор-2000», двухканального цифрового запоминающего осциллографа АСК-3106 и ПО OscilloscopePro.

Обработка полученных данных проводилась с помощью алгоритма, созданного на языке программирования Python. Данный язык позволяет использовать различные математические функции, посредством подключения модулей. Для обработки данных использовались такие модули, как NumPy (добавляющий поддержку больших многомерных массивов и высокоуровневых математических функций для операций с этими массивами) и Matplotlib (позволяющий визуализировать данные).

Обработка входного сигнала осуществлялась в несколько этапов. Первым этапом была фильтрация исходного сигнала оконной функцией «flattop», чтобы отделить полезный сигнал от последующих отражений (Рис.1). В результате получается сигнал, характеризующий только первые отражения. (Рис.2).

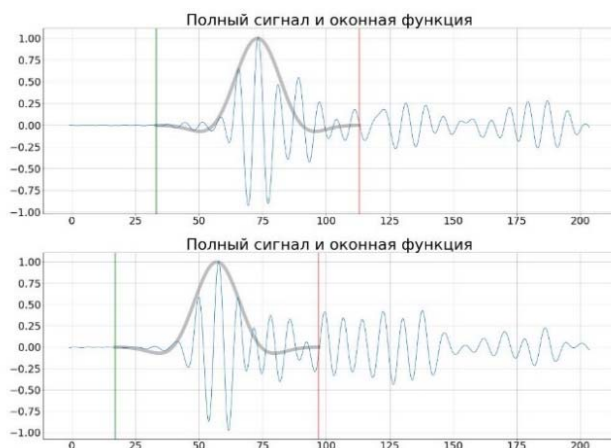


Рис.1 Полный сигнал и оконная функция.

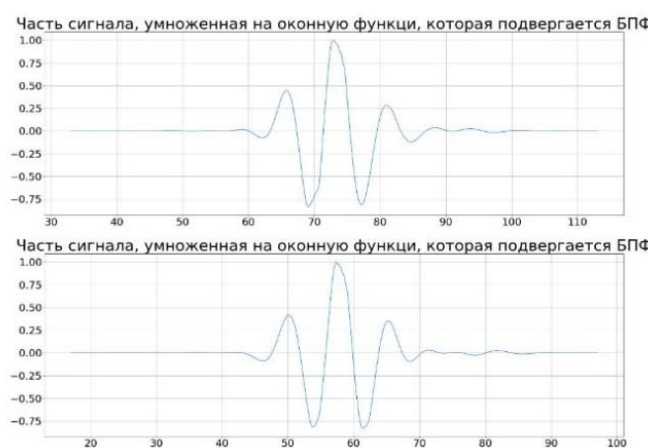


Рис.2 Сигнал после оконной фильтрации.

Быстрым преобразованием Фурье были получены амплитудно-частотные спектры (рис.3) и фазово-частотные спектры (Рис.4) сигналов

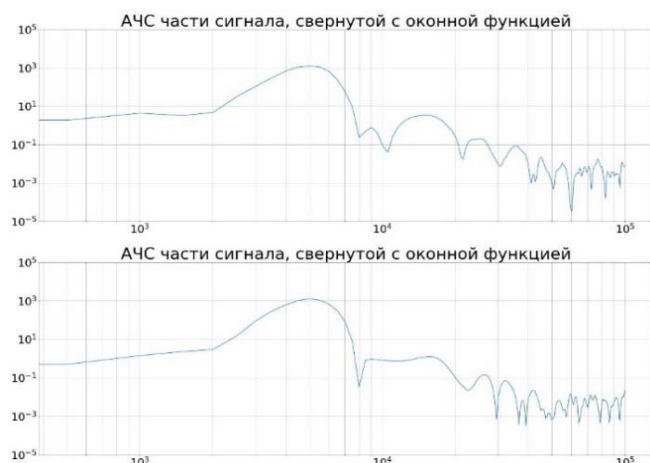


Рис. 3 Амплитудно-частотные спектры

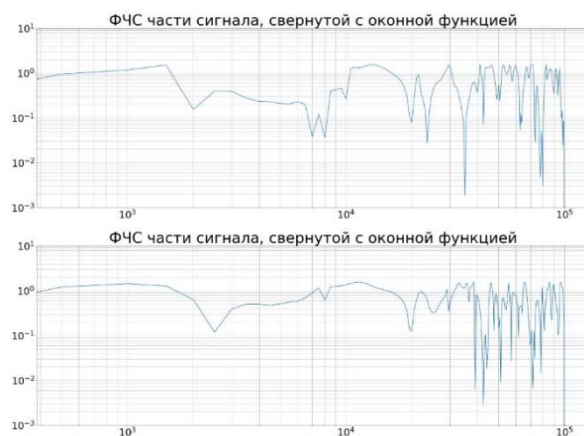


Рис. 4 Фазово-частотные спектры

Получив АЧС и ФЧС, используя формулу (1) мы можем рассчитать фазовую скорость для 2х образцов разной длины. (рис.5)

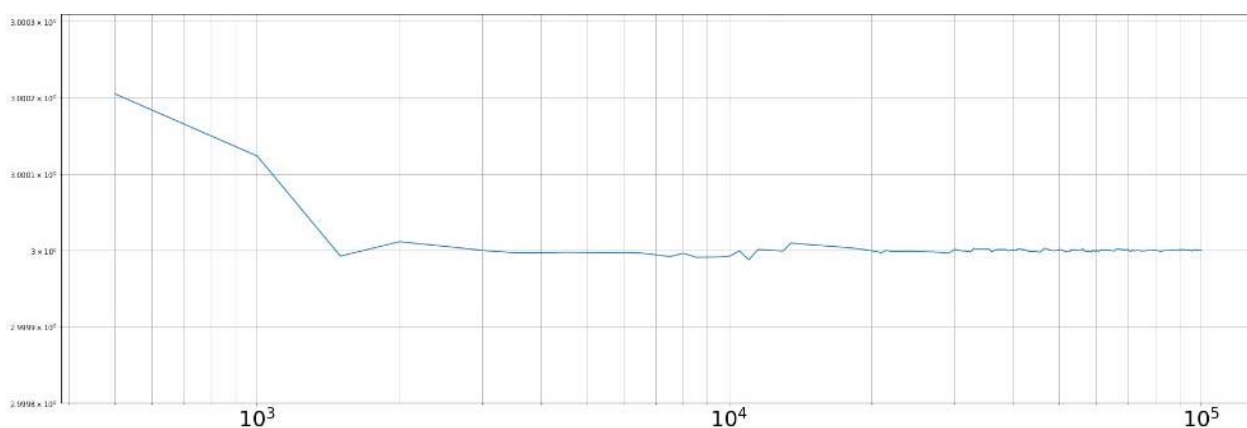


Рис.5 Спектр фазовых скоростей образцов 1 и 2

В результате обработки данных был получен спектр фазовых скоростей двух образцов разной длины. На рисунке отчетливо прослеживается линейная зависимость фазовой скорости от частоты. Ее неизменность говорит об отсутствии дисперсии упругих волн в образцах и, как следствие, крупной погрешности измерения скоростей.

### Литература

1. Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П. Теория волн / Наука. М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков. – М.: Наука, 1979. – 386
2. Добрынин В. М., Вендельштейн Б. Ю., Кожевников Д. А. Петрофизика (Физика горных пород: учебник для вузов) / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников. – М.: Недра, 2004. – 367

УДК: 550.822.1

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

*Арапов Константин Сергеевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
e-mail: kostyan669@yandex.ru*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Шумилов Александр Владимирович*

**Аннотация:** За последние 10 лет возросла доля горизонтальных скважин, относительно общего числа пробуренных скважин. За следующие 5 лет частота методов MWD (Measurement While Drilling) и LWD (Logging While Drilling) может увеличиться. В связи с этим необходимо остановиться на выборе оптимального комплекса каротажа в процессе бурения нефтяных и газовых скважин в зависимости от поставленных задач, исследовании российского рынка применения MWD и LWD технологий, подробном изучении основных видов каротажа в процессе бурения MWD и LWD, выявлении достоинств и недостатков основных видов каротажа в процессе бурения, а также выдать рекомендации по применению различных видов каротажа.

**Ключевые слова:** телеметрия, каротаж в процессе бурения, MWD, LWD, бурение скважин.

## SELECTION OF THE OPTIMAL LOGGING COMPLEX DURING OIL AND GAS WELL DRILLING

*Arapov Konstantin Sergeevich,*

*Federal state budgetary educational institution of higher education "Perm state national research University», 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
e-mail: kostyan669@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Technical sciences, Reader, Shumilov Alexander Vladimirovich*

**Abstract:** Over the past 10 years, the share of horizontal wells has increased relative to the total number of wells drilled. Over the next 5 years, the frequency of MWD (Measurement While Drilling) and LWD (Logging While Drilling) methods may increase. In this connection it is necessary to dwell on the choice of the optimal complex of logging in the process of drilling oil and gas wells, depending on the tasks, the study of the Russian market for the use of MWD and LWD technologies, a detailed study of the main types of logging in the process of drilling MWD and LWD, identifying the advantages and disadvantages of the main types of logging in the process of drilling, as well as to issue recommendations for the use of various types of logging.

**Keywords:** telemetry, logging during drilling, MWD, LWD, well drilling.

**Цель:** Выбор оптимального комплекса каротажа в процессе бурения нефтяных и газовых скважин в зависимости от поставленных задач

### **Задачи:**

- Подробное изучение основных видов каротажа в процессе бурения MWD (Measurement While Drilling) и LWD (Logging While Drilling),
- Выявление достоинств и недостатков основных видов каротажа в процессе бурения,
- Исследование российского рынка применения MWD и LWD технологий,
- Выдача рекомендаций по применению различных видов каротажа.

**Актуальность** данной темы состоит в том, что за последние 10 лет возросла доля горизонтальных скважин, относительно общего числа пробуренных скважин. За следующие 5 лет частота этих методов может увеличиться. Это связано с тем, что постоянно растёт доля горизонтальных скважин и может достигнуть свыше 50% от общего числа скважин, а также развиваются новые технологии и технические возможности [3].

Технология измерений в процессе бурения (Measurement While Drilling) необходима для определения траектории и пространственного положения скважины. Такие измерения, проводящиеся в процессе бурения, необходимы для определения истинной вертикальной глубины скважины, местоположения забоя и ориентирования в пространстве систем направленного бурения.

Такая технология используется при бурении наклонно-направленных (ННС), горизонтальных скважин (ГС), а также при зарезке бокового ствола скважины (ЗБС). При строительстве ГС и ЗБС технология MWD используется в обязательном порядке, т.к. при строительстве таких участков скважины необходима максимальная точность. Наиболее популярный канал связи – гидравлический, ввиду своей простоты и надежности. Также растёт доля электромагнитных каналов связи, но эта доля значительно мала в сравнении с гидравлическим каналом связи.

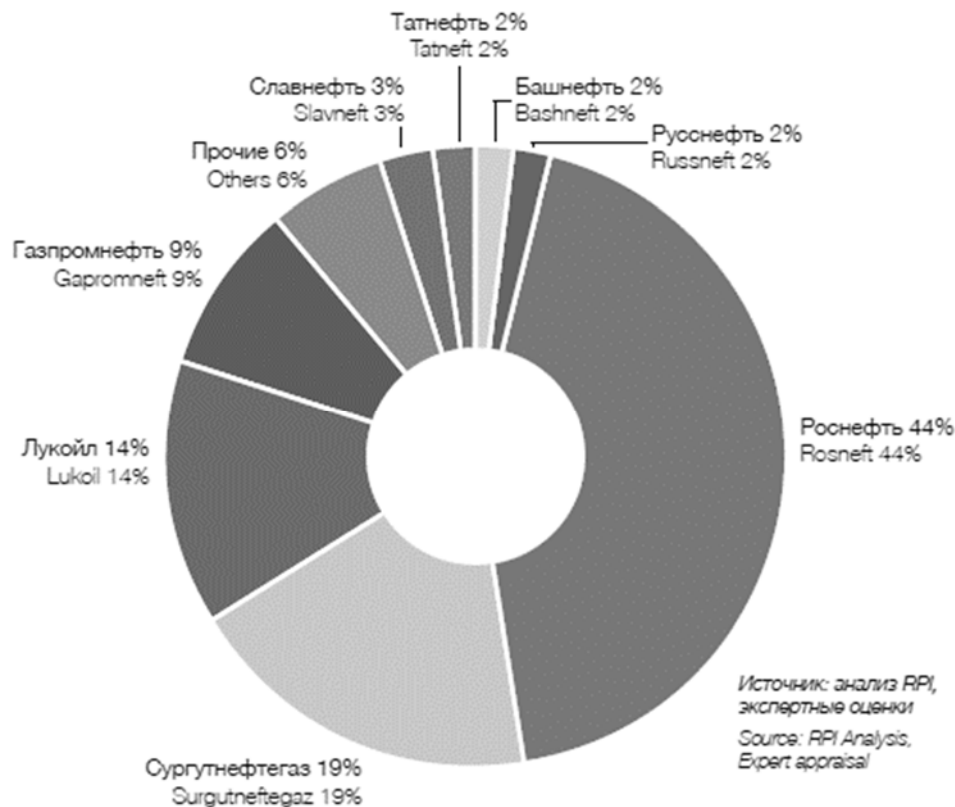


Рис. 1. Доли рынка заказчиков MWD России в 2015 году, % от общего количества операций

Среди нефтяных компаний, которые применяют MWD, по числу операций в 2015 году, проведенных в России лидирующую позицию занимает Роснефть (44%). Также в тройку лидеров попали Сургутнефтегаз и Лукойл (19% и 14% соответственно). Остальная доля пришлась на Газпромнефть, Славнефть, Татнефть, Башнефть, Русснефть и другие. Доля Газпромнефти на рынке несмотря на большие объемы бурения не так велика, что связано с использованием горизонтальных скважин, при которых объем телеметрии в операциях невысок, но само сопровождение дорогостоящее (рис. 1).

Технология MWD позволяет вовремя вносить корректировки в траекторию скважины и планировать её заранее. Также данная технология позволяет зайти в пласт под нужным углом, что позволяет повысить дебит скважины. Однако существует существенный недостаток – необходимость постоянного замера пространственного местоположения долота, что в процессе бурения отнимает значительное количество времени, тем самым увеличиваются сроки строительства скважины на 10-20% при каждом замере, который проводится через каждые 10-20 метров проходки ствола скважины.

Технология каротажа в процессе бурения (Logging While Drilling) — это геофизические исследования в процессе бурения скважины, которые позволяют осуществлять контроль за следующими параметрами:

- естественное гамма-излучение разбуриваемых горных пород;
- кажущееся сопротивление горных пород КС;
- сопротивление поляризации ПС;
- электромагнитный каротаж;
- гамма-гамма каротаж;

- нейтронно-нейронный каротаж;
- акустический каротаж;
- кавернометрия;
- виброметрия [1,2].

При бурении с данной технологией отсутствует необходимость в проведении промежуточных измерений ГИС, что позволяет сэкономить время и стоимость бурения на проведении дополнительных СПО и ГИС. Однако и здесь существуют недостатки – это сложность оборудования, что требует дополнительной квалификации от работника, и потеря качества связи и точности с глубиной. Также существует большой риск выхода из строя компоновки из-за мелких и чувствительных к внешним воздействиям деталей телесистемы.

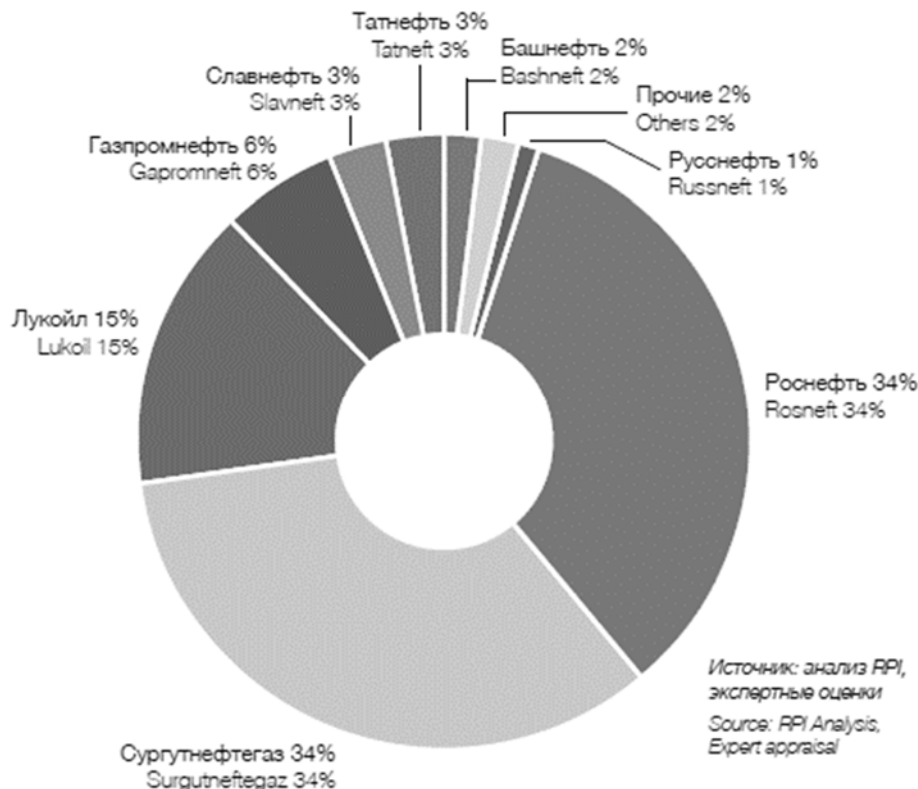


Рис. 2. Доли рынка заказчиков LWD России в 2015 году, % от общего количества операций

Среди нефтяных компаний, которые применяют LWD, по числу операций в 2015 ситуация почти одинаковая с компаниями, который применяют MWD и в тройке лидеров также Роснефть и Сургутнефтегаз – 34%, а также Лукойл – 15%. В список также попали следующие компании: Газпромнефть, Славнефть, Татнефть, Башнефть, Руснефть и другие. Доля Роснефти в LWD мала относительно в MWD и связано это с тем, что компания осуществляет свою деятельность в Восточной Сибири, где применение LWD затруднено, в связи со сложным геологическим разрезом. Сургутнефтегаз – в отличие от Роснефти проводит данные измерения значительно чаще, для того, чтобы экономить средства на последующих ГИС (рис. 2).

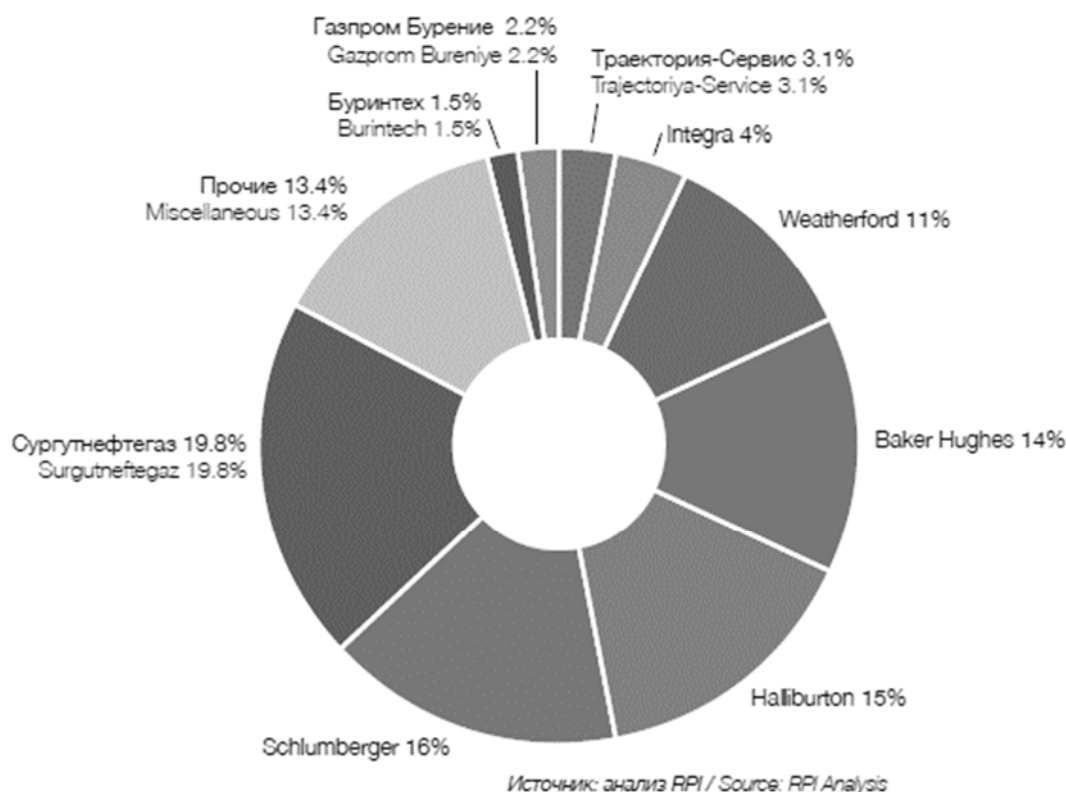


Рис. 3. Доли рынка подрядчиков MWD LWD России в 2015 году, % от общего количества операций

Среди подрядных организаций, которые проводят LWD – более половины от всех исследований в России приходится на международных гигантов в сервисном обслуживании скважин: Schlumberger (16%), Halliburton (15%), Baker Hughes (14%) и Weatherford (11%). Также почти 20% приходится на внутренние подразделения компании Сургутнефтегаз (рис. 3).

Использование каротажа в процессе бурения LWD при помощи присоединения дополнительных модулей к низу MWD компоновки, позволяют:

- контролировать положение скважины в трёхмерном пространстве относительно геологических тел в процессе бурения с целью повышения дебита строящейся скважины;
- своевременно и обоснованно принимать решения по изменению траектории скважины в зависимости от изменяющихся геологических условий скважины прямо в процессе бурения;
- проводить каротаж в горизонтальных и наклонно-направленных скважинах;
- отказаться от проведения дополнительных промежуточных каротажей на кабеле или на буровом инструменте с целью оценки геологических условий по стволу скважины;
- оперативно получать данные для количественной оценки параметра пласта и коллекторных свойств [4].

Таким образом, для сокращения сроков строительства скважины, экономии денежных ресурсов заказчика, снижения рисков аварий и осложнений, а также для повышения дебита скважины необходимы обе технологии в совокупности.

#### Литература

1. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник /А.А. Молчанов, В.В. Лаптев, В.Н. Моисеев, Р.С. Челокьян Н.В. - М.: Недра, 1987. - 263 с.
2. Каротаж в процессе бурения [Электронный ресурс]. <http://gerse.ru/service/LWD/>
3. Медведев, Н.В. Российский рынок сопровождения горизонтального и наклонно-направленного бурения: текущее состояние и перспективы развития до 2025 года [Электронный ресурс]. - <https://rogtecmagazine.com/российский-рынок-сопровождения-гори/?lang=ru>
4. Павлов Евгений, Мазитов Марат, Моор Николай. Каротаж в процессе бурения. 2011 [Электронный ресурс]. - <http://www.ngv.ru/upload/iblock/4ae/4aea2251d201e4f5fc46a37d6f2d64d4.pdf>

УДК 550.832.6

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Ершов Ренат Альбертович*

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, магистрант  
2 курса, г. Пермь*

*e-mail: [Ershr94@mail.ru](mailto:Ershr94@mail.ru)*

*Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор,  
Губина Августа Ивановна*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрен один из новых методов термометрии, а именно – оптоволоконный. Описаны физические эффекты и решаемые задачи. Проанализированы данные, полученные с помощью этого метода.

**Ключевые слова:** оптоволоконная технология, термометрия, геофизические методы исследования скважин, эффект Рамана, термограмма.

## THE USE OF FIBER OPTIC TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF OIL FIELDS

*Ershov Renat*

*Perm State National Research University, undergraduate 2 courses, Perm  
Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Gubina Augusta*

**Abstract:** This article discusses one of the new methods of thermometry, namely, fiber optic. Physical effects and problems to be solved are described. The data obtained using this method are analyzed.

**Keywords:** fiber-optic technology, thermometry, geophysical methods for well research, Raman effect, thermogram

Развитие технологий при разработке месторождений играет большую роль. С течением времени происходит замещение механизированного труда с использованием ручной силы на автоматизированный. Использование такой возможности позволяет не только удешевить разработку, но и проводить более качественный и профессиональный анализ процессов, происходящих в нефтяных скважинах.

Оптоволоконные технологии (ОВТ) уже долгое время используются в различных областях техники. Например, при передаче информации на большие расстояния и с большой скоростью. В том числе она может быть применена и при геофизических исследованиях скважин, как основа для долговременного измерения и мониторинга. ОВТ используется в первую очередь для термометрии в скважинах. [1]

В данной статье представлены результаты применения оптоволоконных систем для термометрии на скважине № 427 Гагаринского месторождения.

Термометрия – один из геофизических методов исследования скважин, заключающийся в изучении распределения температур в стволе скважин для решения геолого-технологических задач. Данный метод основан на температурных зависимостях горных пород от их теплофизических свойств, а также от влияния естественных и искусственных тепловых полей (тепловое поле Земли, химические процессы в литосфере, температура различных флюидов, использование бурового инвентаря).

Благодаря использованию термометрии можно решить большой круг промысловых задач:

- Поиск и обнаружение притоков флюидов;
- Обнаружение межпластовых перетоков;
- Выявление негерметичности обсадной колонны;
- Контроль насосного оборудования.

В стволе скважины возникает множество эффектов, на которых работает термометрия:



- Теплопроводность – перенос тепла от менее нагретых объектов к более нагретым. Такой процесс ведет к установлению температурного равновесия в среде;
- Адиабатический эффект является термодинамическим процессом, при котором макроскопическая система не обменивается теплотой с окружающей средой;
- Дроссельный (Джоуля-Томпсона) эффект представляет собой изменение температуры флюида при движении по эксплуатируемому пласту, который обладает гидродинамическим сопротивлением;
- Калориметрический эффект появляется в местах нарушения целостности обсадной колонны, когда смешиваются температуры различных жидкостей;
- Эффект разгазирования жидкости, при котором, при изменении давления ниже давления насыщения, происходит охлаждение жидкости из-за поглощения тепла;
- Конвективный теплоперенос – эффект, обусловленный переносом тепла жидкостью по стволу скважины и за ее пределами [2].

Все вышеперечисленные эффекты позволяют качественно определять распределение температур в стволе скважины.

Важной особенностью данной технологии является то, в роли датчика для измерения температуры выступает сам кабель. В этом случае оптические волокна являются локально распределенными датчиками.

Основой для термометрии с помощью оптоволокну является эффект рамановского (комбинационного) рассеивания, которое возникает в кабеле при неупругом рассеивании фотонов исходящего светового импульса на атомах вибрирующих молекул. В результате, появляются фотоны с большей и меньшей энергией. Фотоны с меньшей энергией и большой длиной волны называются стоксы. В рамках измерения температуры наиболее важны это фотоны с высокой энергией (антистоксы), т.к. именно они наиболее чувствительны к изменениям температуры. Мерой температуры является отношение активности антистоксов к активности стоксов[2].

На скважине №427 Гагаринского месторождения проводились работы, в ходе которых велись постоянные замеры температуры по стволу скважины при помощи оптоволоконной системы.

В ходе анализа результатов термометрии было выделено несколько температурных аномалий. Так на рис. 1. изображены термограммы, полученные до и после включения насоса на глубине 1900 метров. Постепенно происходит увеличение температуры из-за нагрева самого насоса.

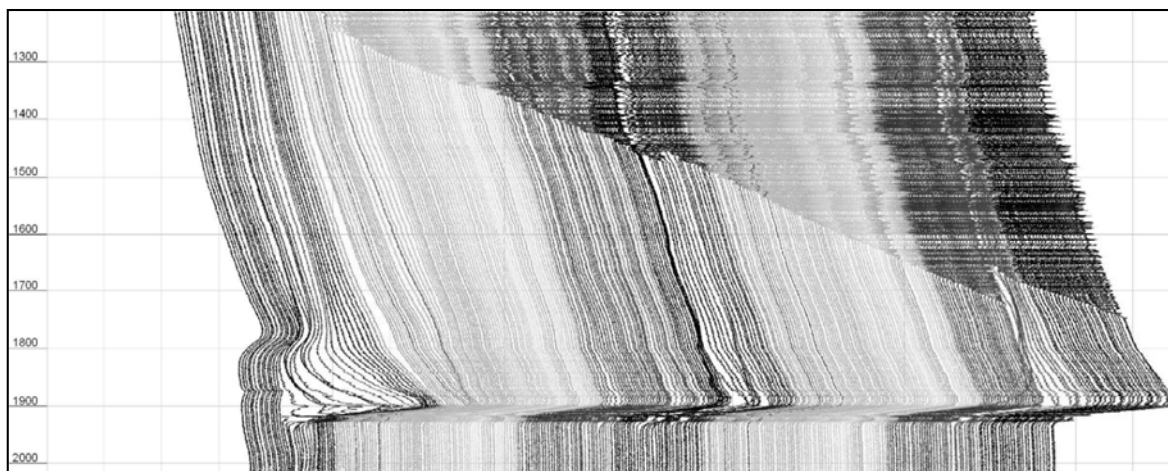


Рис. 1. Термограммы, полученные до (блок практически прямых кривых) и после включения насоса.

При работе насоса наблюдается возникновение аномалии, связанной с гравитационным распределением флюидов и формированием ВНР. При этом видно, что уровень воды в стволе скважины постепенно убывает (рис. 2).

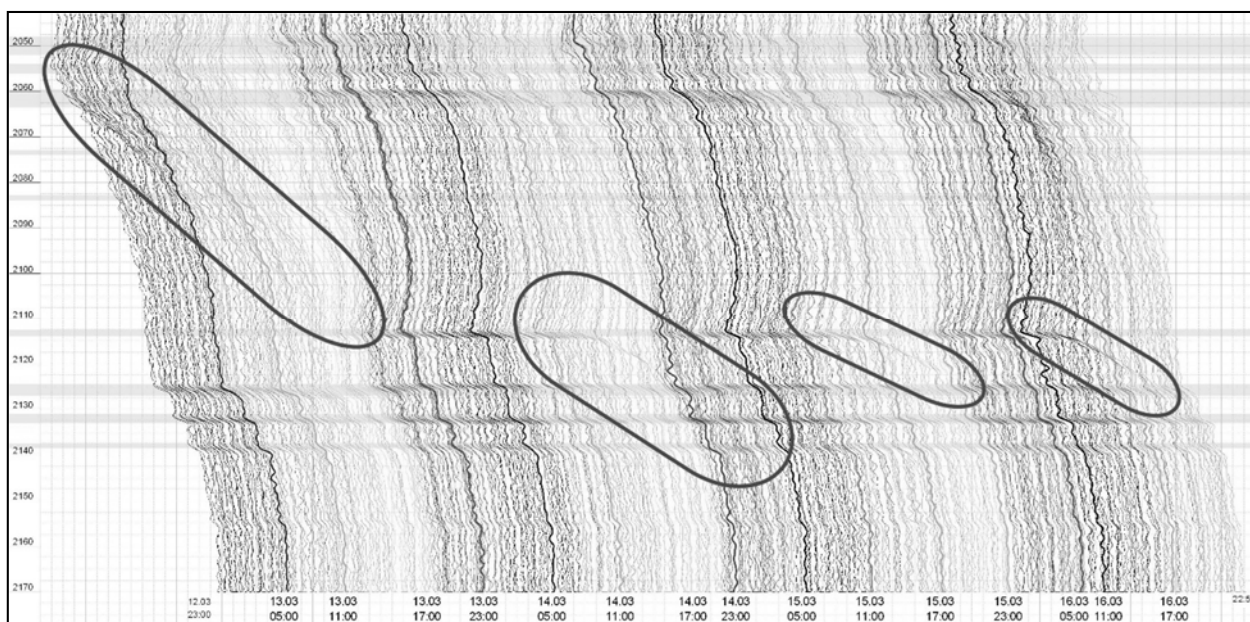


Рис. 2. Образование гравитационной аномалии

На рис. 3 можно выделить на интервале пласта 2110-2120 термограммы, на которых отчетливо видно опускание воды к забою скважины.

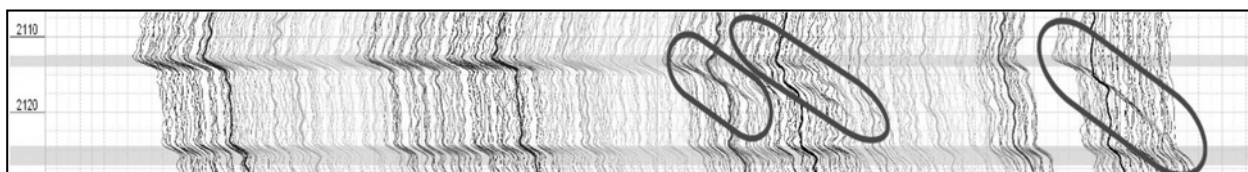


Рис. 3. Опускание воды к забою скважины

Температурные аномалии, вызванные гравитационным распределением жидкости и опускания охлажденной воды на забой скважины при стравливании затрубного давления или циклической работе насоса, позволяют определить интервалы поступления воды.

Основываясь на данных, представленных выше, термометрия с использованием оптоволоконных систем позволяет решать широкий спектр задач. Данная технология имеет очевидные преимущества перед традиционными способами измерения температуры в стволе скважины. Например, нет необходимости присутствовать геофизической полевой партии при измерениях, т.к. система может работать в автоматическом режиме и передавать данные посредством спутниковой связи. Интерпретацию данных термометрии возможно автоматизировать, что позволяет уменьшить время и ресурсы для решения конкретной задачи.

### Литература

1. Аксельрод С.М. Оптико-волоконная технология при геофизических исследованиях в скважинах // Каротажник. 2006. №1 (142). с. 184-204.
2. Губина, А.И. Геофизические методы исследования скважин: учеб. пособие / А.И. Губина, П.Н. Гуляев; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: Книжный формат, 2016. – 281 с.

УДК 550.8.08

## ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОГО ВСКРЫТИЯ ПЛАСТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

*Зотин Никита Алексеевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 1 курса (2019-2021), г. Пермь*

*e-mail: [nikitazotinpsu@gmail.com](mailto:nikitazotinpsu@gmail.com)*

*Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Шумилов А.В.*

**Аннотация:** Вторичное вскрытие пласта и мониторинг гидродинамических характеристик с использованием оборудования на геофизическом кабеле, которое спускается под глубинный насос, позволяет исключить необходимость глушения скважины и уменьшить время её освоения

**Ключевые слова:** перфорация, вторичное вскрытие, долговременный мониторинг

## TECHNOLOGY OF SECONDARY DRILLING OF RESERVOIRS WITH OBTAINING HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS

*Zotin Nikita*

*Perm State University, 1th year Master's Degree Student, Perm*

*e-mail: [nikitazotinpsu@gmail.com](mailto:nikitazotinpsu@gmail.com)*

*Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Reader, Shumilov A.V.*

**Abstract:** Secondary drilling of the reservoir and monitoring of hydrodynamic characteristics using equipment on a geophysical cable, which is lowered under the deep pump, eliminates the need to kill the well and reduce its development time

**Keywords:** secondary drilling, long-term monitoring, hydrodynamic research

На сегодняшний день в промысловой геофизике существует проблема ускорения строения скважины и увеличения её ликвидности. Этому способствует, как создание новых технологических комплексов, так и в том числе создание приборов способных осуществлять мониторинг гидродинамических характеристик скважины без остановки её работы. Управление такими приборами осуществляется с помощью многоканального кабеля, часть жил в котором электрическая, а другая часть оптоволоконная, позволяющая передавать получаемую информацию на поверхность.

### Технология вторичного вскрытия продуктивных пластов

Одним из основных условий эффективности геологоразведочных работ и технологии разработки нефтяной или газовой залежи является качественное вскрытие продуктивного пласта. Вторичное вскрытие продуктивных пластов, т.е. образование каналов сообщения нефтегазонасыщенного пласта со стволом скважины, осуществляется специальными стреляющими аппаратами, носящими название перфораторов, а сам процесс вскрытия пласта называется перфорацией. В настоящее время существует 4 типа перфораторов: кумулятивный, торпедный, пулевой и гидropескоструйный. Кумулятивная перфорация – в основу этого способа положен принцип осевой кумуляции. Отверстия в колонне создаются не пулями, а фокусированными струями газов, которые возникают при взрыве кумулятивных зарядов. Пулевая перфорация – перфоратор состоит из корпуса длиной 1м и диаметром 100 мм. Спускается на каротажном кабеле в скважину, устанавливается напротив продуктивного пласта и простреливает перфорационные каналы при помощи бронебойных пуль. Торпедная перфорация отличается от пулевой использованием вместо пуль-болванок, пули-торпеды. Проникая на определённую глубину и взрываясь, пуля-торпеда создаёт каверны и разветвлённую сеть трещин. Гидropескоструйная перфорация – проводится при помощи насосных агрегатов через специальный пескоструйный перфоратор. В процессе перфорации жидкость с песком, под давлением выходит из сопел с большой скоростью и песок разрушает колонну, цементное кольцо и породу.

### Технология вторичного вскрытия продуктивных пластов под погружным насосом

Технология заключается в спуске под глубинный насос геофизического оборудования с перфоратором, на геофизическом кабеле, включающем в себя токопроводящие жилы и оптоволоконный кабель с датчиками температуры. Затем снижают уровень жидкости в скважине глубинным насосом, что приводит к понижению давления на забое, т.е. Рзаб становится ниже чем Рпл и производится вторичное вскрытие пласта перфоратором на депрессии [1]. После вскрытия пласта, подвижным геофизическим прибором осуществляется контроль геофизических и гидродинамических характеристик пласта. Схема расположения, описанного выше оборудования, представлена на рис.1.

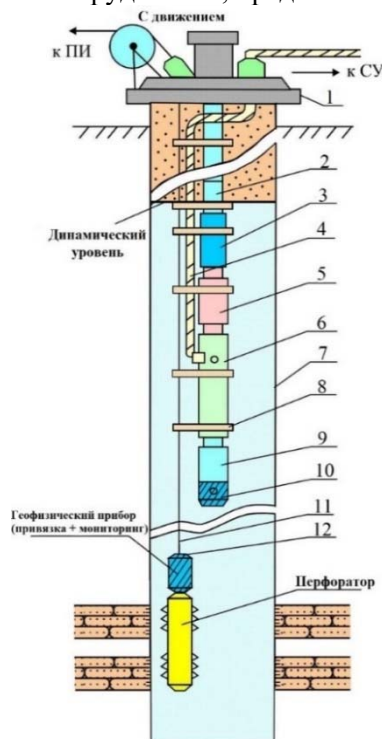


Рис.1 Схема расположения оборудования для вторичного вскрытия пластов под установкой ЭЦН

СУ- станция управления УЭЦН; ПИ- пульт инициирования перфоратора; 1- планшайба с кабельными выводами; 2- колонна НКТ; 3- насос; 4- кабель-токопровод; 5- гидрозащита; 6- погружной электродвигатель; 7- эксплуатационная колонна; 8- центратор; 9- компенсатор; 10- погружной блок телеметрии (телеметрическая система (ТМС)); 11- геофизический кабель; 12- кабельный наконечник

### Основные преимущества перфорации под глубинным насосом

После перфорации в процессе освоения скважины проводятся гидродинамические исследования, или кабельной, или автономной аппаратурой и с помощью специальных уравнений рассчитываются важнейшие параметры пласта: пластовое давление, гидропроводность, коэффициент средней эффективной проницаемости, коэффициент закупорки прискважинной зоны, фактический и потенциальный дебиты пласта. Как правило это занимает 1-2 недели и требует обязательного последующего глушения скважины [3].

Перфорация под глубинный насос имеет ряд преимуществ, а именно:

- уменьшается время освоения скважины за счет отсутствия необходимости глушения скважины перед подъемом перфоратора и спуском насосного глубинного оборудования;
- перфорация осуществляется на расчётной депрессии;
- отсутствие негативного влияния на дебит скважин.

### Техническое задание и требования к геофизической аппаратуре

Существующие на данный момент дистанционные геофизические приборы повреждаются при срабатывании перфораторов, спущенных вместе с ними. До недавнего времени чтобы измерить давление или температуру при вторичном вскрытии пласта применялись в основном автономные глубинные приборы, например, МИГ-36 или модификации АЦМ. Для литологической привязки, контроля интервалов перфорации и режимов эксплуатации скважины после вторичного вскрытия пластов используется прибор «ПРИЦЕЛ». Но из-за отсутствия в этих приборах каналов определения со-

става флюида и расходомерии, эти приборы не могут использоваться для продолжительного мониторинга работы продуктивных пластов [2].

Приведённые выше ограничения создали необходимость разработки специализированных глубинных приборов, определили требования к техническому заданию:

- габаритные размеры, диаметры не более 60 мм;
- максимальное уменьшение общей длины (приборы должны работать в связке с перфорационными системами не увеличивая их и так значительные габариты);
- выдерживать значительные ударные, в том числе и вибро) нагрузки, возникающие при иницировании перфоратора;
- иметь в своем составе датчики ДД, ЛМ, ГК, СТИ, датчики состава, расходомера с техническими характеристиками существующих классических геофизических приборов;
- должны быть рассчитаны на долгосрочную работу без потери герметизации и регулярного обслуживания;
- позволяющие производить калибровки в стандартных системах

И такое оборудование было разработано и изготовлено. Яркими представителями являются приборы «Феникс ППМ-60/1000» и «СОВА-С9-60Т-100». Созданные приборы «Феникс ППМ-60/1000» и «СОВА-С9-60Т-100» способны выдерживать ударную волну, возникающую при иницировании перфоратора, а их технические характеристики не уступают стандартному парку геофизической аппаратуры [2].

### От теории к практике

В 2 разведочных скважинах специалистами ПАО «Пермнефтегеофизика» были проведены исследования по технологии представленной в начале работы. Скважины осваивались не погружным глубинным насосом, а оборудованием для свабирования (рис.2), вместо электроприводного центробежного насоса. Далее рассмотрим подробнее характеристики скважины №1 XXX площади, объект № 6.

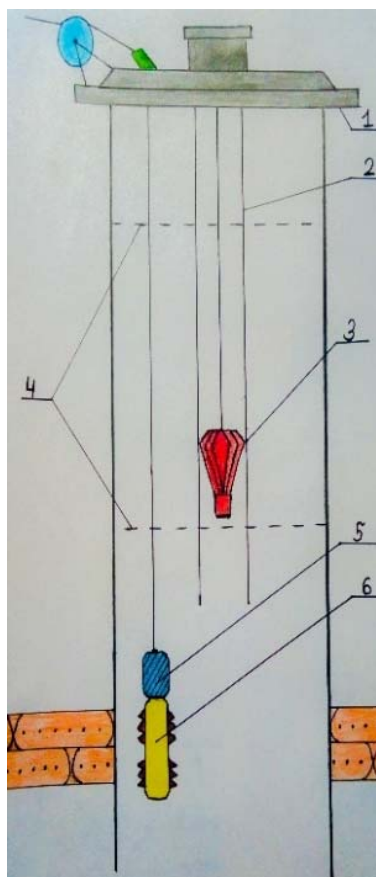


Рис. 2 Схема расположения оборудования для вторичного вскрытия под установкой для свабирования  
1- планшайба с кабельными выводами; 2- колонна НКТ; 3- оборудование для свабирования; 4- динамический уровень; 5- геофизический прибор; 6- перфоратор

Данная скважина имеет диаметр равный 168х7,3 мм, текущий забой равен 1605 м., в качестве раствора в скважину закачана тех. вода ( $1,08 \text{ г/см}^3$ ), в процессе бурения был вскрыт продуктивный пласт Тл<sub>26</sub>.

В связи с перфорационной системой использовался прибор Феникс ППМ-60/1000, измерения В НКТ производились аппаратурой Сова- С5.

При условиях фонтанирования скважины необходимо отработать на 3х режимах, снять профиль притока в интервале 1500- забой, КВД, отобрать глубинные пробы, произвести запись КУВ.

При условиях, когда скважина не фонтанирует необходимо снизить уровень жидкости в скважине до максимально возможного (не ниже 1000 м). Снять профиль притока, определить ВНР, записать КУВ, КП, отобрать глубинные пробы (при Рзаб выше Рнас на 10%).

### Результаты исследований

В скважине № 1 ХХХ площади на этапе строительства проводились работы с применением испытателей пластов на трубах (ИПТ).

Ниже представлена таблица в которой сравнивается первичное вскрытие пласта и измерение его гидродинамических характеристик испытателем пластов и вторичное вскрытие по технологии представленной в начале статьи.

Таблица

№1 ХХХ площадь, объект № 6

Полученные данные	по ИПТ	при перфорации под глубинным насосом	
Интервал исследований	1552.1-1583.5	1569,5-1581,5	
Горизонт, пласт	Тл <sub>26</sub>	Тл <sub>26</sub>	
Пластовый флюид	нефть	нефть	
Дебит, т/сут	83,5	61,3	
Коэффициент продуктивности, м <sup>3</sup> /сут*МПа	17,2	18	
Плотность в пластовых условиях, т/м <sup>3</sup>	0,882	0,851	
Пластовое давление, МПа	11,06	10,325 на ВДП (1569,5 м)	
Пластовая температура, °С	—	22,42 на глубине 1500	

Как правило параметры пластов при вторичном вскрытии ниже параметров, вскрытых бурением. В данном случае, параметры, полученные при испытании пластов аппаратом на бурильных трубах, практически не отличаются от данных при вторичном вскрытии под глубинным насосом. А такие параметры как коэффициент продуктивности даже выше чем при ИПТ.

Таким образом, технология вторичного вскрытия пластов под глубинным насосом позволяет создать оптимальную депрессию для качественной очистки прискважинной зоны пласта и перфорационных каналов. Так же использование этой технологии сократит сроки освоения скважины и увеличит её дебит.

### Литература

1. Костицин В.И., Савич А.Д., Шумилов А.В., Чухлов А.С., Халилов Д.Г. Комплексование геофизических технологий вторичного вскрытия и долговременного мониторинга работы пластов // Нефтяное хозяйство. -2019. – Вып. 1151.- 108-113 с.

2. Пат. на изобретение № 2571790. Способ вторичного вскрытия пластов на депрессии со спуском перфоратора под глубинный насос и устройство для его осуществления (варианты) / А.Д. Савич, И.Я. Черных, А.А. Шадронов, А.В. Шумилов; заявитель и патентообладатель ООО «Предприятие ФХС-ПНГ». - № 2014115799/003; заявл. 18.04.14; опубл. 20.12.15.

3. Шакиров А.Ф. Каротаж, испытание, перфорация и торпедирование скважин. М., 1972, 92-116 с.

УДК 534.8

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СКВАЖИН И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ДОБЫЧИ НЕФТИ

**Курасов Олег Александрович**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, магистрант  
1 курса, г. Томск*

*e-mail: olegakurasov@gmail.com*

**Научный руководитель:** д.ф.-м.н., профессор, Харламов Сергей Николаевич

**Аннотация:** Ультразвуковые (УЗ) технологии, являясь одними из наиболее перспективных альтернативных методов воздействия на пластовую жидкость, способствуют изменению реологических свойств нефтей как в скважине, так и на поверхности. УЗ, обеспечивающий стимуляцию процессов тепломассопереноса, помогает улучшить качество конечного нефтяного продукта. Построение физико-математической модели, отражающей результативность и долговременный эффект теплового механизма при акустическом воздействии на пористую среду, позволит оценить влияние УЗ воздействия на интенсификацию нефтедобычи.

**Ключевые слова:** ультразвук, акустическое воздействие, кавитация, температурное поле, упругая среда, среда Био.

## ULTRASONIC TREATMENT OF WELLS AND ITS INFLUENCE ON INTENSIFICATION OF OIL RECOVERY

**Oleg Kurasov**

*National Research Tomsk Polytechnic University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Tomsk,  
olegakurasov@gmail.com*

**Research Supervisor:** Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Sergey Kharlamov

**Abstract:** Ultrasonic technologies, being one of the most promising alternative methods of influencing reservoir fluid, contribute change in rheological oil properties both in the well and on the surface. Ultrasound provides stimulation of heat and mass transfer processes and helps to improve the quality of final petroleum product. Physical and mathematical model building that reflects effectiveness and long-term effect of the thermal mechanism during acoustic exposure on a porous medium will allow evaluating the effect of ultrasonic treatment on oil production intensification.

**Keywords:** ultrasound, acoustic treatment, cavitation, temperature field, elastic medium, Bio medium.

Акустические методы стимулирования добычи нефти основаны на физических процессах, которые происходят или создаются в призабойной зоне скважины (ПЗС) под воздействием ультразвуковой (УЗ) интенсификации, основным из которых является нелинейное взаимодействие волны с жидкостью и породой проницаемого коллатора. УЗ, обеспечивающий стимуляцию процессов тепломассопереноса, помогает повысить производительность различных технических систем, снизить их энергоемкость и улучшить качество конечного нефтяного продукта.

УЗ технологии, являясь одними из наиболее перспективных альтернативных методов воздействия на жидкость, наименее электрозатратными, экологически чистыми и безопасными средствами, способствуют изменению реологических свойств нефтей как в скважине, так и на поверхности: в процессах нефтеизвлечения и транспорта нефти, очистки нефтяного оборудования от различного вида загрязнений и отложений, удаления парафиновых УВ из керосиново-газойлевых и масляных фракций и повышению качества конечного нефтепродукта, путем его обессеривания и обезвоживания [1,6].



Успех применения акустической стимуляции призабойной зоны пласта из скважины зависит от величины пористости и проницаемости, динамической вязкости жидкости, величин пластовых давлений и температур, а также динамику дебита добывающих нефтяных скважин [1,5].

Цель исследования заключается в анализе современных методов акустического воздействия (АВ) на процессы транспорта и добычи нефти, а также построении физико-математической модели, отражающей результативность и долговременный эффект теплового механизма при АВ на пористую среду и его влияния на технологические процессы.

Снижение интенсификации добычи нефтепродукта, а также рост доли добываемой высоковязкой нефти и ее дальнейший магистральный транспорт, обуславливают необходимость в создании и внедрении передовых технологий по АВ на ПЗС при решении проблем нефтегазового комплекса.

УЗ, воздействуя на тяжелую нефть, вызывает кавитационный эффект - образование «пузырьков-зародышей» и их последующее схлопывание в жидкой среде. Результатом такого процесса является разложение парафинов, что впоследствии приводит к изменению физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем [4].

Одним из эффектов, экспериментально наблюдаемых в акустическом поле, является изменение динамической вязкости нефти, обусловленное разрушением циклических структур ввиду интенсивных колебаний. Другим - акустические потоки в жидкости, заключающиеся в передаче импульса волны поглощающей среде, который приводит флюид в движение [3].

Интенсивность УЗ, время обработки и частота возмущений - основные факторы, влияющие на темпы снижения динамической вязкости нефти, а температура испытания, режим работы излучателя волн и время расчётов являются вторичными факторами.

Предполагается, что в рамках рассматриваемой модели пластовый флюид, заполняющий пористую среду коллектора, состоит из фракций легких и тяжелых углеводородов (УВ). Концентрации фракций находятся в равновесном термодинамическом балансе, характеризующиеся равновесной концентрацией примеси  $C^*$ , которая, под действием акустической стимуляции или фильтрации, изменяется и приводит к стремлению текущей концентрации примеси  $C$  к ее равновесному значению (при условии изменения поля давления из-за возникновения разности пластового давления и давления у забоя скважины, т.е. депрессии на пласт во время разработки скважины) [2].

Акустическая стимуляция пласта из скважины приводит к росту равновесной концентрации примеси и ее преобладанию над текущей, в результате чего улучшается скорость фильтрации нефти в окрестности скважины и удаляются мешавшие фильтрации коагулированные частицы. Причина этого – разогревающий окружающую среду и сам флюид тепловой источник, распределенный в окрестности скважины, вследствие поглощения УЗ волн.

В рамках рассматриваемой модели поведения скорости притока флюида к скважине при акустическом воздействии АВ необходимо учитывать поведение флюида без акустической обработки и при условии волнового воздействия.

Линеаризованное по давлению уравнение для фильтрации пластовой жидкости рассчитывается по формуле (1):

$$m \cdot \frac{\partial P}{\partial t} - \operatorname{div} \frac{k \cdot \rho_0 \cdot c^2}{\eta} \cdot \operatorname{grad} P = 0, \quad (1)$$

где  $\eta$  - коэффициент динамической вязкости флюида (Па·с),  $P$  - давление (МПа),  $\rho_0$  - плотность флюида (кг/м<sup>3</sup>),  $c$  - скорость звука (м/с),  $m$  - пористость среды.

Уравнение для переноса концентрации тяжелых УВ примесей в пластовой жидкости находится по формуле (2):

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla C = \frac{1}{\tau_c} \cdot (C - C_*(P, T)) + D \Delta C, \quad (2)$$

где  $D$  - коэффициент диффузии (м<sup>2</sup>/с),  $C$  - текущая концентрация примеси УВ (1/м<sup>3</sup>),  $C_*$  - равновесная концентрация примеси (1/м<sup>3</sup>),  $\vec{V}$  - скорость фильтрации (переноса) флюида (м/с),  $\tau_c$  - время осаждения или растворения примеси (с).

Уравнение скорости изменения радиуса пор рассчитывается исходя из соотношения (3):

$$\frac{dR}{dt} = -\frac{1}{2}R \cdot \left(\frac{\rho_f^0}{\rho_s}\right) \cdot \left(\frac{C - C_*}{\tau_c}\right). \quad (3)$$

где  $R$  - радиус скважины (м),  $\rho_s$  - плотность твёрдой УВ фазы (кг/м<sup>3</sup>),  $\rho_f^0$  - начальная плотность жидкости (кг/м<sup>3</sup>).

Динамика изменения процесса «осаждения-растворения» примеси тяжелой фракции УВ при заданных температуре и давлении осуществляется по причине распространения температурного поля и его дальнейшей релаксации. Помимо этого, из-за малой скорости изменения пористости во времени, происходит изменение распределения поля давления в потоке пластового флюида при волновой стимуляции ПЗП из скважины. Апробация результатов осуществлялась с помощью погружного скважинного источника УЗ колебаний мощностью 1 кВт, расположенного ниже узла забора жидкости [2].

На рисунке 1 отражено изменение распределения с некоторой плотностью в окрестности первого десятка сантиметров от скважины источников тепла, в условиях волнового воздействия источником УЗ колебаний в течении 10 часов, рассмотренное для упругой среды с поглощением и проницаемой среды Био, повышение температуры которого на небольшом удалении от скважины составило около 10°C.

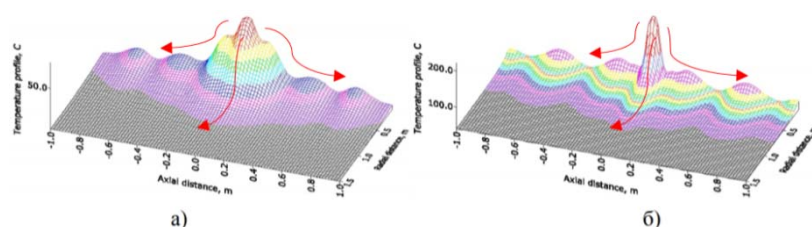


Рис. 1. Распределение температурного поля на расстоянии 0,5 м от скважины после 10 часовой обработки а) упругая среда б) проницаемая среда Био [2]

При рассмотрении модели проницаемой среды Био величина теплового прогрева призабойной зоны, превышающего сотен градусов, намного больше величины распределения температурного поля для упругой среды. С одной стороны, это должно обеспечить гораздо более интенсивное распространение тепловых источников и прогрев внешней среды, но опытно промышленные эксперименты не подтверждают этого. Одна из причин кроется в том, что в рамках этой модели при расчете диссипируемой акустической энергии нужно учитывать только открытую пористость, другая вызвана частичной перфорацией зоны между пластом и скважиной.

Рассматриваемая модель учитывает механизм медленной кольтации в призабойном пространстве; следовательно, это также позволяет изучать альтернативные механизмы волновой стимуляции скважин [2].

Закключение. Ни один из ныне существующих физических способов повышения продуктивности ПЗП не был полностью изучен, несмотря на очевидную потребность в полевой геофизике, направленной на получение новых данных о составе и свойствах нефтяных ДС различной природы до и после акустической обработки ПЗС, по причине недостаточного понимания физических процессов, происходящих в пластах-коллекторах. На основании проведённого обзора можно сделать вывод, что с точки зрения эффективности, доступности и экономичности технологии АВ, позволяющие без значительных энергетических затрат перестраивать структуру вещества, являются наиболее перспективными в процессах интенсификации добычи. В связи с этим сравнительное исследование нефтяных дисперсных систем до и после УЗО представляет научный и практический интерес.

### Литература

1. Ануфриев Р. В., Волкова Г. И. Влияние ультразвука на структурно-механические свойства нефтей и процесс осадкообразования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2016. - Т. 327. - №. 10.
2. Максимов Г. А., Радченко А. В. Моделирование интенсификации нефтедобычи при акустическом воздействии на пласт из скважины // Акустический журнал. - 2005. - Т. 51. - №. 5. - С. 118-131.

3. Максимов Г. А., Радченко А. В. Роль нагрева при акустическом воздействии на пласт // Геофизика. - 2001. - №. 6. - С. 38-46.
4. Муллакаев М. С. и др. Изучение воздействия кавитации на реологические свойства тяжелой нефти // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. - 2011. - №. 5. - С. 24-27.
5. Муллакаев М. С. и др. Ультразвуковая технология повышения продуктивности низкодебитных скважин // Нефтепромысловое дело. - 2012. - №. 4. - С. 25-32.
6. Муллакаев М. С. Ультразвуковая интенсификация технологических процессов добычи и переработки нефти, очистки нефтезагрязненных вод и грунтов // Дис. докт. техн. наук. Московский государственный университет инженерной экологии. М. - 2011.

УДК 550.3811+550.343

## МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА КГО «КАРЫМШИНА», ПОЛУОСТРОВ КАМЧАТКА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

*Будилова Екатерина Андреевна*

*Камчатский филиал Федерального исследовательского центра "Единая геофизическая служба РАН", молодой ученый,  
г. Петропавловск-Камчатский,  
budilova@emsd.ru*

**Аннотация:** Целью данной работы является обобщение опыта магнитометрических наблюдений на КГО «Карымшина» в 1999-2019 гг. с оценкой их значимости для прогнозирования сильных землетрясений и создание пополняемого цифрового архива геомагнитных данных. Адекватная оценка состояния и качества геомагнитных данных за многолетний период наблюдений необходима для ретроспективного анализа геомагнитных параметров во время сильных сейсмических событий, а также для решения других фундаментальных и прикладных задач в области геофизического мониторинга.

**Ключевые слова:** магнитометр-вариометр, геофизический мониторинг, прогноз землетрясений.

## MAGNETOMETRIC OBSERVATIONS AT "KARYMSHINA" CGO, KAMCHATKA PENINSULA: HISTORY AND CURRENT STATE

*Ekaterina Budilova*

*Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of RAS, Young researcher,  
Petropavlovsk-Kamchatsky,  
budilova@emsd.ru*

**Abstract:** The purpose of this work is to summarize the experience of magnetometric observations at Karymshina CGO in 1999-2019 with an assessment of their significance for predicting strong earthquakes and to create an updated digital archive of geomagnetic data. An adequate assessment of the current state and quality of the geomagnetic data over a long-term observation period is necessary for a retrospective analysis of geomagnetic parameters during strong seismic events, as well as for solving other fundamental and applied problems in the field of geophysical monitoring.

**Keywords:** magnetometer-variometer, geophysical monitoring, earthquake prediction.

С 1999 г. КФ ФИЦ ЕГС РАН (совместно с Институтом физики Земли РАН, г. Москва) проводит магнитометрические наблюдения на комплексной геофизической обсерватории (КГО) «Карымшина» с использованием магнитометра-вариометра, созданного в ИЗМИРАН РАН [3]. Комплект оборудования в составе трехкомпонентного магнитометра и системы сбора и передачи данных был установлен в 1999 г. в соответствии с проектом международного научно-технического центра (МНТЦ) №1121 и

техническим заданием по договору с МЧС России на создание на Камчатке Российско-Японской геофизической обсерватории в целях координированного мониторинга электромагнитных и сейсмических предвестников землетрясений.

С 1999 г. по настоящее время проводится регистрация H, D и Z-компонент геомагнитного поля с передачей данных в ИФЗ РАН для окончательной обработки. С использованием полученных данных были выявлены предвестниковые изменения параметров геомагнитного поля на стадиях подготовки сильных ( $M \geq 5.0$ ) землетрясений Камчатки и предложен алгоритм их прогнозирования [4-7], на основе которого с 2016 г. подаются регулярные прогнозы в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС).

В КФ ФИЦ ЕГС РАН в 1999-2012 гг. наблюдения проводились отделом комплексных исследований, а с 2013 г. – сектором геофизических наблюдений лаборатории геофизических исследований. Результаты работ отражены в ежегодных научно-технических отчетах КФ ФИЦ ЕГС РАН и в отчетах сотрудников лаборатории геофизических исследований по работам на пункте геомагнитных наблюдений КГО «Карымшина».

Для размещения обсерватории выбран участок на берегу р. Карымшина, который, на момент создания обсерватории в 1999 г., не был подвержен воздействию техногенных помех. В настоящее время данная территория подвержена воздействию техногенных помех в связи с развитием туристической активности.

Измерения осуществляются с помощью индукционного магнитометра, состоящего из трех идентичных датчиков H, D и Z компонент магнитного поля (рис. 1) и блока коммутации с разъемами для подключения датчиков, кабеля питания и сигнального кабеля, идущего на вход системы сбора данных [3]. В блоке коммутации находится стабилизатор питания датчиков с напряжениями  $\pm 12$  В. Регистрация данных осуществляется с частотой 100 Гц.

Используемый магнитометр имеет простую и надежную конструкцию. Его обслуживание сводится к контролю напряжения внешнего источника питания; проверке герметичности разъемов и целостности кабелей; сохранности крышки бокса с датчиками. За период эксплуатации осуществлялись различные профилактические и ремонтные работы, устранялись аварии. С учетом 20-летней эксплуатации датчиков, в 2019 г. была осуществлена замена в них электролитических конденсаторов.

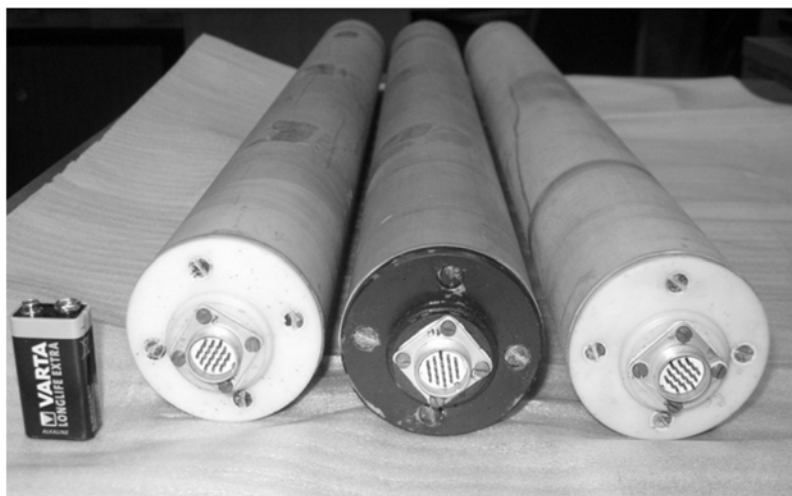


Рис. 1. Датчики индукционного магнитометра, используемого на КГО «Карымшина»

Регулярное пополнение архива осуществлялось с момента внедрения в КФ ФИЦ ЕГС РАН телеметрической передачи геомагнитных данных на приемный центр в г. Петропавловске-Камчатском в октябре 2013 г [1]. До этого времени, с начала регистрации до 2008 г., данные записывались на компакт-диски и отправлялись в ИФЗ РАН. После окончания работ по гранту в 2008 г. отправка дисков в ИФЗ РАН была прекращена.

В лаборатории геофизических исследований КФ ФИЦ ЕГС РАН с 2013 г. создается пополняемый архив суточных данных. Кроме этого, имелись фрагменты данных за 2001 - 2005 гг. В 2019 г. цифровой архив геомагнитных данных был пополнен данными магнитометрических наблюдений за период с июля 2001 по апрель 2008 гг. из личного архива к.ф.-м.н. А.Ю. Щекотова (ИФЗ РАН) в формате .mat с частотой дискретизации 50 Гц. Информация о современном состоянии архива приведена в таблице. Рисунок 2 демонстрирует полноту данных за период наблюдений с 1999 по 2019 гг.

Таблица 1

Объем архива геомагнитных данных на 31.10.2019 г.

Описание	Объем, Гб
Данные в формате mat (2001-2008 г.)	99.52
Данные в формате ascii (27.03.2013-02.10.2013 г.)	15.1
Данные в формате mseed (16.10.2013 - 31.10.2019)	106
Данные в формате ascii (16.10.2013 - 31.10.2019)	94.3
<b>Итого</b>	<b>314.92</b>

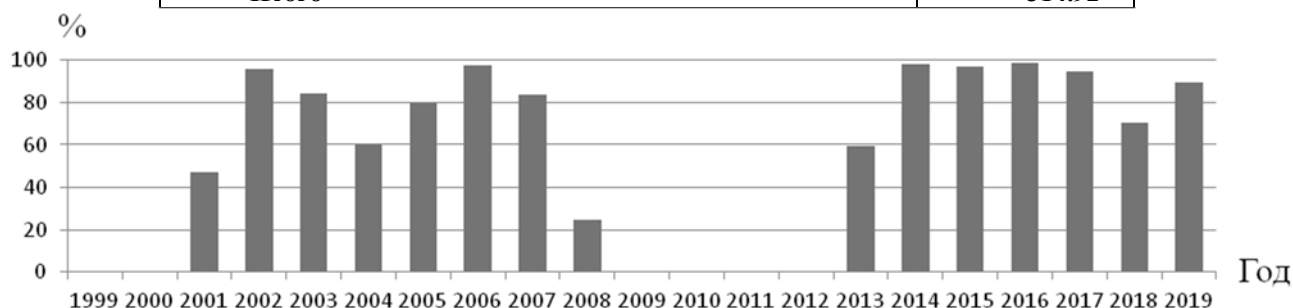


Рис. 2. Полнота данных в архиве за период геомагнитных наблюдений на КГО "Карымшина" в 1999 – 2019 гг.

На протяжении всего времени наблюдений в данных имеются пропуски, вызванные различными причинами. В настоящее время ведутся регулярные наблюдения. При этом ежесуточные данные ежедневно анализируются оператором для оперативного обнаружения пропусков и их восполнения в случае технических сбоев в канале связи, осуществляется контроль качества данных, фиксируется информация о пропусках. При оценке качества данных применяется система сбора данных [1], включающая визуализацию данных и оценку их спектральных характеристик (рис. 3).

В работах [2,4-7] показано, что УНЧ геомагнитные вариации могут применяться для прогнозирования землетрясений. На основе данных геомагнитных наблюдений на КГО «Карымшина», при условии их надлежащего качества, с использованием методики и программных средств, разработанных А.Ю. Щекотовым [4], еженедельно составляются прогнозные заключения, которые используются для информационного обеспечения деятельности КФ РЭС.

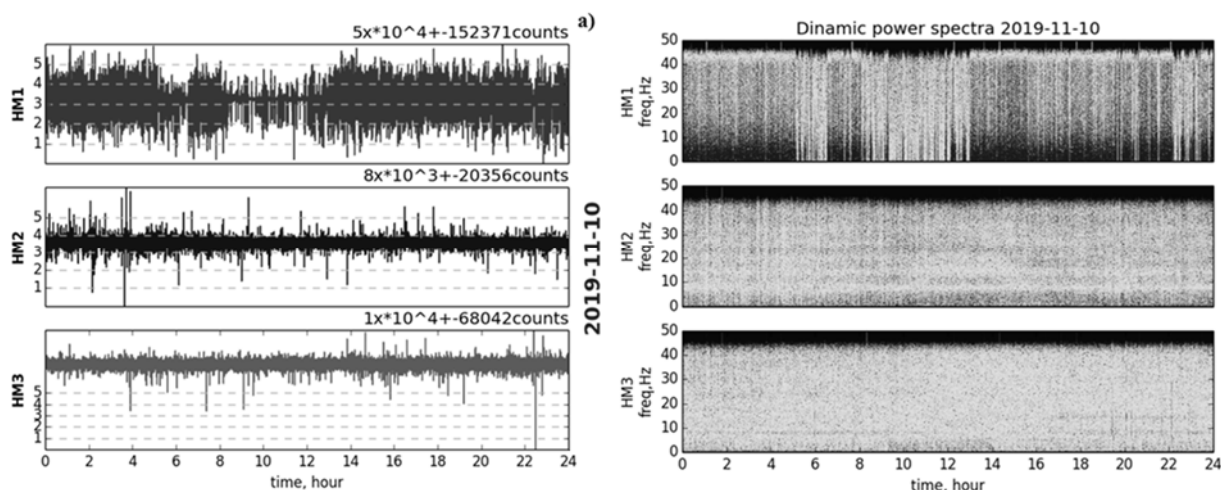


Рис. 3. Регистрируемые суточные геомагнитные сигналы (а) и их динамические спектры мощности (б)

Пополняемый цифровой архив геомагнитных данных наблюдений на КГО «Карымшина» входит в состав информационных ресурсов КФ ФИЦ ЕГС РАН.

В 2019 г. в работу лаборатории геофизических исследований с участием автора внедрен алгоритм прогнозирования землетрясений Камчатки и программные средства, разработанные А.Ю. Щекотовым. Графическое отражение результата работы программных средств с отмеченными прогностическими признаками в вариациях геомагнитных данных представлено на рисунке 4. Приведенные в работе [4] оценки ретроспективной эффективности сейсмопрогностического метода подтверждают его эффективность для среднесрочного прогноза камчатских землетрясений.

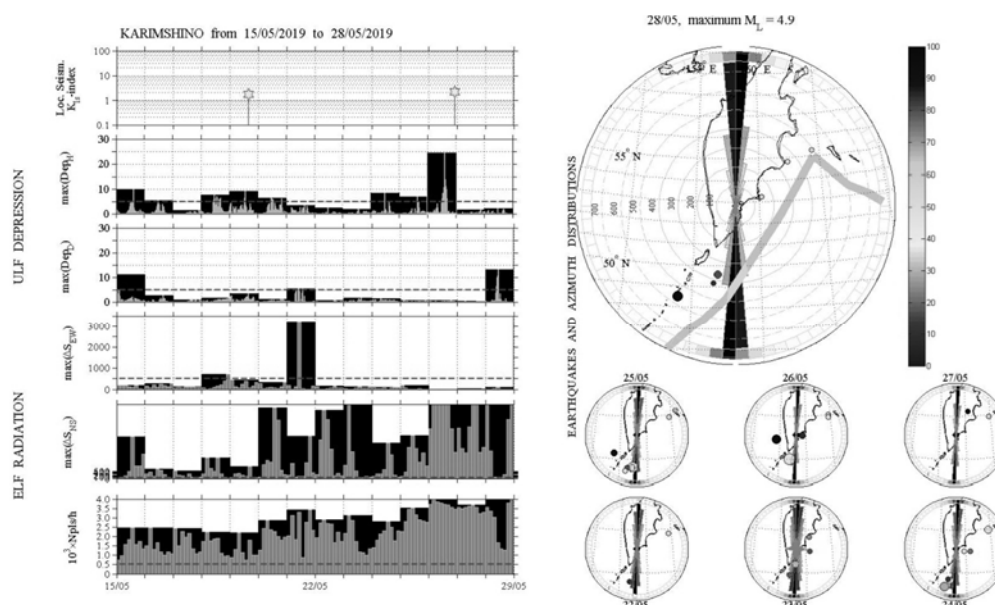


Рис. 4. Графическое представление результатов обработки геомагнитных данных за 15-28 мая 2019 г. с использованием прогностического алгоритма [5-7] и программных средств, предоставленных А.Ю. Щекотовым. На верхней прямоугольной панели индексом  $K_{LS}$  показана эволюция локальной сейсмичности по данным о произошедших землетрясениях с магнитудой  $M_L > 5$ . На 2-й и 3-й прямоугольных панелях (сверху) показана эволюция максимальных суточных значений депрессии магнитного поля в полосе частот 0.01–0.05 Гц в Н- и D-компонентах соответственно. На 4-й и 5-й панелях – максимальные значения комбинированной характеристики излучения в полосе частот 2–30 Гц по горизонтальным компонентам поля. На круглых панелях справа показано азимутальное распределение источников сигнала в полосе частот 2–6 Гц и эпицентры зарегистрированных землетрясений с  $K_S > 8.5$  для каждого суток с 22 по 28 мая 2019 г.

Автор выражает благодарность заведующей лабораторией КФ ФИЦ ЕГС РАН д. г.-м. н. Копыловой Г.Н. и ведущему научному сотруднику ИФЗ РАН, к.ф.-м.н. Щекотову А.Ю. за помощь и содействие при подготовке настоящей работы.

#### Литература

1. Берсенева Н.Ю. Автоматизация обработки данных геомагнитных наблюдений на КГО «Карымишина», Камчатка // Исследования в области наук о Земле. Матер. XII региональной молодежная научн. конф. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. В. Беринга, 2014. С. 85-94.
2. Касимова В.А., Потанин М.Е., Берсенева Н.Ю. Отклики параметров электромагнитного поля на землетрясения на КГО Карымишина, Камчатка // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. Матер. VII междунар. конф. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2016. С. 308-312.
3. Щекотов А.Ю., Беляев Г.Г., Кобзев В.А. Трехкомпонентный индукционный магнитометр (конструкция, обслуживание, калибровка) // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды VII научн.-техн. конф. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. С. 509-512.
4. Щекотов А.Ю., Копылова Г.Н., Будилова Е.А., Серафимова Ю.К. О прогнозировании камчатских землетрясений по данным электромагнитных наблюдений // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды VII научн.-техн. конф. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. С. 362-367.
5. Щекотов А.Ю., Потанин М.Е., Кобзев В.А. Прогноз магнитуды камчатских землетрясений по депрессии УНЧ магнитного поля // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды VI научн.-техн. конф. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. С. 206-209.
6. Schekotov A.Yu., Molchanov O.A. Low frequency electromagnetic precursors as a prospect for earthquake prediction // Earthquake Prediction Studies: Seismo Electromagnetics. 2013. P. 81–99.
7. Schekotov A., Molchanov O., Hattori K. et al. Seismo-ionospheric depression of the ULF geomagnetic fluctuations at Kamchatka and Japan // Physics and Chemistry of the Earth. 2006. No. 31. P. 313–318.

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

***РАЗДЕЛ 5:***

***Геология нефти и газа***

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

***Section 5:***

***Geology of oil and gas***



## АНАЛИЗ ФАЦИАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ УНЬВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Крысин Николай Николаевич*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, студент 4 курса,  
г. Пермь, e-mail: nkrysin@gmail.com*

*Сологубова Мария Витальевна*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, студент 4 курса,  
г. Пермь, e-mail: mary.sologubova@yandex.ru*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Мелкишев Олег Александрович*

**Аннотация:** В статье проведен анализ фильтрационно-емкостных свойств по фациальным зонам в пластах Бб и Тл2а Уньвинского месторождения. При помощи статистических методов выполнено сопоставление свойств коллекторов по фациальным зонам.

**Ключевые слова:** фация, неоднородность, коллекторские свойства, месторождение, нефть, Соликамская депрессия.

## ANALYSIS OF FACIAL HETEROGENEITY OF THE UNVINSKOE OILFIELD

*Nikolai Krysin,*

*Perm national research polytechnic university, 4<sup>th</sup> year Student, Perm  
e-mail: nkrysin@gmail.com*

*Mariia Sologubova*

*Perm national research polytechnic university, 4<sup>th</sup> year Student, Perm,  
e-mail: mary.sologubova@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of engineering science, Reader, Oleg Melkishev*

**Abstract:** The article analyzes the filtration-capacitive properties of facies zones in the Bb and Tl2a formations of the Unvinskoye oilfield. By using statistical methods a comparison of the properties of reservoirs in facies zones has made.

**Keywords:** facies, heterogeneity, reservoir properties, field, oil, Solikamsk depression.

На процесс извлечения запасов нефти и газа из недр значительное влияние оказывают строение и фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) коллектора. Эти параметры, в свою очередь, напрямую зависят от фациальной принадлежности отложений. Существует огромное множество различных фаций [3], сильно различающихся по своим характеристикам и условиям образования. Поэтому, изучение фациального строения представляет существенный интерес для проектирования и разработки нефтяных и газовых месторождений [1].

В работе было рассмотрено фациальное строение двух пластов Уньвинского месторождения: бобриковского (Бб) [2] и тульского (Тл2а).

В пределах пласта Бб выделяются следующие фации: осевой части протоки, краевой части протоки, береговых валов и намывных песков.

Фации осевой части протоки и краевой части протоки представляют собой русловые отложения [4]. Отложения обеих фаций практически одинаковые по своему литологическому составу. Обе фации сложены пористыми песчаниками мелко и среднезернистыми, реже крупнозернистыми с углисто-глинистыми прослойками, отмечается косая слоистость. Для фаций краевой части протоки, в отличие от осевой части протоки, также характерны маломощные единичные прослои аргиллитов и глинистых алевролитов.

В таблице 1 приведены основные статистические характеристики ФЕС данных фаций, согласно которым можно отметить, что в фации осевой части протоки наблюдается большая мощность коллектора, пористость и проницаемость по сравнению с фацией краевой части протоки.

Таблица 1

Статистические характеристики ФЕС фаций осевой части протоки  
и краевой части протоки по ГИС. Пласт Бб.

Фация	Осевая часть протоки			Краевая часть протоки		
Параметр	Мощность коллектора, м	Кп, %	Кпр, мД	Мощность коллектора, м	Кп, %	Кпр, мД
Среднее значение	1,81	15,2	126,18	1,45	14,46	86,79
Среднеквадратическое отклонение	0,78	1,6	97,32	0,52	1,58	64,48
Асимметрия	0,57	-0,01	1,14	0,59	-0,03	1,01
Эксцесс	-0,6	-0,95	0,41	-0,56	-1,10	0,07
Минимум	0,7	12,3	22,4	0,6	11,7	16,7
Максимум	3,7	18,1	393,6	2,6	17,2	252,3

Фации береговых валов и намывных песков относятся к пойменным отложениям.

Фация береговых валов формируется во время паводков в боковых частях русел рек. Отложения формируют краевые части русловых песчаных тел. Фация намывных песков развита в зоне перехода от внешней песчаной поймы к её внутренней глинистой части. Данная фация образовалась в результате прорыва берегового вала водными потоками и распространением их в пределах поймы. Скорость водного потока постепенно снижалась, песчаный материал выпадал в осадок, образуя песчаные пласты небольшой мощности, постепенно выклинивающиеся в сторону поймы.

В целом обе фации также схожи по своему литологическому составу. Фации сложены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, характерна волнистая, косоволнистая и прерывисто-волнистая слоистость, отмечается растительный детрит. Стоит отметить, что в силу особенностей образования, в фации береговых валов более распространён песчаный материал, в то время как в фации намывных песков – глинистый.

В таблице 2 рассмотрены основные статистические характеристики этих фаций. Из рассмотренных характеристик видно, что фации обладают близкими значениями пористости, в то же время фация намывных песков имеет большую проницаемость.

Таблица 2

Статистические характеристики ФЕС фаций береговых валов и намывных песков по ГИС. Пласт Бб.

Фация	Береговых валов			Намывных песков		
Параметр	Мощность коллектора, м	Кп, %	Кпр, мД	Мощность коллектора, м	Кп, %	Кпр, мД
Среднее значение	1,28	12,01	26,78	1,02	12,53	33,72
Среднеквадратическое отклонение	0,37	1,51	26,85	0,2	1,59	26,65
Асимметрия	0,87	0,91	2,42	-0,18	0,25	1,04
Эксцесс	0,58	0,16	6,53	-0,59	-1,28	-0,11
Минимум	0,8	10	7,2	0,6	10,2	7,9
Максимум	2,2	15,9	132,7	1,4	15,2	93,9

В раннетульское время преобладали прибрежно-морские обстановки, что связано с регрессией моря. В пределах тульских отложений выделяются фации осевой части протоки, краевой части протоки, кос и заливно-лагунного побережья. По результатам исследования керна, фации осевой и краевой частей протоки сложены кварцевыми, тонкозернистыми, средне-крупнозернистыми, хорошо отсортированными песчаниками, плотными, проницаемыми.

Ниже, в таблице 3, приведены статистические характеристики ФЕС рассматриваемых фаций, из которых можно отметить, что фация осевой части протоки имеет большие значения пористости и проницаемости по сравнению с краевой частью протоки.

Фация заливно-лагунного побережья имеет наиболее широкое распространение в пределах рассматриваемой территории. Она сложена тёмно-серыми аргиллитами, тонкослоистыми, с многочисленными обугленными растительными остатками, с редкими прослоями глинистого алевролита.

Таблица 3

Статистические характеристики ФЕС фаций осевой части протоки  
и краевой части протоки по ГИС. Пласт Тл2а.

Фация	Осевая часть протоки			Краевая часть протоки		
Параметр	h <sub>коллектора</sub> , м	K <sub>п</sub> , %	K <sub>пр</sub> , мД	h <sub>коллектора</sub> , м	K <sub>п</sub> , %	K <sub>пр</sub> , мД
Среднее значение	1,10	16,01	216,28	1,23	13,29	94,95
Среднеквадратическое отклонение	1,32	3,55	231,69	0,59	2,73	161,36
Асимметрия	2,21	0,09	1,18	0,81	1,0006	2,69
Эксцесс	7,25	-0,41	0,55	-0,26	0,40	7,79
Минимум	0,1	9,4	3,8	0,3	10,3	6,8
Максимум	8,8	24,6	853,5	2,6	20,3	701,5

Фация кос представляют собой прибрежно-аккумулятивные образования. Фация сложена мелкозернистыми песчаниками, неравномерно алевритистыми, плотными, крепкими.

Основные статистические характеристики ФЕС для данных фаций представлены в таблице 4. По ним можно сказать, что фация кос обладает более высокими величинами пористости, проницаемости и мощности коллектора относительно фации заливно-лагунного побережья.

Таблица 4

Статистические характеристики ФЕС фаций заливно-лагунного побережья и кос по ГИС. Пласт Тл2а.

Фация	Заливно-лагунное побережье			Косы		
Параметр	h <sub>коллектора</sub> , м	K <sub>п</sub> , %	K <sub>пр</sub> , мД	h <sub>коллектора</sub> , м	K <sub>п</sub> , %	K <sub>пр</sub> , мД
Среднее значение	1,02	11,95	63,67	1,42	13,14	136,97
Среднеквадратическое отклонение	0,48	2,3	127,58	0,91	2,90	244,29
Асимметрия	1,89	0,4	4,14	1,48	0,31	2,42
Эксцесс	5,53	-0,58	20,73	1,57	-1,06	4,95
Минимум	0,2	7	0,8	0,4	9	2,9
Максимум	3,8	17,9	972,6	4,2	18,3	911,1

Для статистического сравнения средних значений ФЕС для каждой пары фаций в пределах каждого пласта был рассчитан *t*-критерий Стьюдента. Результаты расчетов *t*-критериев Стьюдента и значения достигаемого уровня значимости *p* приведены для бобриковского и тульского пластов в таблицах 5 и 6 соответственно.

Таблица 5

Значения *t*-критерия Стьюдента для групп фаций. Пласт Бб.

Группы фаций	Значение	K <sub>п</sub>	K <sub>пр</sub>	h <sub>коллектора</sub> , м
Осевая часть протоки – Краевая часть протоки	<i>t</i> -критерий	5,036	-8,455	5,475
	<i>p</i>	<0,05	<0,05	<0,05
Осевая часть протоки – Береговых валов	<i>t</i> -критерий	11,415	1,289	3,944
	<i>p</i>	<0,05	0,202	<0,05
Осевая часть протоки – Намывных песков	<i>t</i> -критерий	8,453	8,455	5,238
	<i>p</i>	<0,05	<0,05	<0,05
Краевая часть протоки – Берего- вых валов	<i>t</i> -критерий	8,409	8,406	1,758
	<i>p</i>	<0,05	<0,05	0,08
Краевая часть протоки – Намывных песков	<i>t</i> -критерий	5,911	5,913	4,198
	<i>p</i>	<0,05	<0,05	<0,05
Береговых валов – Намывных песков	<i>t</i> -критерий	-1,293	-1,289	3,375
	<i>p</i>	0,201	0,203	<0,05

Анализируя значения *t*-критериев Стьюдента, установлено, что наибольшее различие в средних наблюдается между следующими парами фаций: осевой частью протоки и краевой частью протоки, осевой частью протоки и намывных песков, краевой частью протоки и намывных песков. Данные па-

ры фаций имеют существенные различия средних значений по всем рассмотренным параметрам. Фации осевой части протоки и береговых валов сильнее всего различаются по средней величине пористости, в меньшей степени по мощности коллектора, при этом обладают схожими средними значениями проницаемости. Фации краевой части протоки и береговых валов в большей степени различны по средним величинам пористости и проницаемости, но при этом близки по средней мощности коллектора. Фации береговых валов и намывных песков характеризуются сходными средними значениями пористости и проницаемости, отличаясь лишь мощностью коллектора.

Таблица 6

Значения  $t$ -критерия Стьюдента для групп фаций. Пласт Тл2а.

Группы фаций	Значение	$K_{п}$	$K_{пр}$	$h_{\text{коллектора}}, \text{м}$
Осевая часть протоки – Краевая часть протоки	$t$ -критерий	3,67	3,167	-5,169
	$p$	<0,05	<0,05	<0,05
Осевая часть протоки – Заливно-лагунное побережье	$t$ -критерий	10,583	10,389	-6,71
	$p$	<0,05	<0,05	<0,05
Осевая часть протоки – Косы	$t$ -критерий	3,864	3,493	-5,469
	$p$	<0,05	<0,05	<0,05
Краевая часть протоки – Заливно-лагунное побережье	$t$ -критерий	2,956	3,71	4,557
	$p$	<0,05	<0,05	<0,05
Краевая часть протоки – Косы	$t$ -критерий	0,028	-0,785	-0,043
	$p$	0,978	0,437	0,965
Заливно-лагунное побережье – Косы	$t$ -критерий	-3,165	-5,448	-4,754
	$p$	<0,05	<0,05	<0,05

По результатам расчета значений  $t$ -критерия Стьюдента для пласта Тл2а выявлено, что практически все группы фаций, рассмотренных при анализе, имеют существенные различия в средних значениях. Исключение составляет пара краевая часть протоки и косы, так как  $t$ -критерии Стьюдента по своему значению близки к нулю, а достигаемый уровень значимости  $p > 0,05$ . Наибольшие различия наблюдаются между фациями осевой части протоки и заливно-лагунного побережья, так как  $t$ -критерий принимает наибольшие по модулю значения и является статистически значимым ( $p < 0,05$ ), среди всех полученных значений по остальным группам фаций.

По результатам проведенного анализа для пласта Бб наибольшее различие в средних значениях основных ФЕС установлено для фаций осевых частей протоков и намывных песков, а для пласта Тл2а – для фаций осевых частей протоков и заливно-лагунных побережий.

### Литература

1. Брагин Ю.И., Иванова М.М., Чоловский И.П. Нефтегазопромысловая геология: Учеб. для вузов. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000, - 414 с.
2. Брусницына А.В. Особенности геологического строения продуктивного пласта Бб на Палашерском поднятии Уньвинского месторождения // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2018. №1. – С. 21-25.
3. Хэллем А. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. М.: МИР, 1983, – 328 с.
4. Miall A.D. The Geology of Fluvial Deposits. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, – 582 p.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ В ЮЖНО-ТАТАРСКОМ ОСАДОЧНОМ БАСЕЙНЕ

**Максеев Даниил Сергеевич**

*Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН, аспирант 1 года  
обучения, г. Владивосток  
e-mail: maxdan@bk.ru*

**Федоров Сергей Андреевич**

*Институт металлургии УрО РАН, аспирант 3 года обучения, г. Екатеринбург  
e-mail: saf13d@mail.ru*

**Калгин Владислав Юрьевич**

*Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН аспирант 1 года  
обучения, г. Владивосток  
e-mail: kalgin.vladislav@yandex.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., доцент, Шакиров Ренат Белалович

**Аннотация:** Геохимические исследования осадков пролива помогают выделять площади распределения глубинного флюида и обнаруживать месторождения углеводородного сырья. В настоящей работе установлена взаимосвязь площадей концентрации метана и химического состава донных осадков на территории Южно-Татарского осадочного бассейна. Выявлены большие содержания серы в разрывных нарушениях (в основном сбросы) по границам Тернейского прогиба, в его западной и восточной областях, где сконцентрированы углеводороды. Так же на возможные области концентрации могут указывать пониженные содержания таких элементов, как алюминий и стронций. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего анализа закономерности размещения залежей углеводородов на территории Южно-Татарского осадочного бассейна.

**Ключевые слова:** донные осадки, концентрация, шельф, распределение метана, газогеохимическое поле.

## RELATIONSHIP OF GAS-GEOCHEMICAL ANOMALIES AND THE CHEMICAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE SOUTH TATAR SEDIMENTARY BASIN

**Makseev Daniil,**

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, 1<sup>st</sup> year postgraduate student, City Vladivostok  
e-mail: maxdan@bk.ru*

**Sergei Fedorov**

*Institute of Metallurgy UrB RAS, 3<sup>rd</sup> year postgraduate student, City Ekaterinburg,  
e-mail: saf13d@mail.ru*

**Kalgin Vladislav,**

*.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, 1<sup>st</sup> year postgraduate student, City Vladivostok  
e-mail: kalgin.vladislav@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,  
Renat Shakirov

**Abstract:** Geochemical studies of strait sediments help to identify areas of deep fluid distribution and to detect hydrocarbon deposits. In the present work, the relationship between the areas of methane concentration and the chemical composition of bottom sediments in the South Tatar sedimentary basin is established. High sulfur contents in faults were revealed (mainly discharges) along the boundaries of the Terney Trough, in its western and eastern regions where hydrocarbons are concentrated. Also, possible concentrations may be indicated by lower levels of elements such as aluminum and strontium. The obtained data can be used for further analysis of the patterns of hydrocarbon deposits in the South Tatar sedimentary basin.

**Keywords:** bottom sediments, concentration, shelf, methane distribution, gas-geochemical field.

В данное время увеличиваются районы добычи и разведки углеводородов в морских территориях, и потому, количественно возрастают объемы оценочно-поисковых работ. В ряду прямых методов поиска углеводородов интерес представляет геохимическая съемка донных отложений. Такие исследования помогут выделить площади распределения глубинного флюида и обнаруживать месторождения углеводородного сырья.

Цель настоящего исследования - установить взаимосвязь между газогеохимическими аномалиями и химическим составом донных осадков на площади Южно-Татарского осадочного бассейна.

Изучались данные результатов рентгенофлуоресцентного анализа донных осадков, отобранных во время комплексной геолого-геофизической экспедиции ТОИ ДВО РАН на 54-м рейсе НИС «Академик Опарин».

Проанализировав распределения химических элементов на площади Южно-Татарского осадочного бассейна, была установлена взаимосвязь потоков и концентраций метана концентрациями трех элементов: S, Al, Sr. Ниже приведена краткая характеристика распределения перечисленных элементов на исследуемой площади акватория.

*Сера.* Данный элемент очень подвижен - легко переходит в растворы и переносится на большие расстояния. Поэтому основная его концентрация будет находится в спокойных глубоководных условиях (рис. 1), либо в лагунных зонах. Сера в осадочном бассейне концентрируется в Тернейском прогибе, Холмском прогибе и на Пионерском поднятии. В глубоководных зонах она переходит в аутигенные сульфиды и сульфаты. Концентрации элемента довольно высокие – до 6000 г/т (в 5 раз выше кларка [2]). Это может быть связано с углеводородами, которым сера сопутствует. В местах ее скопления находится много тектонических нарушений, которые соответственно могут создавать тектонические и структурные ловушки.

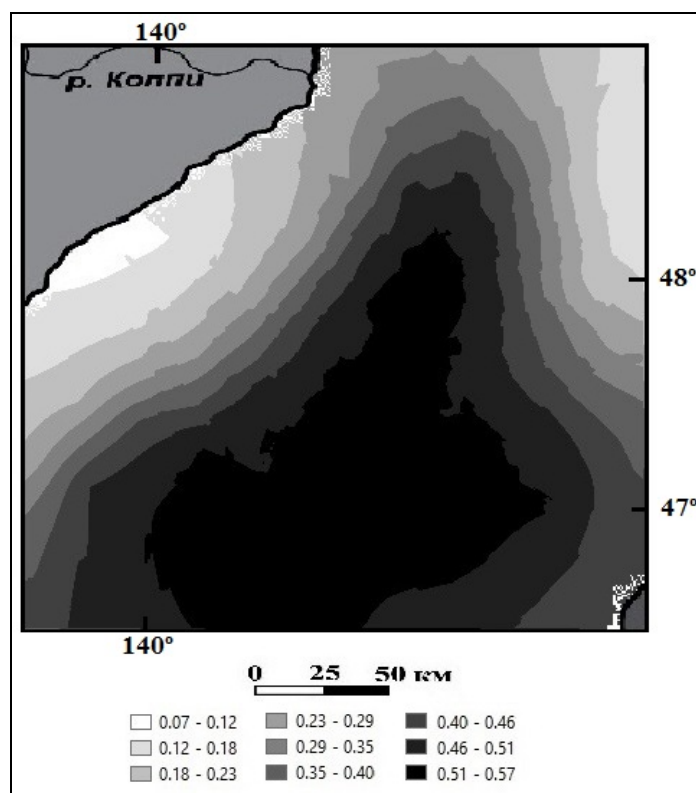


Рис. 1. Распределение серы на исследуемой площади Южно-Татарского бассейна (в  $10^4$  г/т).

*Алюминий.* Содержание элемента скачет от 5,8 до 7,1 масс.%. Такие содержания вполне вписываются в диапазон содержаний глинозема в гранулометрических типах донных осадков Татарского пролива [1], однако отмечается основная концентрация Al в шельфовых зонах. В связи с тем, что значительная доля транспортируемого материала представлена частицами измененных (подвергнутых гипергенезу) пород, а это преимущественно глинистые минералы, то соответственно огромная доля алюминия находится в чешуйках глин. Последние, как уже говорилось, переносятся на большие расстояния. Соответственно следует ожидать больших концентраций алюминия непосредственно в глубоководных частях бассейна (Тернейский прогиб). Высокие содержания в северной части могут быть связаны с течением, которое при переходе с узкой части бассейна к широкой создает механиче-

ский барьер, где происходит сброс и накопление определенных компонентов. Или же связано с тектонической структурой – Совганским поднятием.

**Стронций.** Содержания элемента варьируются от 100 до 250 г/т. Основная его концентрация в шельфовых зонах (на Приморской моноклинали) и связан он преимущественно с апатитом и карбонатами. Поэтому его скопления связаны во первых с псаммитовой фракцией осадков (апатит), во вторых с богатой флорой и фауной шельфа, в строении скелетов которых участвует стронций. Стоит отметить высокую концентрацию стронция в конусе выноса р. Эс. Река проходит через щелочные, кислые и средние массивы, в которых содержится апатит. Содержания стронция сильно не отклоняются от кларковых значений [2], но противоречат содержаниям в пелитовой фракции (200-300 г/т при кларке 100 г/т).

Проведено сравнение газогеохимических полей по данным [3, 4] и распределения концентраций полей рассеяния S, Al, Sr химических элементов на площади Южно-Татарского бассейна. Южные области концентраций метана (рис. 2) хорошо совпадают с распределением серы на площади акватория - в переходной зоне от Тернейского прогиба к Пионерскому поднятию, через разрывные нарушения. Однако в зоне интенсивных тектонических нарушений (много антиклинальных и синклинальных зон), в северо-восточной части Тернейского прогиба концентрация серы не высокая (по сравнению с аномалией южной области), а скопления метана достаточно высокие. Предположительно, зависимость концентраций серы от количества метана не прямая (неравномерное повышение обоих компонентов).

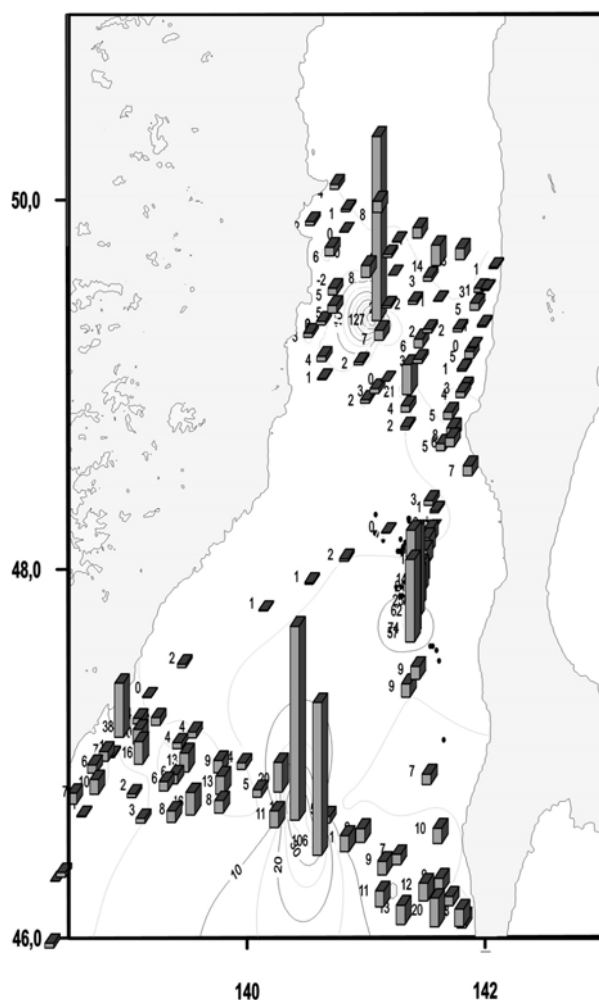


Рис. 2. Распределение потоков метана (столбцы),  $\text{моль}/(\text{км}^2 \times \text{сут})$  и концентраций метана (изолинии),  $\text{nMol}/\text{л}$  в поверхностном 4-метровом слое морской воды на акватории Татарского пролива [4]

Достаточно хорошая зависимость наблюдается для алюминия: области, где скапливается метан, содержат малое количество алюминия. Происходит рассеяние данного элемента в областях концентраций углеводородов: южная и северо-восточная области Тернейского прогиба и южная часть Приморской моноклинали. Аналогичная, но менее хорошая зависимость отмечена для стронция: области рассеяния находятся также на Тернейском прогибе, в меньшей степени на Приморской моноклинале



и северной части бассейна. У других элементов отмечены только единичные совпадения, которые вряд ли могут указывать на какую-то взаимосвязь с концентрацией метана. Некоторую тенденцию к совместному накоплению с метаном имеют цветные металлы (Cu, Ni, Zn, Pb) - так же отмечены совпадения в южной области Тернейского прогиба, в частности, с цинком.

Таким образом, выявлены большие содержания серы в разрывных нарушениях (в основном сбросы) по границам Тернейского прогиба, в его западной и восточной областях, где сконцентрированы углеводороды. Так же на возможные области концентрации могут указывать пониженные содержания таких элементов, как алюминий и стронций. Полученные данные в проведенном исследовании могут быть использованы для дальнейшего анализа закономерности размещения залежей углеводородов на территории Южно-Татарского осадочного бассейна.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-00153, Комплексной программы ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018–2020 годы 18-1-008 и Государственного задания ТОИ ДВО РАН по программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. раздела VIII "Науки о Земле".

### **Литература**

1. Современное осадкообразование в Татарском проливе / В. Ф. Игнатова. - М. : Наука, 1980. - 78 с.
2. Ворошилов В.Г. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / В.Г. Ворошилов; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 104 с.
3. Газогеохимические и океанографические исследования на севере Японского моря и в сейсмо-активной зоне Татарского пролива: отчет по результатам экспедиционных исследований в 84-ом рейсе НИС "Академик Опарин" / ТОИ ДВО РАН; рук. М.Г. Валитов. - Владивосток. - 2017. - 147 с.
4. Легкодимов А.А., Мишукова О.В., Швалов Д.А., Максеев Д.С., Шакирова М.В., Бакунина М.С., Еськова Е.И. К дискуссии об эмиссии метана с акватории Татарского пролива, Японское море (по результатам 55-го рейса НИС «Академик Опарин»)// Вестник ДВО РАН. №2. С. 81-87.

УДК 550.822.1

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**Арапов Константин Сергеевич**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», магистрант 2 курса, г. Пермь, e-mail: kostyan669@yandex.ru

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент, Шумилов Александр Владимирович

**Аннотация:** Выбор оптимального комплекса каротажа в процессе бурения нефтяных и газовых скважин в зависимости от поставленных задач. Подробное изучение основных видов каротажа в процессе бурения MWD (Measurement While Drilling) и LWD (Logging While Drilling), выявление достоинств и недостатков основных видов каротажа в процессе бурения, выдача рекомендаций по применению различных видов каротажа. За последние 10 лет данные методы набирают популярность и все чаще используются при бурении скважин. За следующие 5 лет частота этих методов может увеличиться до 50%. Это связано с тем, что постоянно растёт доля наклонно-направленных и горизонтальных скважин от общего числа скважин, а также развиваются новые технологии и технические возможности.

**Ключевые слова:** телеметрия, каротаж в процессе бурения, MWD, LWD, бурение скважин.

## SELECTION OF THE OPTIMAL LOGGING COMPLEX DURING OIL AND GAS WELL DRILLING

*Arapov Konstantin Sergeevich,*

*Federal state budgetary educational institution of higher education "Perm state national research University», 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm,*

*e-mail: kostyan669@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Technical sciences, Reader, Shumilov Alexander Vladimirovich*

**Abstract:** Selection of the optimal logging complex in the process of drilling oil and gas wells, depending on the tasks set. Detailed study of the main types of logging during drilling MWD (Measurement While Drilling) and LWD (Logging While Drilling), identifying the advantages and disadvantages of the main types of logging during drilling, issuing recommendations for the use of various types of logging. Over the past 10 years, these methods are gaining popularity and are increasingly used in drilling wells. Over the next 5 years, the frequency of these methods may increase by up to 50%. This is due to the fact that the share of directional and horizontal wells from the total number of wells is constantly growing, as well as new technologies and technical capabilities are developing.

**Keywords:** telemetry, logging during drilling, MWD, LWD, well drilling.

**Цель:** Выбор оптимального комплекса каротажа в процессе бурения нефтяных и газовых скважин в зависимости от поставленных задач

**Задачи:**

- Подробное изучение основных видов каротажа в процессе бурения MWD (Measurement While Drilling) и LWD (Logging While Drilling),
- Выявление достоинств основных видов каротажа в процессе бурения,
- Выявление недостатков основных видов каротажа в процессе бурения,
- Выдача рекомендаций по применению различных видов каротажа.

**Актуальность** данной темы состоит в том, что за последние 10 лет данные методы набирают популярность и все чаще используются при бурении скважин. За следующие 5 лет частота этих методов может увеличиться до 50%. Это связано с тем, что постоянно растёт доля наклонно-направленных и горизонтальных скважин от общего числа скважин, а также развиваются новые технологии и технические возможности [3].

Технология измерений в процессе бурения (Measurement While Drilling) необходима для определения траектории и пространственного положения скважины. Такие измерения, проводящиеся в процессе бурения, необходимы для определения истинной вертикальной глубины скважины, местоположения забоя и ориентирования в пространстве систем направленного бурения.

Эта технология позволяет вовремя вносить корректировки в траекторию скважины и планировать её заранее. Также данная технология позволяет зайти в пласт под нужным углом, что позволяет повысить дебит скважины. Однако существует существенный недостаток – необходимость постоянного замера пространственного местоположения долота, что в процессе бурения отнимает значительное количество времени, тем самым увеличиваются сроки строительства скважины на 10-20% при каждом замере, который проводится через каждые 10-20 метров проходки ствола скважины.

Технология каротажа в процессе бурения (Logging While Drilling) — это геофизические исследования в процессе бурения скважины, которые позволяют осуществлять контроль за следующими параметрами:

- естественное гамма-излучение разбуриваемых горных пород;
- кажущееся сопротивление горных пород КС;
- сопротивление поляризации ПС;
- электромагнитный каротаж;
- гамма-гамма каротаж;
- нейтронно-нейронный каротаж;
- акустический каротаж;
- кавернометрия;
- виброметрия [1,2].

При бурении с данной технологией отсутствует необходимость в проведении промежуточных измерений ГИС, что позволяет сэкономить время и стоимость бурения на проведении дополнительных СПО и ГИС. Однако и здесь существуют недостатки – это сложность оборудования, что требует

дополнительной квалификации от работника, и потеря качества связи и точности с глубиной. Также существует большой риск выхода из строя компоновки из-за мелких и чувствительных к внешним воздействиям деталей телесистемы

Использование каротажа в процессе бурения LWD при помощи присоединения дополнительных модулей к низу MWD компоновки, позволяют:

- контролировать положение скважины в трёхмерном пространстве относительно геологических тел в процессе бурения с целью повышения дебита строящейся скважины;
- своевременно и обосновано принимать решения по изменению траектории скважины в зависимости от изменяющихся геологических условий скважины прямо в процессе бурения;
- проводить каротаж в горизонтальных и наклонно-направленных скважинах;
- отказаться от проведения дополнительных промежуточных каротажей на кабеле или на буровом инструменте с целью оценки геологических условий по стволу скважины;
- оперативно получать данные для количественной оценки параметра пласта и коллекторных свойств [4].

Таким образом, для сокращения сроков строительства скважины, экономии денежных ресурсов заказчика, снижения рисков аварий и осложнений, а также для повышения дебита скважины необходимы обе технологии в совокупности.

### *Литература*

1. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник /А.А. Молчанов, В.В. Лантев, В.Н. Моисеев, Р.С. Челокьян Н.В. - М.: Недра, 1987. - 263 с.
2. Каротаж в процессе бурения [Электронный ресурс]. <http://gerse.ru/service/LWD/>
3. Медведев, Н.В. Российский рынок сопровождения горизонтального и наклонно-направленного бурения: текущее состояние и перспективы развития до 2025 года [Электронный ресурс]. - <https://rogtectmagazine.com/российский-рынок-сопровождения-горизонтального-и-наклонно-направленного-бурения-текущее-состояние-и-перспективы-развития-до-2025-года> [Электронный ресурс].
4. Павлов Евгений, Мазитов Марат, Моор Николай. Каротаж в процессе бурения. 2011 [Электронный ресурс]. - <http://www.ngv.ru/upload/iblock/4ae/4aea2251d201e4f5fc46a37d6f2d64d4.pdf>

УДК 553.069.

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЗДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАЙМЫСОВСКОГО СВОДА (ПО МАТЕРИАЛАМ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА СКВАЖИНЫ №1326 КРАПИВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)**

**Амирханулы Еламан**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
магистрант 1 курса*

*(2019 – 2021 года обучения), г. Томск  
e-mail: Elaman\_96\_16@mail.ru*

**Ле Тхи Хонг Шанг**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
агистрант 1 курса (2019 – 2021 года обучения), г. Томск*

*e-mail: [Sangle101995@gmail.com](mailto:Sangle101995@gmail.com)*

**Научной руководитель:** к.г.-м.н., доцент Недоливно Наталья Михайловна

**Аннотация:** На основании детального описания кернового материала скважины 1326 Крапивинского месторождения уточнено геологическое строение позднеюрских отложений Каймысовского свода. С учетом выделенных генетических признаков, установлен прибрежно-морской генезис продуктивных пластов верхневасюганской подсвиты и морской – георгиевской свит.

**Ключевые слова:** Литолого-фациальные особенности, генетические признаки пород, пласт, барабинская пачка, георгиевская свита, васюганская свита.

## GENETIC CHARACTERISTICS AND CONDITIONS OF FORMATION OF LATE JURASSIC SEDIMENTS KAMYSHOVSKOE ARCH (BASED ON THE MATERIALS OF THE CORE STUDY FOR WELL №1326 OF THE KRAPIVINSKY FIELD)

*Amirkhanuly Yelaman*

*National Research Tomsk Polytechnic University, 1<sup>st</sup> year Student (Master's Degree Student),  
City Tomsk,  
e-mail: Elaman\_96\_16@mail.ru*

*Le Thi Hong Shang*

*National Research Tomsk Polytechnic University, 1<sup>st</sup> year Student (Master's Degree Student),  
City Tomsk,  
e-mail: [Sangle101995@gmail.com](mailto:Sangle101995@gmail.com)*

*Research supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy,  
Reader Nedolivko Natalya Mikhailovna*

### **Abstract:**

Based on a detailed description of the core material of well 1326 of the krapivinsky field, the geological structure of the late Jurassic deposits of the Kaimys vault was refined. Given the selected genetic traits installed the coastal-marine Genesis of productive layers verkhnevasiugankiy and the sea – George's Suit.

**Keywords:** Lithological-facies features, genetic features of rocks, layer, Vasyugan Suite, Barabinsk pack, George's Suite.

### **Введение**

Несмотря на то, что общие закономерности осадконакопления в позднеюрское время на территории Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна установлены, решение вопросов по происхождению конкретных геологических объектов всегда остается актуальным в связи с распространением природных резервуаров нефти и газа. В связи с этим целью исследований является выявление литолого-фациальных особенностей позднеюрских отложений Крапивинского нефтяного месторождения, расположенного в Томской и частично в Омской областях, в тектоническом отношении – на Крапивинском локальном поднятии (южная часть Каймысовского свода), в Каймысовском нефтегазоносном районе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Объектом исследования послужили отложения надугольной пачки (продуктивный пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>), васюганской свиты и перекрывающие их породы георгиевской свиты.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Позднеюрский разрез на изученной территории снизу-вверх сложен разнофациальными терригенными отложениями: песчаниками, алевролитами, глинистыми породами с прослоями углей (васюганская свита – J<sub>3</sub>ox), слагающими продуктивный горизонт Ю<sub>1</sub>; глауконит-содержащими породами смешанного глинисто-алеврито-песчаного состава (барабинская пачка) и глинистыми тонко отмученными породами (георгиевская свита – J<sub>3</sub>km) [1].

Нижняя часть пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> представлена волнистым переслаиванием темно-серых до черных глинистых пород и алевролитов, с подчиненными прослоями тонко-мелкозернистых светло-серых песчаников. Слоистость тонкая сплошная и прерывистая пологоволнистая (рис. 1, А), волнисто-линзовидная и разнонаправленная и однонаправленная косоволнистая слоистость, обусловленная переслаиванием разных литотипов, и подчеркнутая тонко распыленным растительным детритом и послойными намывами глинистого материала в песчаных и алевроитовых породах. Участками слоистость нарушена оползанием, нагрузкой и оседанием, взмучиванием, слабым размывом осадка; повсеместно отмечаются следы жизнедеятельности различных донных животных типа *Microcraterion*, *Teichichnus* (рис. 1, Б), *Chondrites*, *Palaeophycus*, сыпь и послойные конкреции пирита. Венчается разрез угольным пластом У<sub>0</sub>, с прослоями глинисто-углистых пород, пиритизированным и каолинитизированным (рис. 1, В).

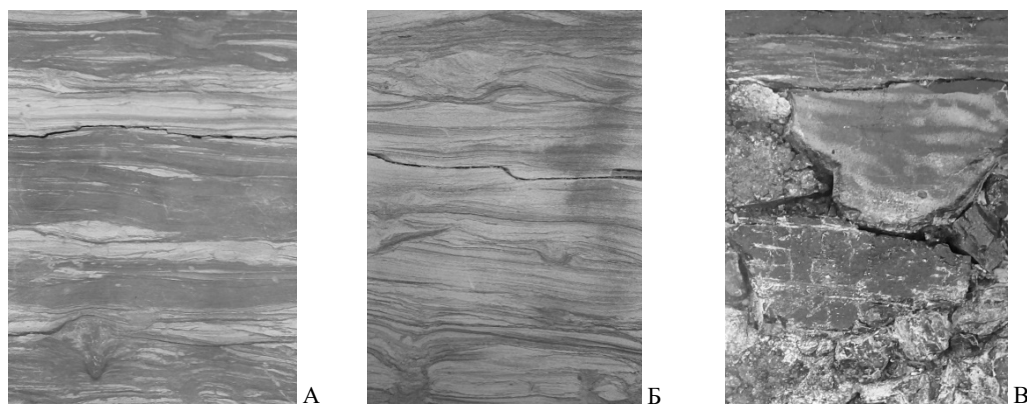


Рис. 1. Генетические признаки пород нижней части пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>: А – Пологоволнистая слоистость, текстуры нагрузки и оседания, конкреции пирита; Б – Следы размыва слойков и биотурбация типа *Teichichnus*; В – Переслаивание угля и углистых глин

Существенно алевроитоглинистый состав, регрессивный характер осадконакопления и приведенные генетические признаки (волнистый тип слоистости, разнообразие и тип ихнофоссилий, пиритовая аутигенная минерализация и др.) свидетельствуют [2, 3], что осадки нижней части пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> накапливались в переходных условиях, в лагунах, на ранних этапах, периодически соединяющихся с морем, а на заключительном – отчлененных от моря, зараставших растительностью и заболачиваемых.

Верхняя часть пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> сложена (рис. 2) песчаниками светло-серыми песчаниками с глинистым и кальцитовым цементом, содержащими послойные присыпки глинистого и тонко распыленного углефицированного растительного материала, образующие прерывистые волнистые прослойки. В основании песчаники средне-мелкозернистые однородные неравномерно пиритизированные (рис. 2, А) и карбонатизированные; вверх по разрезу они сменяются слойчатými и слоеватыми мелкозернистыми алевроитовыми песчаниками с прерывистыми прослойками глинистого материала и следами жизнедеятельности донных животных (рис. 2, Б); в кровельной части распространены песчаниками мелкозернистые с деформативно-биотурбационной текстурой и следами размыва в виде неровных эрозионных контактов, скоплений гравийно-галечникового материала и раковинного детрита. В песчаниках остатки трубчатых (*Dentallium*) и двустворчатых раковин и следы жизнедеятельности донных организмов типа *Scolithos*, в глинистых прослойках – *Chondrites* (рис. 2, Б и В). Песчаный состав пород, изменчивость их гранулометрического состава (от более зернистых до менее зернистых и вновь до более зернистых), наличие и тип ихнофоссилий, остатки раковин, следы размыва свидетельствуют о том, что осадки накапливались в условиях непостоянного гидродинамического режима и связаны трансгрессивно-регрессивными прибрежными барами, с течением времени вышедшими на поверхность и размываемыми в гребневой части.

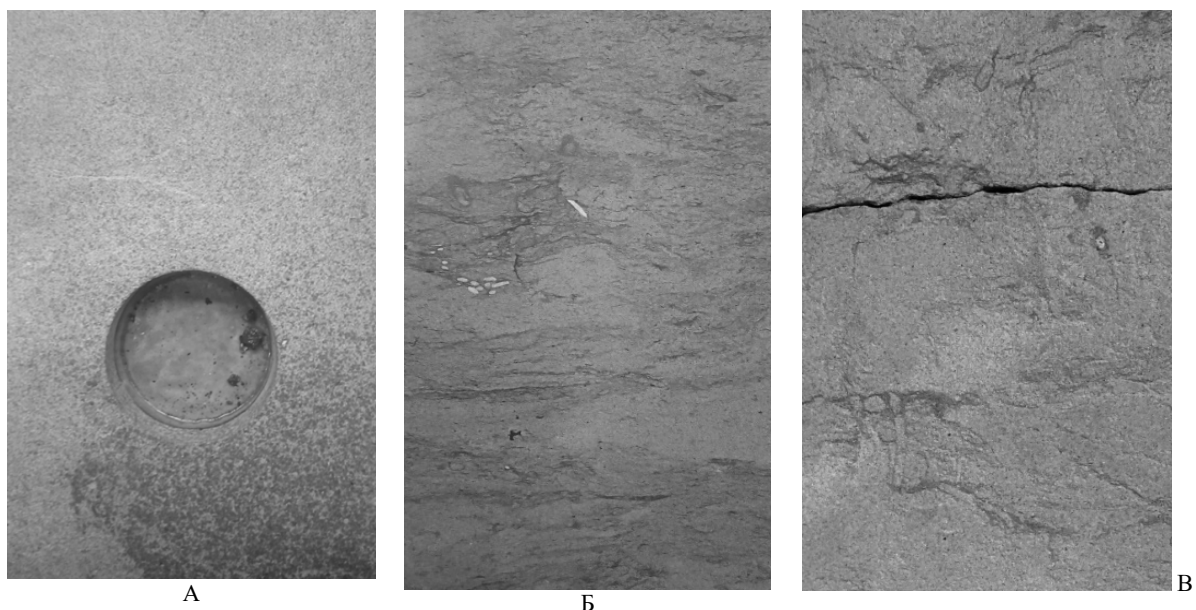


Рис. 2. Генетические признаки пород верхней части пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>: А – Песчаник однородный с неравномерной пиритизацией; Б – Остатки трубчатых раковин и биотурбация типа *Chondrites*; В – Биотурбация типа *Scolithos*

Отложения георгиевской свиты несогласно с размывом перекрывают пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и представлены в нижней части барабинской пачкой, в верхней части – аргиллитами. Барабинская пачка сложена переслаиванием зеленовато-серых глауконитизированных и черно-серых глин с примесью песчаного и алевритового материала. Слоистость тонкая прерывистая неотчетливая волнистая, нарушенная взмучиванием, размывом и переотложением осадка. Встречаются конкреции, сыпь и скопления пирита и мелкие зерна глауконита, примесь кальцита и пятнистые образования фосфатов, внутренние фосфат-глинистые слепки и многочисленные остатки кальцитовых раковин пелеципод (рис. 3, А) и ростры белемнитов, следы жизнедеятельности донных организмов типа *Chondrites*. Породы формировались в условиях трансгрессии моря в зоне сильных волнений.

Глинистые отложения георгиевской свиты характеризуются (рис. 3, Б и В) однородными и слоистыми текстурами за счет тонких прерывистых и сплошных прослоев, обогащенных карбонатным материалом, содержат рассеянную пиритовую минерализацию, остатки створчатых раковин и ростры белемнитов. Осадки верхней части георгиевской свиты накапливались в удаленных от берега частях шельфа на фоне продолжающейся трансгрессии моря.

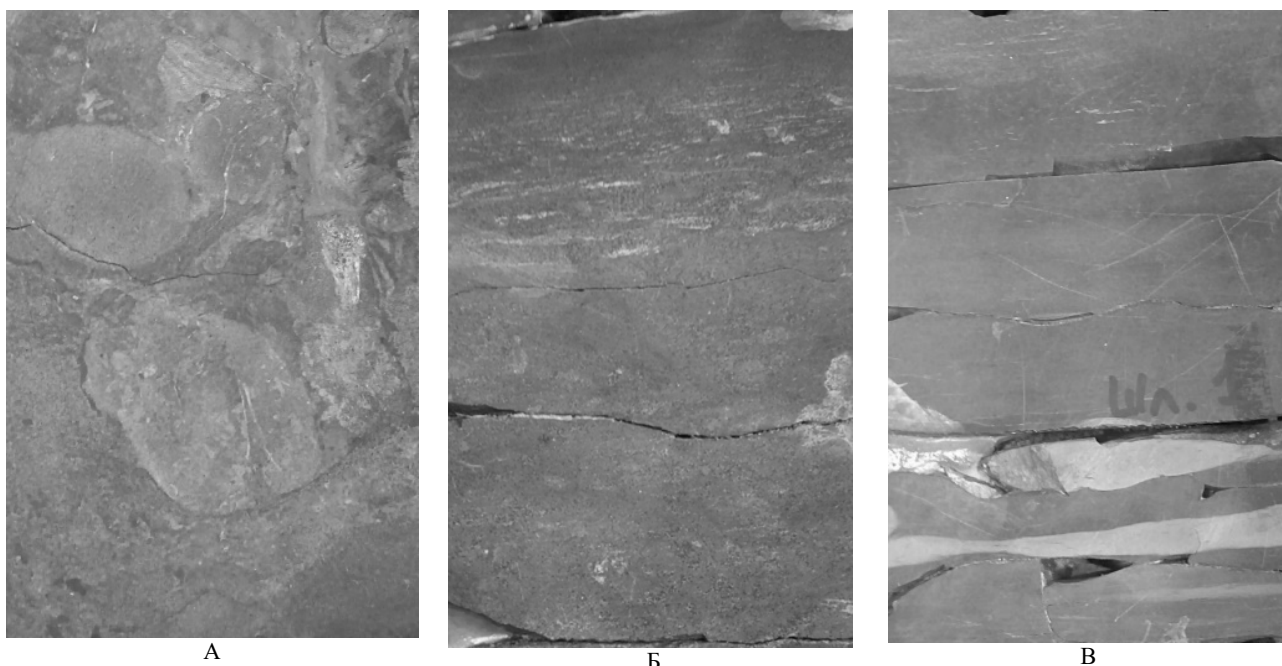
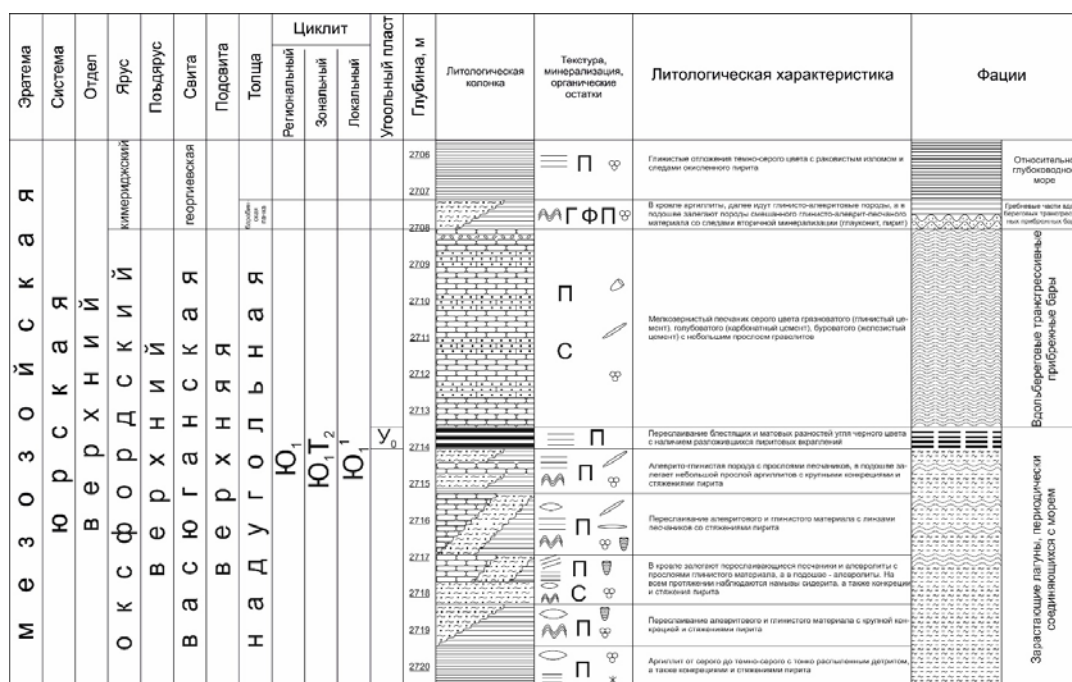


Рис. 3. Генетические признаки пород георгиевской свиты: А – барабинская пачка: глинисто-фосфатные слепки двустворок; Б – Послойные включения карбонатного материала в аргиллитах; В – Карбонатно-глинистые прослои в аргиллитах

В результате проведенного литолого-фациального анализа был построен литолого-фациальный разрез верхнеюрских отложений, вскрытых скважиной 1326 на Крапивинском месторождении (рис. 4), отражающий последовательность осадконакопления в позднеюрское время.





Условные обозначения

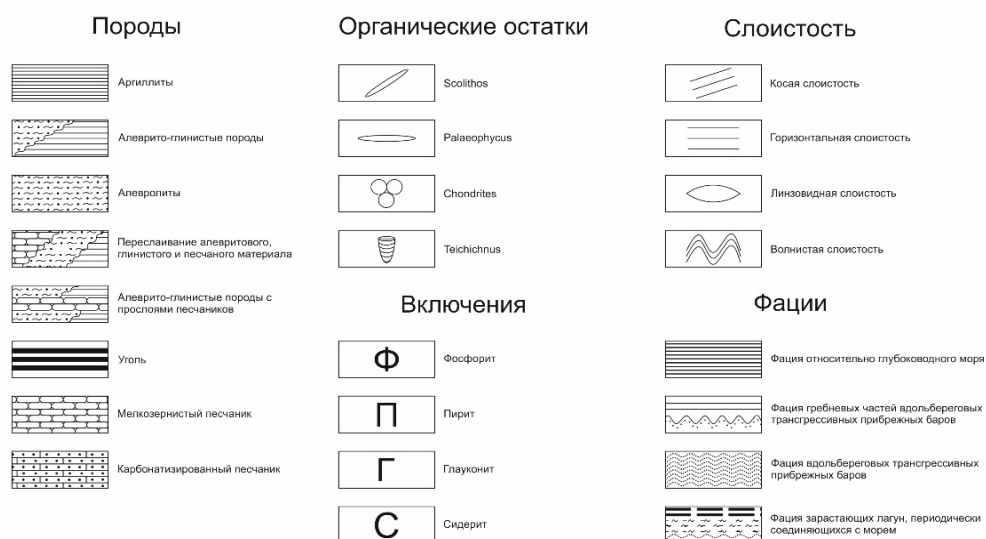


Рис. 4. Литолого-фациальный разрез верхнеюрских отложений Крапивинского месторождения

### Выводы

Таким образом, накопление позднеюрских осадков на территории Крапивинского месторождения осуществлялось в прибрежной полосе моря на фоне постоянных колебательных движений территории и неустойчивого положения береговой линии и связано с трансгрессивным наступлением моря на сушу и углублением с течением времени дна бассейна седиментации.

### Литература

1. Кравченко Г.Г. Модель формирования продуктивных пластов горизонта Ю<sub>1</sub> Крапивинского месторождения нефти (Юго-Восток Западной Сибири) // Автореф. канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2010. – 23 с.
2. Недоливко Н.М. Исследование керна нефтегазовых скважин: практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 137 с.
3. Условия формирования средне-верхнеюрских отложений восточной части Нюрольского осадочного бассейна / А.В. Ежова, Н.М. Недоливко, Т.Г. Тен и др. // Известия Томского политехнического университета, 2001. – Т. 304. – № 1. – С. 13 – 49.



УДК 550.42

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ДОМАНИКОВОГО ГОРИЗОНТА ОБНАЖЕНИЯ ГАБДЮКОВО (РЕСПУБЛИКА БАШКИРИЯ) ПО МЕТОДУ ROCK-EVAL

**Кожанов Дмитрий Дмитриевич,**  
*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,*  
*магистрант 1 г.о., г. Москва*  
*e-mail: dimitriykozz@gmail.com*

**Большакова Мария Александровна,**  
*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,*  
*старший научный сотрудник, к.г.-м.н. г. Москва*  
*e-mail: m.bolshakova@oilmsu.ru*

**Радченко Кристина Андреевна,**  
*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, аспирант, г. Москва*  
*e-mail: k.radchenko@oilmsu.ru*

**Научный руководитель:** старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, к.г.-м.н. Большакова М.А.

**Аннотация:** в статье рассмотрены результаты пиролитических исследований образцов пород доманикового горизонта обнажения Габдюково (Республика Башкирия), отобранных во время полевых работ, проводимых коллективом исследователей геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова в 2014-2016 гг.. По представленным данным сделаны выводы о типе исходного органического вещества указанных отложений, об их преобразованности и характере нефте-газоматеринских свойств.

**Ключевые слова:** Габдюково, Башкирия, доманиковый горизонт, Rock-Eval, нефтегазоматеринская порода.

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE DOMANIC HORIZON'S DEPOSITS OF THE GABDYUKOVO (BASHKIRIA REPUBLIC) BY METHOD OF ROCK-EVAL

**Kozhanov Dmitrii,**  
*Lomonosov Moscow State University, 1st year Master's Degree Student, Moscow*  
*e-mail: dimitriykozz@gmail.com*

**Bolshakova Maria,**  
*Lomonosov Moscow State University,*  
*Senior Researcher at the Department of Geology and Geochemistry of oil and gas,*  
*Candidate of Geology and Mineralogy, Moscow*  
*e-mail: m.bolshakova@oilmsu.ru*

**Radchenko Kristina,**  
*Lomonosov Moscow State University,*  
*Post-graduate Student, Moscow*  
*e-mail: k.radchenko@oilmsu.ru*

**Research Supervisor:** Senior Researcher at the Department of Geology and Geochemistry of oil and gas, Candidate of Geology and Mineralogy, Bolshakova M.A.

**Abstract:** the article discusses the results of pyrolytic studies of samples of rocks of the domanic horizon of the Gabdyukovo (Bashkiria Republic), collected in 2014-2016 summer field trips by a team of researchers from the Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University. Based on the data presented, conclusions are drawn about the type of initial organic matter of these deposits, thermal maturity and character of the source rock.

**Keywords:** Gabdyukovo, Bashkiria, domanic horizon, Rock-Eval, source rock.

Доманиковые отложения Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (ВУ НГБ) на протяжении многих лет вызывают особый интерес среди геологов-нефтяников. Во-первых, в связи с установленными нефте-газоматеринскими свойствами, во-вторых, любопытными являются и условия их накопления, а также различия в диа-катагенетической преобразованности. В настоящее время исследователей углеводородных (УВ) систем все больше интересует вопрос о потенциальных коллекторских свойствах этих отложений. Несомненно, изучение доманиковых высокоуглеродистых отложений<sup>1</sup> ВУ НГБ, с привлечением всех новейших технологий и методов анализа, является наиважнейшей задачей для понимания процессов эволюции нефтегазоносности бассейна, прогноза свойств всех элементов УВ-систем.

В данной статье рассмотрены результаты пиролитических исследований образцов пород обнажения Габдюково, расположенного вблизи г. Уфа (Республика Башкортостан), на правом берегу р. Инзер. Здесь на поверхность выходят отложения нижнего и верхнего девона (рис. 1). В основании разреза залегают терригенные породы эмского яруса, представленные песчаниками с редкими прослоями глин. Вверх по разрезу увеличивается содержание карбонатов; бийский горизонт представлен толстослоистыми кавернозными известняками. На них с большим перерывом залегают верхнедевонские отложения саргаевского горизонта. Отложения среднего девона эродированы [1]. В геологическом отношении данное обнажение расположено в пределах Благовещенской впадины Волго-Уральской антеклизы.

В стратиграфическом отношении исследуемый интервал (слой 14) относится к доманиковому горизонту верхнефранского подъяруса верхнего отдела девонской системы. Литологически отложения представлены керогеново-карбонатными и керогеново-карбонатно-кремнистыми породами, переслаивающимися между собой. Мощность выхода составляет 29 метров.

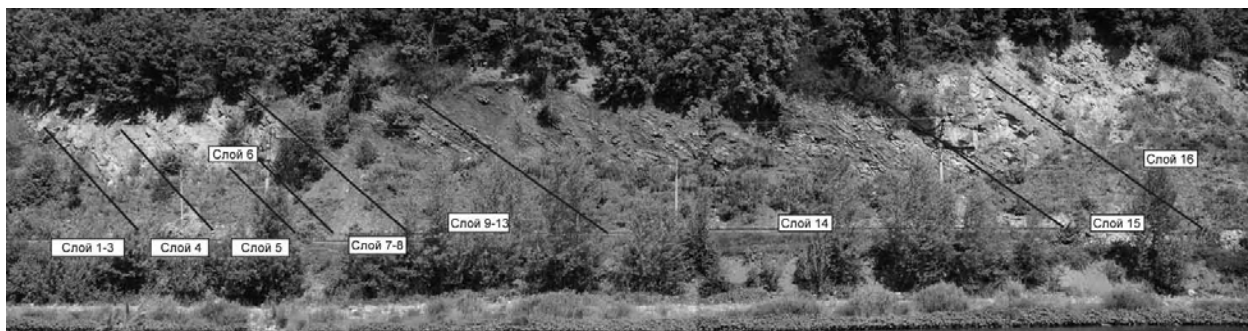


Рис. 1. Панорамный вид разреза «Габдюково» [1]

Так, по методу Rock-Eval 6 был проведен пиролитический анализ органического вещества 13 образцов с целью – оценить НГМТ свойства различных частей разреза отложений доманикового горизонта, сопоставить их между собой и сделать соответствующие выводы.

Средняя массовая доля органического углерода (ТОС) в изученных образцах составила 5,1% (от 0,76 до 14,2%), данные значения, за некоторым исключением, характерны для ОВ доманикитов и доманикоидов. Достаточно сильный разброс значений, по всей видимости, обусловлен различием литологического состава, а также количеством в общем составе глинистой примеси (рис. 2), при этом разрез характеризуется ритмичностью литологических и потенциальных нефтегазоматеринских свойств.

Данное предположение подтверждается наличием корреляционной связи между пиролитическими показателями ТОС и MINC, равной 0,6, при этом количество органического углерода в породе тем больше, чем меньше в нем карбонатной составляющей.

Пиролитический параметр  $S_1$ , характеризующий наличие подвижных углеводородов, повсеместно имеет достаточно низкие значения (от 0,11-2,37; медиана-0,65 мг УВ/ г породы). По классификации, предложенной Тиссо и Вельте [6], а также приведенным значениям пиролитического параметра Free Oil, данные породы можно классифицировать как удовлетворительные, с низким содержанием подвижных компонент. При этом, значения  $S_2$ , как показателя наличия остаточных нефтематеринских свойств, достаточно высокие (от 1,4 до 54,89; среднее-14,3 мг УВ/ г породы), по указанной

<sup>1</sup> Под высокоуглеродистой формацией (ВУФ) понимается природная совокупность тонкослоистых горных пород со сходными условиями образования, благоприятными для накопления органического вещества и его преобразования в углеводороды с последующей возможной миграцией в пустотное пространство этих пород [2].

выше классификации, данные отложения (в подавляющем большинстве случаев) характеризуются как очень хорошие и отличные.

При этом важно заметить, что значения показателя термической зрелости пород невысокие – от 430 до 439. Исходя из этого, можно заключить, что на момент максимального прогрева, данные отложения находились на стадии раннего мезокатагенеза (МК<sub>1</sub>-МК<sub>2</sub>). Таким образом, указанные отложения лишь начали реализовывать свой потенциал при этом пик генерации не был пройден. Также в пользу этого вывода говорят и малые значения показателя PI (до 0,1). По проведенной корреляции между параметрами ТОС и S<sub>1</sub> была установлена хорошая связь, равная 0,85, что говорит о наличии подвижных битумоидов в составе породы, которые, по всей видимости, являются автохтонными или паравтохтонными вмещающим отложениям.

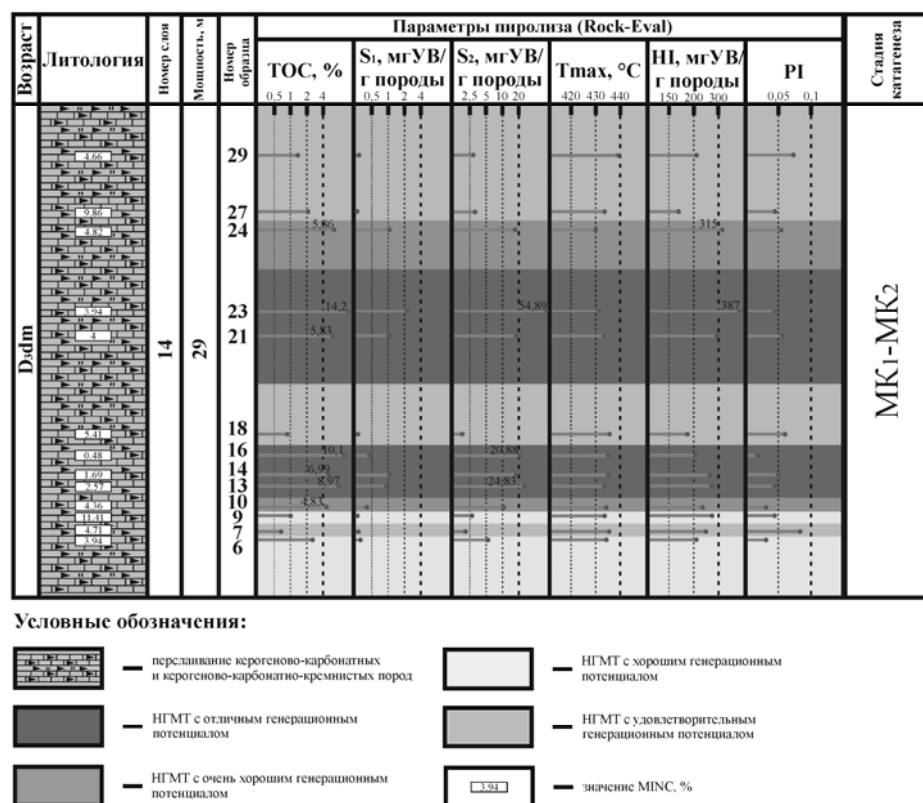


Рис. 2 Геохимический разрез обнажения Габдюково (Республика Башкортостан)

Табл. Значения показателей HI и ТОС, пересчитанные на начальное состояние		
Образец	Total Organic Carbon, wt %	Hydrogen Index, mg HC/g TOC
6	3,1	275
7	0,9	310
9	1,3	300
10	5,5	300
13	10,2	300
14	8,0	305
16	11,5	250
18	0,9	235
21	6,6	320
23	16,2	450
24	6,7	320
27	2,4	210
29	1,7	275

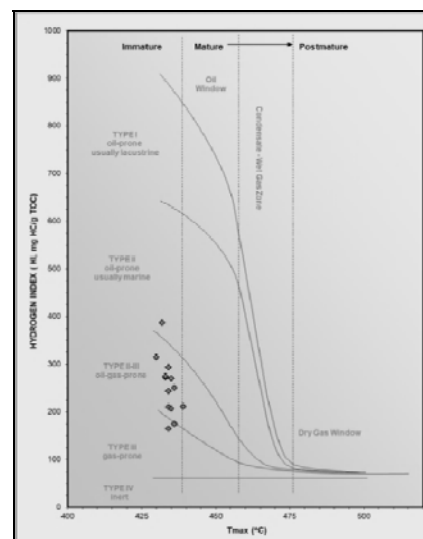


Рис. 3 Результаты пиролиза образцов на модифицированной диаграмме Ван-Кревелена

Неоднозначная картина возникает и при анализе типа исходного ОВ, так как при обычной интерпретации данных показатели водородного индекса, нам стоило бы отнести изучаемое органическое вещество к преимущественно смешанному типу (II/III) (Рис.3). Однако, исходя из палеогеографической обстановки, определенной ранее [3,5], данный вывод является маловероятным. В связи с этим, исходя из показателей HI и  $T_{max}$  были пересчитаны [4] исходные значения Hydrogen Index (табл.), благодаря которым мы можем сделать вывод о сапропелевом исходном типе ОВ, с незначительной примесью гумусового.

Помимо этого, были также восстановлены исходные концентрации  $C_{орг}$  (табл.), благодаря чему, мы имеем право отнести доманиковые отложения к изначально очень хорошим и отличным нефтематеринским породам.

Таким образом, по результатам пиролитических исследований пород доманикового горизонта обнажения Габдюково (Республика Башкирия) получены следующие выводы:

- исходное содержание органического углерода в изученных породах составляло до 16%, при этом исходный генерационный потенциал также высокий;
- почти полное отсутствие подвижных углеводородов в доманиковых породах обнажения Габдюково обусловлено как их низкой катагенетической преобразованностью, так и процессами выветривания в приповерхностных условиях естественного скального выхода;
- содержание органического углерода тем больше, чем меньше в ней карбонатной составляющей;
- нефтегазоматеринский потенциал доманикового горизонта изученный по обнажению Габдюково достаточно высокий, то есть подобные породы могли генерировать значительные объемы углеводородных соединений при оптимальных катагенетических условиях (нефтяное окно);
- исходное органическое вещество изучаемых отложений относится к сапропелевому типу, с небольшой примесью гумусового вещества.

*Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры Геологии и геохимии горючих ископаемых Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова Чупахиной Виталии Валерьевне, Завьяловой Анне Петровне, Коробовой Натилии Ивановне, Хамидуллину Руслану Айратовичу за помощь в подготовке статьи.*

### **Литература**

1. Завьялова А.П., Чупахина В.В., Ступакова А.В. и др. Сравнение разрезов доманиковых отложений Волго-Уральского и Тимано-Печерского бассейнов в местах естественного выхода на дневную поверхность // Вестник Московского Ун-та. Сер.4. Геология. М.:ГСП-1, 2018. С. 57-73.
2. Кирюхина Т.А., Фадеева Н.П., Ступакова А.В. и др. Доманиковые отложения Тимано-Печорского и Волго-Уральского бассейнов // Геология нефти и газа. М.: ВНИГНИ, 2013. № 3. С. 76.
3. Кожанов Д. Д., Хопта И. С. Геохимическая характеристика доманикового горизонта Удмуртской республики методами Rock-Eval и газо-жидкостной хроматографии // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2018. С. 150-154.
4. Неручев С.Г. Справочник по геохимии нефти и газа. СПб.: ОАО «Издательство «Недра», 1998. – С. 576.
5. Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Коробова Н.И. и др. Доманиковые отложения Волго-Уральского бассейна – типы разрезов, условия формирования и перспективы нефтегазоносности // Георесурсы. Спецвыпуск. Ч.1. Казань: Георесурсы, 2017. С.112-124.
6. Tissot B.P., Welte D.H. Petroleum formation and occurrence // Berlin, Springer-Verlag, 1978. P. 699.

УДК 665.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

*Тимофеева Анастасия Александровна*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, студент бакалавр II курса,  
г. Казань-e-mail:Timofeeva.Anastasia01@yandex.ru*

*Научный руководитель: к.н, старший научный сотрудник, к.н., КФУ, Чэнгдонг Юань*

**Аннотация:** В данной работе проанализированы свойства поверхностно-активных веществ. Цель исследовательской работы – изучение и анализ свойств, способных показать сверхнизкое значение поверхностно-активного натяжения и хорошую растворимость. Актуальность состоит в том, что данные реагенты можно применять на производстве в условиях высокоминерализованного пласта. Были проведены исследования на растворимость, анализ фазового поведения, произведен расчет поверхностно-активного натяжения методом корреляции Чун Хука. В качестве реагентов были исследованы промышленно применяемый реагенты для вытеснения нефти Состав 1 и Состав 2, анионно-неионные ПАВ. В результате проведенных испытаний установлено, что данные ПАВ обладают повышенной стойкостью в условиях высокой минерализации пластовой воды и образуют вязкоупругие водные растворы. Исследования показали, что наиболее эффективным реагентом для вытеснения нефти водными растворами является Состав 1.

**Ключевые слова:** методы увеличения нефтеотдачи, анионно-неионное поверхностно-активное вещество, корреляция Чун Хука, заводнение раствором ПАВ, высокая соленость.

## RESEARCH OF NEW SURFACTANT FOR ENHANCED OIL RECOVERY

*Timofeeva Anastasia,*

*Kazan Federal University ,2<sup>nd</sup> year Student of Bachelor's degree), Kazan,  
e-mail:Timofeeva.Anastasia01@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy , Senior Researcher,  
Chengdong Yuan*

**Abstract:** In this paper, the features of surfactants are analyzed. The aim of the research is to study and analyze properties that provide ultra-low oil/brine Interfacial tension (IFT) and has good solubility in the target brine. The relevance is that these reagents can be used in production in a highly mineralized reservoir.

Solubility studies, phase behavior analysis, and calculation of surface active tension using the Chun Huh correlation method were performed. As reagents, commercially used reagents for oil displacement Solution 1 and Solution 2, anionic-nonionic surfactants were studied. As a result of the tests, it was found that these surfactants have increased resistance in conditions of high mineralization of reservoir water and form viscoelastic aqueous solutions. Studies have shown that the most effective reagent for displacing oil with water solutions is Solution 1.

**Keywords:** enhanced oil recovery methods, anionic-nonionic surfactant, Chun Huh correlation, surfactant flooding, high salinity.

Главная задача всех нефтекомпаний - повышение эффективности разработки месторождений. Статистика наглядно подтверждает актуальность проблемы: среднее значение коэффициента извлечения нефти (КИН) по российским месторождениям составляет примерно 30%. При повышении КИН на один процент по России сделает возможным добывать до 30 млн тонн нефти в год дополнительно. Поэтому необходимо активно вводить передовые технологии, которые будут вовлекать в разработку все типы остаточных нефтей на месторождениях. Сложность в том, что остаточная нефть удерживается за счёт высоких капиллярных сил в породе, именно они препятствуют её протеканию через горную породу, а затем в скважину для последующей добычи.

Большинство методов увеличения нефтеотдачи можно разделить на три типа: термические, химические и газовые. Химический метод является одним из наиболее эффективных для увеличения нефтеотдачи пластов. Искусственное заводнение залежей нефти обрело мировую популярность из-за

доступности воды, простоты ее нагнетания, а также достижения высокой эффективности вытеснения нефти. Химическое заводнение осуществляется путем закачивания химических реагентов, которые создают требуемые изменения фазового поведения, уменьшая межфазное натяжение (МФН) между вытесняющей жидкостью и нефтью, заставляющей систему работать.

Будущее метода связывают в основном с обработкой призабойных зон нагнетательных скважин для повышения их приемистости, с нагнетанием в слабых концентрациях растворов для освоения плотных глинистых коллекторов и созданием новых составов поверхностно-активных веществ (ПАВ), обеспечивающих уменьшение межфазного натяжения до 0,01-0,05 мН/м.

**Цель** исследовательской работы – изучение и анализ свойств нового ПАВ двух составов, способных показать сверхнизкое значение поверхностно-активного натяжения и хорошую растворимость в целевом растворе.

#### **Материалы и методы.**

В данной работе использовались два анионно-неионных поверхностно-активных вещества: Состав А и Состав Б, поскольку они сочетают высокую активность с низкой адсорбцией на породах. Растворы поверхностно-активных веществ готовили с использованием модели пластовой воды с различной минерализацией (3%, 4%, 4,5%, 5%, 6%, 7%).

#### **1. Растворимость ПАВ**

Исследования на растворимость в воде показали преимущества Состав Б, который показал абсолютную растворимость для всех значений минерализации. Растворимость Состав А стала хуже при увеличении минерализации больше 5%.

#### **2. Фазовое поведение**

Растворимость нефти и раствора ПАВ в микроэмульсии измеряли путем считывания уровней раздела фаз в пробирках. К 4 мл раствора ПАВ с разной минерализацией добавляли 4 мл модели нефти C12(додекана). После трех дней в условиях 60°C температуры рассчитывалось межфазное натяжение с использованием метода корреляции Чун Хука.

Растворимость анионных поверхностно-активных веществ в воде зависит от прочности соли (Ионы Na<sup>+</sup>). С увеличением солёности растворимость воды уменьшается, и поверхностно-активное вещество имеет тенденцию разделяться на масляную фазу. Поведение фазы (а также МФН) зависит от разделения поверхностно-активного вещества. При «оптимальной солёности» ПАВ имеет примерно равное отношение рассола и нефти (коэффициент разделения  $\approx 1$ ) и образуется третья фаза микроэмульсии, представляющая собой термодинамически стабильную смесь нефти, рассола и поверхностно-активного вещества. МФН зависит от сольubilизации масла и рассола в микроэмульсии и достигнет (ультра-низкого) минимума при оптимальной солёности.

Для исследования зависимости солёности и определения оптимальной солёности обычно проводят несколько фазовых тестов при повышении солевой прочности, так называемое "сканирование солёности". Соль обычно представляет собой NaCl. После достижения равновесия смесь масла / рассола/поверхностно-активного вещества в идеале разделится на 2 или 3 фазы (рисунок 1).

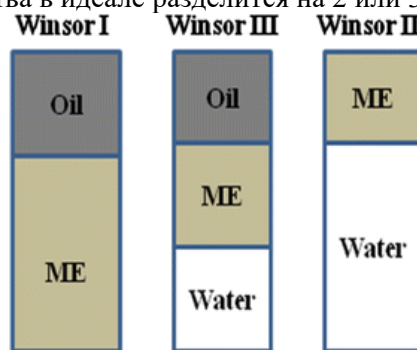


Рис.1 Представление фаз разделения по Виндзору

При низкой солёности поверхностно-активное вещество находится в рассольной фазе и сольubilизует некоторое количество нефти (Winsor I). При высокой солёности поверхностно-активное вещество разделяется на масляную фазу и сольubilизует некоторое количество рассола (Winsor II). Около средней точки солёности поверхностно-активное вещество имеет примерно равную растворимость в масле и рассоле, и развивается третья фаза микроэмульсии (Winsor III). Это диапазон солёности, в котором МФН достигает сверхнизких значений, которые необходимы эффективному ПАВ для увеличения нефтеотдачи.

При оптимальной солености объемы нефти и рассола, солубилизированные в МЭ, равны, а МФН достигает минимума.

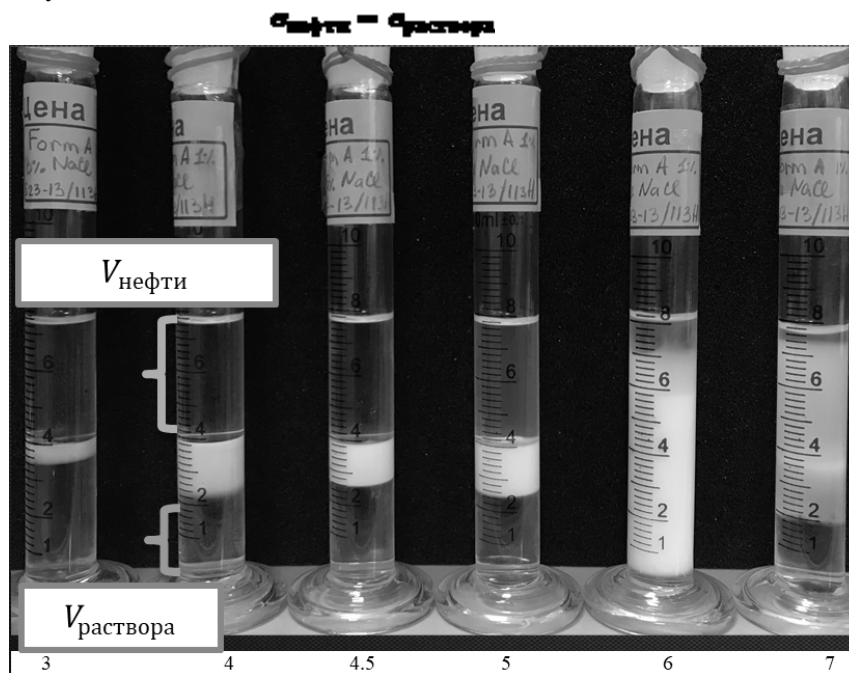


Рис. 2 Представление измерения уровней раздела фаз на примере Состава А

Результаты измерений показаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Значения для Состава А.

		нефть C12				раствор			
NaCl %	V (ПАВ), мл	V нефти в пробирке, мл	V нефти в МЭ, мл	□ нефти	МФН	V раствора в пробирке, мл	V рас- твора в МЭ, мл	□ раствора	МФН
3	0,042	3,4	0,6	14,28571	0,00247	3,2	0,8	19,04762	0,00083
4	0,042	3,4	0,6	14,28571	0,00247	2,2	1,8	42,85714	0,00100
4,5	0,042	3,8	0,2	17,8967	0,00120	2,6	1,4	33,33333	0,00156
5	0,042	3,6	0,4	24,04567	0,00107	2,4	1,6	26,7654	0,00113
6	0,042	3,2	0,8	31,65478	0,00367	0,2	3,8	18,4321	0,00088
7	0,042	3,6	0,4	9,52381	0,00456	1,8	2,2	27,3512	0,00040

Таблица 2.

Значения для Состава Б.

		Модель нефти C12				Раствор ПАВ			
NaCl %	V (ПАВ), мл	V нефти в пробирке, мл	V нефти в МЭ, мл	□ нефти	МФН (Состав А)	V раствора в пробирке, мл	V раство- ра в МЭ, мл	□ раство- ра	МФН (Состав Б)
3	0,04	3,2	0,8	20	0,0046	3,9	0,1	9,76	0,003149
4,5	0,04	1,6	2,4	60	8,33E-05	3,8	0,2	8,54	0,004113
5	0,04	1	3	75	5,33E-05	3,6	0,4	10	0,003
6	0,04	1,4	2,6	65	7,1E-05	3,8	0,2	5	0,012
7	0,04	2,1	1,9	47,5	0,000133	3,5	0,5	4,3	0,016225



3. Расчет межфазного натяжения методом корреляции Чун Хука:

$$\sigma_{\text{нефти}} = \frac{V_{\text{нефти в МЭ}}}{V_{\text{ПВВ}}}$$
$$\sigma_{\text{раствора}} = \frac{V_{\text{раствора в МЭ}}}{V_{\text{ПВВ}}}$$

где,  $V_{\text{нефти в МЭ}}$  – объём нефти в микроэмульсии (МЭ), разница начального объема (4 мл) и конечного объема ( $V_{\text{нефти в пробирке}}$ ).  $V_{\text{раствора в МЭ}}$  – объём раствора ПАВ в микроэмульсии (МЭ), разница начального объема (4 мл) и конечного объема ( $V_{\text{раствора в пробирке}}$ ).  $\sigma_{\text{нефти}}$ ,  $\sigma_{\text{раствора}}$  – солубилизация нефти и воды.

Межфазное натяжение рассчитывается по формуле:

$$\text{МФН} = \frac{c}{\sigma^2}$$

$c = 0,3$  – константа, используемая при измерении МФН в мН/м

**Результаты** показали, что поверхностно-активное вещество Составы А может снижать МФН (нефть-вода) до уровня  $10^{-3}$  мН/м при низкой концентрации 1% в условиях пластов высокой минерализации, в отличие от Составы Б, который способен снизить МФН лишь до  $10^{-2}$  мН/м.

**Вывод.** Поверхностно-активное вещество Составы А обладает большим потенциалом для МУН в высокоминерализованных резервуарах. В дальнейшем можно рассмотреть его применение в условиях производства.

#### Литература

1. 1. Hirasaki, G.; Miller, C. A.; Puerto, M. Последние достижения в области поверхностно-активного вещества EOR. // SPE J. 2011, 16 (04), 889-907.
2. 2. Гупта, Р.; Моханти, К. К. Влияние температуры на поглощение поверхностно-активных веществ в трещиноватые карбонаты. //SPE J. 2010, 15 (3), 588– 597.
3. 3. Green, D. W. and Willhite, G. P. (1998) Enhanced Oil Recovery; Richardson, Texas: Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers.

УДК: 553.982.2

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ И СОСТАВА НЕФТИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Рузманов Ростислав Юрьевич**

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, студент бакалавра 4 курса, г. Пермь

e-mail:rostislave.r@yandex.ru

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., доктор геолого-минералогических наук, профессор, Карасева Татьяна Владимировна

**Аннотация:** В статье рассмотрены физико-химические свойства нефтей Удмуртской Республики. Выявлены закономерности изменения плотности, вязкости нефтей, содержания в них серы, смол, парафинов.

**Ключевые слова:** Удмуртская Республика, нефть, тяжелая нефть, свойства нефти, парафин смолы, плотность.

## REGULARITIES OF CHANGES IN THE PROPERTIES AND COMPOSITION OF OIL IN THE UDMURT REPUBLIC

*Rusmanov Rostislav*

*Perm State National Research University, 4th year bachelor's student, Perm  
e-mail:rostislave.r@yandex.ru*

*Scientific supervisor: doctor of geological and mineralogical Sciences, Professor, Tatyana Karaseva*

**Annotation:** The article deals with the physical and chemical properties of oils of the Udmurt Republic. The regularities of changes in the density, viscosity of oils, the content of sulfur, resins, and paraffins in them are revealed.

**Keyword:** Udmurt Republic, oil, heavy oil, oil properties, resin paraffin, densit

Удмуртская Республика относится к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Основным ресурсом недр Республики Удмуртия является нефть. Разведанные промышленные запасы нефти составляют приблизительно 300 млн. тонн при ежегодной добыче в 10 млн. тонн. Всего государственным балансом учтены 114 месторождений нефти, 72 из которых находятся в разработке, а 32 подготовлены для промышленного освоения. Крупнейшие месторождения — это Чутырско-Киенгопское, Мишкинское, Гремихинское, Красногорское.

Территория республики по своему геологическому строению соответствует восточной части Русской платформы. Геологический разрез представлен кристаллическим фундаментом и отложениями осадочного чехла. Кристаллический фундамент в пределах республики складывается породами карельского комплекса нижнего протерозоя: гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами. На северо-востоке территории республики ограничено представлены гранитоиды верхнего архея. Осадочный чехол складывается породами верхнего протерозоя, девона, карбона, перми, триаса, неогена и четвертичного периода.

Территория Удмуртской Республики расположена в пределах Волжско-Камской антеклизы (ВКА), одной из крупных положительных структур Русской платформы, которая со всех сторон ограничена отрицательными структурами. ВКА состоит из ряда более мелких положительных и отрицательных структур [1,2]. В пределах Удмуртской Республики выделяются следующие крупные тектонические структуры:

- Татарский свод (выражен по всем структурным этажам);
- Калтасинский авлакоген (выражен в восточной части по кристаллическому фундаменту);
- Верхнекамская впадина (выражена в восточной части в осадочном чехле).

Кроме того, в позднедевонских и частично турнейских отложениях выделяется Камско-Кинельская система впадин, основная зона генерации нефтей севера Урало-Поволжья.

В ходе выполнения работы была создана сводка данных по нефтям наиболее крупных месторождений Удмуртской Республики и сопредельных районов Башкортостана. В качестве изучаемых месторождений были выбраны Золотаревское, Красногорское, Чутырско-Киенгопское, Мишкинское, Гремихинское, Архангельское, Арланское, Покровское.

Установлено, что плотность нефтей возрастает с юго-востока на северо-запад исследуемой территории. Наиболее легкие нефти Арланского и Архангельского месторождений располагаются в южных районах (Рис.1).

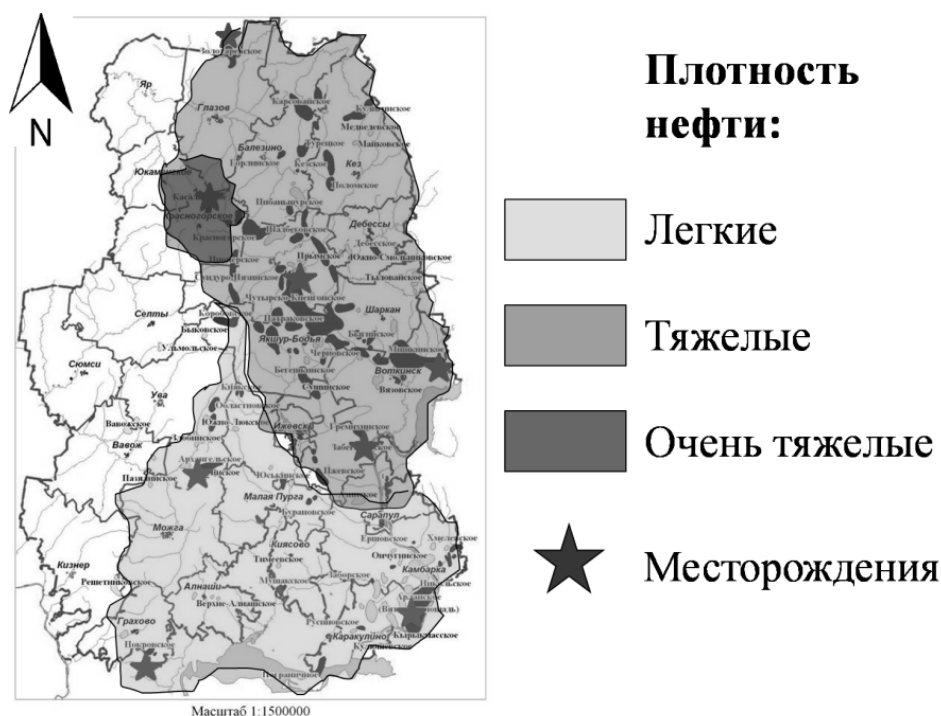


Рис. 1. Изменение плотности нефтей по территории Удмуртской Республики

По вязкости была выявлена следующая закономерность: маловязкие нефти сосредоточены на юго-западе на Покровском и Архангельском месторождениях, далее вязкость повышается на юго-востоке на Арланском месторождении, затем севернее располагаются месторождения с высоковязкой нефтью. Однако максимальные значения были определены в месторождениях центральной части территории Удмуртской Республики, а именно на Гремихинском и Мишкинском месторождениях (Рис. 2). В целом наблюдается тенденция увеличения вязкости нефтей по мере роста плотности.



Рис.2. Изменение вязкости нефтей по территории Удмуртской Республики.

По содержанию серы, на крайних месторождениях северной (Золотаревское) и южной (Покровское) частях исследуемой территории нефти сернистые, в остальных высокосернистые, содержание серы доходит до 2,8%. Самые высокие значения у месторождений восточной части, а именно Арланского и Мишкинского, процентное содержание серы выше 3% (Рис. 3).

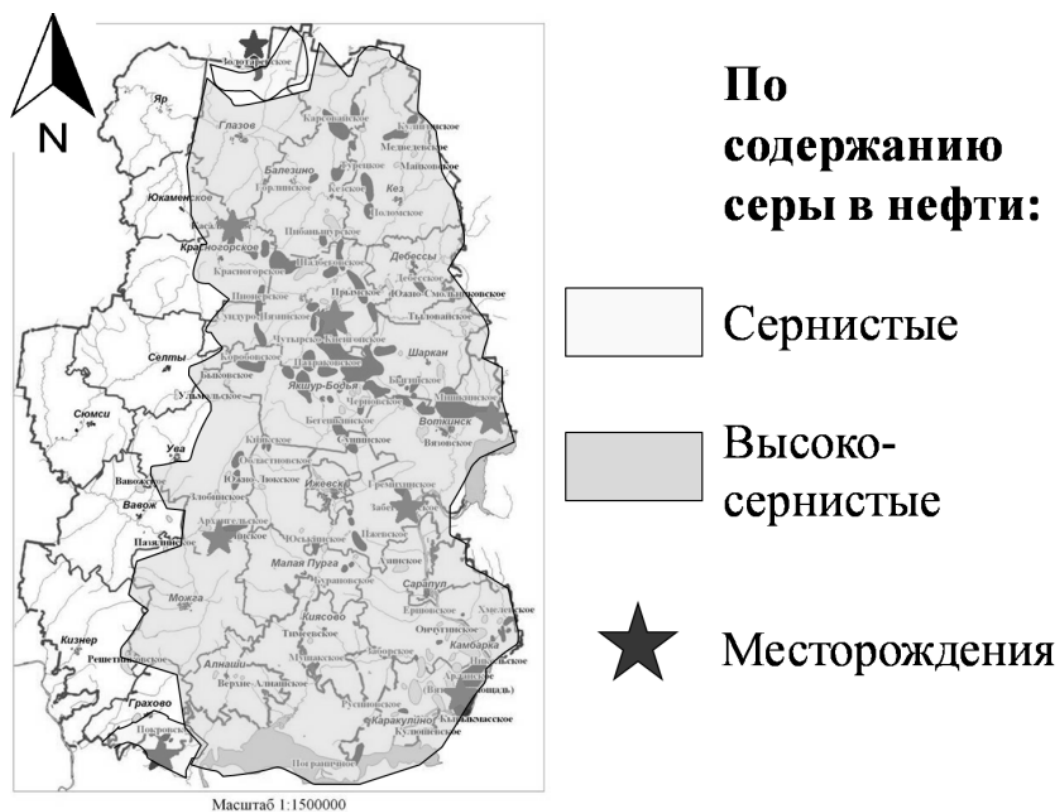


Рис. 3. Изменение содержания серы в нефтях Удмуртской Республики.

Содержание смол на всей территории Удмуртской Республики практически сходное, за исключением Гремихинского и Архангельского месторождений, где значения превышают 20%, и нефти этих месторождений являются высокосмолистыми (Рис. 4).



Рис. 4. Изменение содержания смол в нефтях Удмуртской Республики.

По содержанию парафинов основная часть нефтей изученных месторождений относится к типу парафинистых (содержание от 1,5 до 6%). Повышенные значения выявлены на месторождениях западной части республики -Покровское, Красногорское и Золотаревское (Рис. 5).

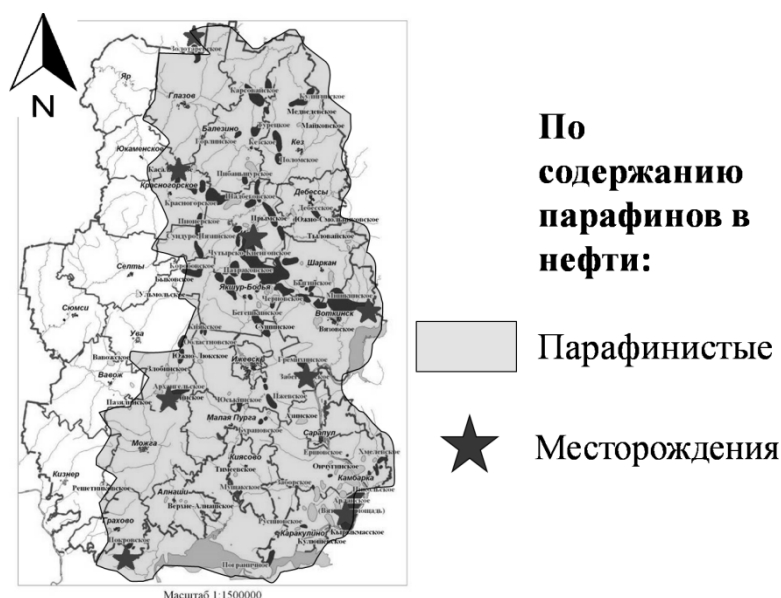


Рис. 5. Изменение содержания парафинов в нефтях Удмуртской Республики.

Таким образом нефти Удмуртской Республики по физическим свойствам являются тяжелыми (среднее значение  $0,891 \text{ г/см}^3$ ), высоковязкими (среднее значение  $64,3 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ). По химическому составу нефти высокосернистые (среднее значение  $2,6\%$ ), парафинистые (среднее значение  $4,0\%$ ), смолистые (среднее значение  $17,6\%$ ). Особенности свойств нефтей связаны в основном с формированием их за счет материнских пород Камско-Кинельской системы впадин при незначительной степени катагенеза (не выше МК1).

#### Литература

- 1.Проворов В.М. Рейтинг субъектов Российской Федерации в северных и западных районах Урало-Поволжья по степени перспективности на поиски нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. -Пермь, 1997.-С. 131-134.
- 2.Проворов В.М. Тектоно-седиментационные особенности северных и западных районов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции / В.М.Проворов // Дисс. на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. -Пермь, 1994. -57 с.

УДК 550.85

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И УТОЧНЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФИЛЬТРАЦИОННО – ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД КОЛЛЕКТОРОВ

**Белозерцева Полина Анатольевна**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, студент 4 курса,  
г. Пермь, e-mail:belozertsevapolina@yandex.ru

**Научный руководитель:** к. т. н, доцент, Мелкишев Олег Александрович

**Аннотация:** В работе изучены и проанализированы способы классификации горных пород для уточнения петрофизических зависимостей.

**Ключевые слова:** классификация, гидравлическая единица потока, фильтрационно – ёмкостные свойства, литотип, кластерный анализ.

# RESEARCH OF INFLUENCE OF METHODS FOR CLASSIFICATION OF ROCKS FOR OBTAINING AND REFINING DEPENDENCES OF FILTRATION - CAPACITY PROPERTIES OF RESERVOIR ROCKS

*Belozertseva Polina Anatol'evna,  
Perm National Research Polytechnic University, 4<sup>th</sup> year Student,  
Perm, e-mail:belozertsevapolina@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Reader, Melkishev Oleg Alexandrovich*

**Abstract:** In the work, methods for classifying rocks to clarify petrophysical dependencies were studied and analyzed.

**Keywords:** classification, hydraulic unit of flow, filtration - capacity properties, lithotype, cluster analysis.

При планировании разработки нефтяных и газовых месторождений особое внимание уделяется изучению петрофизической зависимости между такими величинами как коэффициент пористости и коэффициент проницаемости. В дальнейшем полученные зависимости могут использоваться при построении гидродинамической модели месторождения. Повышение достоверности зависимостей может осуществляться путем применения различных методов классификации, которые отражают в той или иной степени условия осадконакопления, структурно – текстурные особенности и вещественный состав осадочных горных пород.

В классификации горных пород по литотипам Н.М. Страхов выделяет 10 основных групп: обломочные, глинистые, глинозёмистые (аллитные), железистые, марганцевые, фосфатные, кремнистые, карбонатные, соли и каустобиолиты [1]. Преимущественно такие классификации построены на особенностях минералогического состава.

Так же существуют альтернативные методы классификации горных пород, такие как HFU (Hydraulic Flow Unit), или метод гидравлических единиц потока [2]. Суть метода заключается в объединении пород с близкими характеристиками порового пространства в одну единицу, называемую гидравлической единицей потока.

В работе был проведен анализ кернового материала, полученного с одного из месторождений Тимано – Печорской провинции. Керновый материал представлен карбонатным типом пород.

Карбонатные породы по соотношению кальцита и доломита были разделены на группы. Такие авторы как С.Г. Вишняков и Н.М. Страхов выделяют шесть основных групп, Г.И. Теодорович – восемь. По данным определения минералогического состава образцы были разделены на отдельные литотипы в соответствии с классификацией С.Г. Вишнякова для известково – доломитовых и карбонатно – глинистых пород [3]. В рассматриваемую выборку вошли следующие типы карбонатных пород: известняк (275 наблюдения), известняк глинистый (84 наблюдения), доломит (4 наблюдения), доломит глинистый (33 наблюдения), известняк доломитистый (44 наблюдения).

В таблице 1 приведены основные статистические характеристики фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС): коэффициентов газопроницаемости ( $K_{пр\ газ}$ , мД), пористости ( $K_n$ , %) для каждого из выделенных литотипов.

Таблица 1

Основные статистические характеристики ФЕС по литотипам

Статистические характеристики	$K_n$ , % / $K_{пр\ газ}$ , мД				
	Известняк	Доломит	Глинистый доломит	Глинистый известняк	Известняк доломитистый
N, шт.	275	4	33	84	44
Среднее	5,89/20,44	6,61/0,85	7,97/8,67	5,67/14,56	2,83/1,20
MIN	0,44/0,01	5,44/0,46	2,93/0,05	0,50/0,01	0,44/0,02
MAX	17,70/1084,00	8,02/1,21	16,27/86,35	15,36/264,90	9,75/19,74
Дисперсия	15,94/7414,16	1,14/0,11	5,70/446,94	15,92/1631,84	5,51/12,56
Ст. откл.	3,99/86,11	1,07/0,33	2,39/21,14	3,99/40,40	2,35/3,54
Коэф. корреляции $r$	0,72	-	0,44	0,70	0,59
Дост. уровень знач. $p$	$<10^{-4}$	-	0,0113	$<10^{-4}$	$<10^{-4}$

Зависимость  $Lg(K_{пр\ газ})$  от пористости по литотипам приведена на рисунке 1.

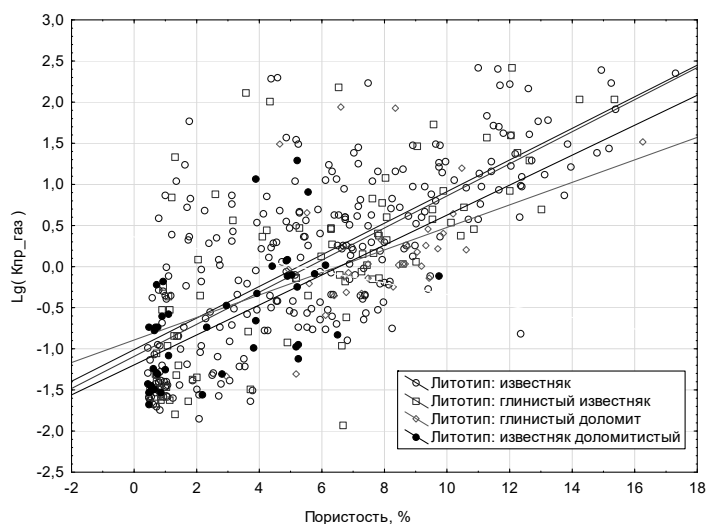


Рис.1 Зависимость газопроницаемости от пористости по литотипам

Для каждого из выделенных литотипов были построены одномерные регрессионные уравнения, определены значения парного коэффициента корреляции  $r$  с достигаемым уровнем значимости  $p$ .

Коэффициенты корреляции  $r$  изменяются от 0,44 до 0,72 и являются статистически значимыми ( $p \leq 0,05$ ) для всех литотипов. Однако, на рисунке видно, что отчетливая группировка литотипов по ФЕС отсутствует и наблюдается достаточно большой разброс значений  $Lg(K_{пр\_газ})$  при одном и том же значении коэффициента пористости, облака значений сильно перекрываются. Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что использование классификации по литотипам не позволяет установить строгий диапазон изменения ФЕС в классах.

Классификация пород с применением метода гидравлических единиц потока позволила выделить 5 классов коллекторов с близкой характеристикой порового пространства.

Выделение гидравлической единицы потока базируется на расчете индикатора гидравлического типа коллектора FZI (Flow Zone Indicator),  $(мД/д.ед.)^{0.5}$  (1):

$$FZI = \frac{0,0314 * \sqrt{K_{пр}/Kп}}{Kп/(1 - Kп)} \quad (1)$$

где  $K_{пр}$  – проницаемость [мД],  $Kп$  – пористость [д. ед.].

Выделение классов коллекторов было произведено по функции распределения FZI в логарифмическом масштабе с выделением прямолинейных участков. Для каждого из классов были определены граничные значения параметра FZI (рис. 2)

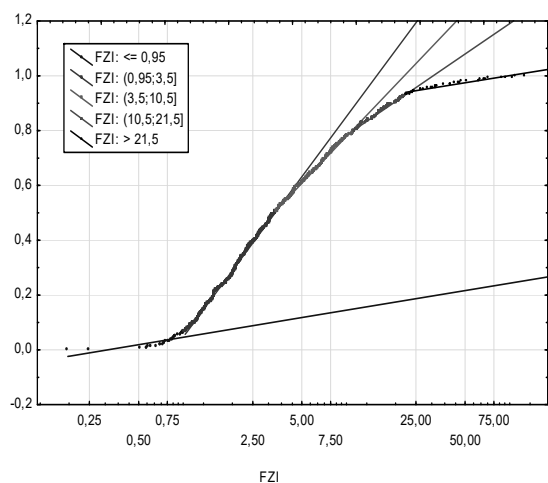
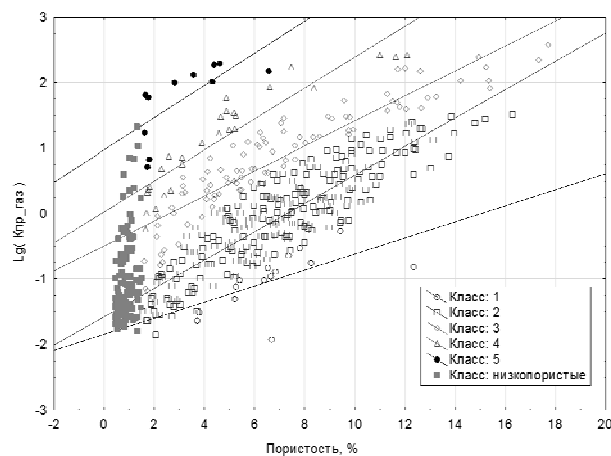


Рис.2. Функция распределения FZI

Рис.3. Зависимость  $Lg(K_{пр\_газ})$  от пористости по классам FZI



Для каждого из классов, выделенных по FZI (рис.3), так же были построены регрессионные уравнения и определены коэффициенты корреляции с допустимым уровнем значимости  $p$ .

Таблица 2

Основные статистические характеристики ФЕС по классам FZI

Статистические характеристики	$Kn, \% / K_{пр\_газ}, мД$				
	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
N, шт.	275	4	33	84	44
Среднее	5,89/20,44	6,61/0,85	7,97/8,67	5,67/14,56	2,83/1,20
MIN	0,44/0,01	5,44/0,46	2,93/0,05	0,50/0,01	0,44/0,02
MAX	17,70/1084,00	8,02/1,21	16,27/86,35	15,36/264,90	9,75/19,74
Дисперсия	15,94/7414,16	1,14/0,11	5,70/446,94	15,92/1631,84	5,51/12,56
Ст. откл.	3,99/86,11	1,07/0,33	2,39/21,14	3,99/40,40	2,35/3,54
Коеф. корреляции $r$	0,61	0,88	0,92	0,92	0,72
Дост. уровень знач. $p$	0,0142	$<10^{-4}$	$<10^{-4}$	$<10^{-4}$	0,0134

Коэффициенты корреляции  $r$  для классов изменяются от 0,61 до 0,92 и являются статически значимыми ( $p \leq 0,05$ ). Полученные значения  $r$  выше значений, полученных с применением классификации по литотипам.

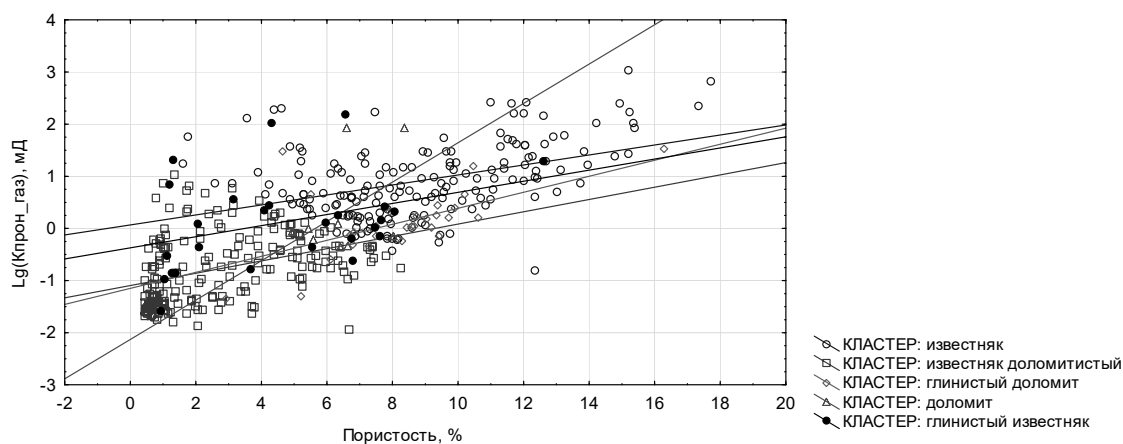
Так же в качестве одного из методов классификации для данной выборки был использован кластерный анализ, суть которого заключается в разбиении множества исследуемых признаков на отдельные группы, или кластеры с минимальным среднеквадратическим отклонением.

В качестве параметров для разбиения на кластеры использовались логарифм коэффициента проницаемости по газу, пористость, содержание кальцита, доломита и нерастворимого остатка. Рассматриваемые характеристики для кластерного анализа были стандартизованы. Количество кластеров было задано в соответствии с количеством литотипов - 5 шт., начальные центры кластеров задавались средними значениями стандартизованных параметров. Результаты анализа представлены в таблице 3 и на рисунке 4.

Таблица 3

Основные статистические характеристики ФЕС по кластерам

Статистические характеристики	$Kn, \% / K_{пр\_газ}, мД$				
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
N, шт.	81	40	56	112	86
Среднее	6,64/18,70	6,43/4,83	6,95/3,96	5,02/22,53	7,37/3,56
MIN	0,55/0,02	0,87/0,02	2,19/0,03	0,55/0,01	0,67/0,01
MAX	17,32/249,70	13,12/30,67	14,78/60,33	17,7/683,00	13,97/50,62
Дисперсия	17,71/2456,20	11,28/46,77	7,45/90,36	16,91/6059,31	8,79/58,54
Коеф. корреляции $r$	0,4166	0,3692	0,5799	0,4598	0,3609
Дост. уровень знач. $p$	$<10^{-4}$	$<10^{-4}$	0,0012	0,2131	0,0701

Рис.4. Зависимость  $Lg(K_{пр\_газ})$  от пористости по кластерам

Наибольшие значения  $r$  в зависимостях  $Lg(K_{пр\_газ}) = f(Kn)$  наблюдаются при классификации горных пород с помощью метода гидравлических единиц потока (HFU). Из диаграммы рассеяния

можно отметить, что значения ФЕС наиболее компактно расположены в каждом из выделенных классов. Классификация по кластерам и литотипам обладает наибольшей дисперсией в классах.

Анализ полученных корреляционных полей указывает на отсутствие связи классов по FZI и классов по кластерному анализу с литотипом рассматриваемых карбонатных пород. Полученные результаты можно объяснить сложностью пустотного пространства карбонатных коллекторов, что требует применения дополнительных характеристик, описывающих пустотное пространство.

### *Литература*

1. Ежова А.В. *Литология. Краткий курс: учебное пособие.* – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 19 с.
2. Кошовкин И.Н., Белозеров В.Б. *Отображение неоднородностей терригенных коллекторов при построении геологических моделей нефтяных месторождений. Известия Томского политехнического университета, 2007.* – 27 с.
3. Фролов В. Т. *Литология. Кн. 2: Учеб. Пособие.* – М.: Изд – во МГУ, 1993. – 432 с: ил., с. 8–10.

УДК. 555.98.042(262.54)

## **К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ**

**Попков Иван Васильевич**

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный университет», молодой ученый, г. Краснодар. e-mail: geoskubsu@mail.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор,  
*Попков Василий Иванович*

**Аннотация:** В пределах Азовского моря по данным сейсморазведки предполагается развитие в палеозойском разрезе крупных биогермных построек, с которыми могут быть связаны значительные по запасам скопления нефти и газа. Произведен критический анализ существующих представлений по данному вопросу. Предложен альтернативный вариант картируемых структур, основанный на складчато-надвиговой модели их строения.

**Ключевые слова:** Сейсморазведка, палеозой, биогермные постройки, складчато-надвиговые дислокации.

## **ON THE PROSPECTS OF OIL AND GAS POTENTIAL OF PALEOZOIC DEPOSITS OF THE SEA OF AZOV**

**Popkov Ivan Vasilyevich,**

*Federal state educational institution of higher education "Kuban state University", young scientist, Krasnodar. e-mail: geoskubsu@mail.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, *Popkov Vasily Ivanovich*

**Abstract:** Within the sea of Azov, seismic data suggest the development of large biohermal structures in the Paleozoic section, which may be associated with significant accumulations of oil and gas reserves. A critical analysis of existing views on this issue is made. An alternative version of the mapped structures based on a fold-and-thrust model of their structure is proposed.

**Keywords:** Seismic, Paleozoic, bioherm construction, fold-thrust dislocations

Большие надежды на обнаружение крупных скоплений углеводородов на Азовском море появились в последние годы [2,3,6,7]. Эти надежды основаны на результатах сравнительно недавних региональных сейсмических съемок ПО «Союзморгео», давшие интересную информацию о внутрен-

ней структуре доплитного комплекса в зоне Азовского вала и его южного склона, представленного дислоцированными палеозойско-триасовыми отложениями [5].

Согласно результатам, приведенных в работах [2,3,6,7], во внутренней структуре переходного комплекса Азовского вала на глубинах 2-5 км обнаружены крупные сложно построенные объекты: структуры "Палеозойская", "Високосная" (рис. 1). Эти объекты условно отнесены к стратиграфическому интервалу среднего палеозоя (девон). В ряде случаев они имеют сейсмические особенности, которые, по мнению вышеназванных исследователей, в совокупности с данными грави- и магнитометрии указывают на вероятность их «биогермного» или «вулканогенно-биогермного» происхождения. Считают, что последнее отображается в наличии геофизических признаков вулканических аппаратов, которые перекрываются слоистыми осадочными и вулканогенно-осадочными сериями. Развитие таких сложных комплексов может свидетельствовать о принадлежности рассматриваемой зоны к погребенной окраине континента и/или островной дуге.

По мнению Б.В. Сенина [7] такое заключение не лишено оснований, так как согласуется с итогами его обобщения материалов по геологическому строению подошвы осадочного чехла, по структуре поверхности палеозойского комплекса и по прогнозируемому распределению мощностей девонско-каменноугольных отложений в регионе.

В результате интерпретации сейсмического материала одно из таких тел оконтурено и получило название как структура «Палеозойская» (рис. 2). По замкнутой изогипсе - 2.5 км размер структуры составляет 18х10 км, площадь 185 км<sup>2</sup>, амплитуда около 250 м. Сопоставление результатов сейсморазведки, гравиразведки и магниторазведки (изометричные аномалии), дает основание указанным авторам предполагать наличие под этой структурой вулканического аппарата, сформировавшегося на уступе древнего континентального склона.



Рис. 1. Объекты, предположительно биогермного происхождения: структуры «Палеозойская» и «Високосная» [3].

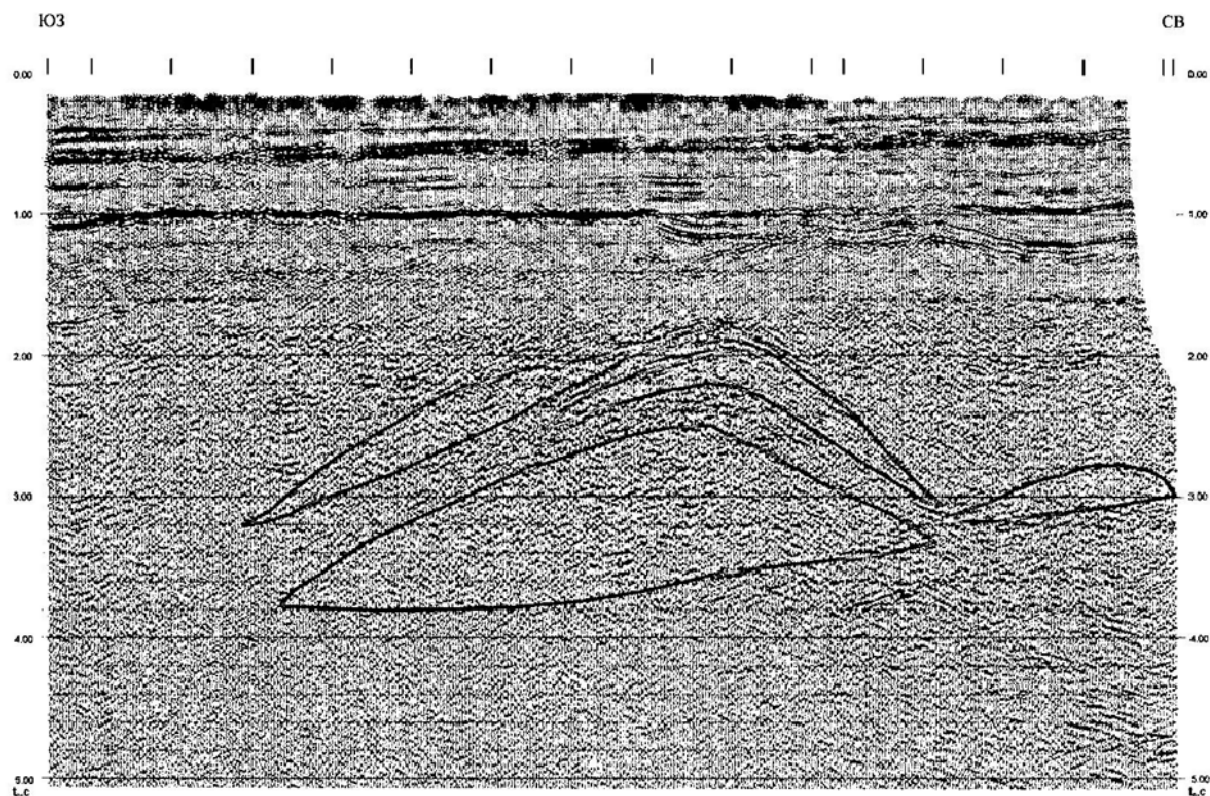


Рис. 2. Сейсмогеологическая модель «Риф» (интерпретация Р.А.Казанцева и Р.В.Шайнурова) структуры «Палеозойская» [3].

На временных разрезах здесь отмечаются участки записи, характерные, как считают эти исследователи, для погребенных биогермных построек. Одним из главных доказательств присутствия здесь крупной рифогенной постройки ими видится в наличии в разрезе крупных линзовидных тел.

Авторы также полагают, что этот вывод подтверждается и рядом косвенных критериев, в частности палеогеографических и палеотектонических. Однако подобное заключение не подкреплено ими фактическим материалом.

Предложенный вариант интерпретации, предполагающий наличие в палеозойском разрезе мощной рифогенной постройки, безусловно, заслуживает пристального внимания, поскольку в случае его подтверждения представления об углеводородном потенциале Азовского вала и всей акватории в целом в этом случае кардинально изменятся. Вместе с тем в отношении реальности существования палеозойского карбонатного массива есть определенные сомнения, вызванные, прежде всего, тем, что выделен он по очень слабым отражениям, находящимся часто почти на уровне «шума».

Кроме того, на приведенных фрагментах временных разрезов прямые сейсмические признаки, типичные для рифовых карбонатных построек, в явном виде не наблюдаются. Более того, нет совершенно никакой аналогии с сейсмической моделью строения Тенгиза [1], на который иногда ссылаются авторы. Здесь очень ценной, на наш взгляд, была бы информация о пластовых скоростях разреза, которая, к сожалению, ими не приводится. Трудно предположить, чтобы палеозойские карбонатные породы, находящиеся на глубине около двух километров, не давали бы устойчивых отражений. В Прикаспийской впадине (Тенгиз, Карачаганак, Кашаган) они хорошо регистрируются, залегая на гораздо больших глубинах, к тому же под мощнейшей толщей кунгурской соли.

Не внушают большого оптимизма и результаты сопоставления данных сейсморазведки, гравиметрической и магниторазведки. Магнитные аномалии никак не коррелируются с гравиметрическими. Нет их соответствия и с данными сейсморазведки. При этом отметим, что поднятию по сейсмическим построениям в плане отвечает положительная гравитационная локальная аномалия, что вполне закономерно, если допустить, что оно сложено более плотными терригенными породами. И трудно это объяснить, если допустить присутствие здесь крупного рифогенного массива, плотность которого будет заметно меньше, чем терригенных толщ. К тому же карбонатный массив в силу магнитных свойств слагающих его пород локализовался бы и в магнитном поле. Все это говорит о необходимости более осторожного подхода к интерпретации геофизического материала, а предложенный «биогермный» вариант рассматривать как один из возможных вариантов, но не как единственный.

Нам представляется, что более соответствующей имеющейся геолого-геофизической информации может быть «дизъюнктивно-пликативная» модель «Палеозойской» структуры (рис. 3).

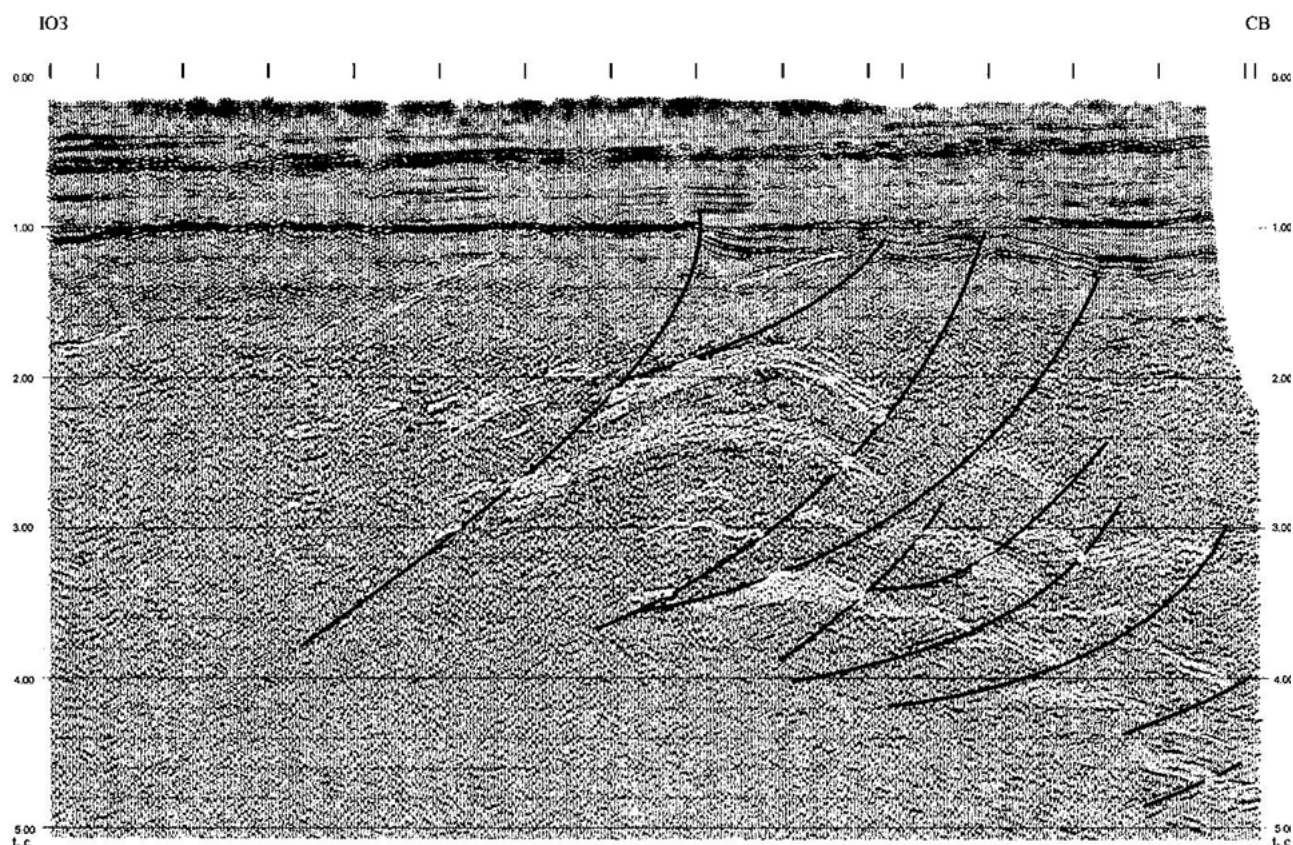


Рис. 3. Предлагаемый складчато-надвиговый вариант интерпретации «Палеозойской структуры».

В пользу этого может свидетельствовать ее приуроченность к фронтальной части Азовского аллохтона, что можно видеть на рисунке 2, приведенном в работе [5]. Данный объект находится в левой части разреза примерно на «глубине» около 3-х секунд. Предлагаемый вариант не противоречит и данным грави- и магниторазведки. Более того, палеозойско-триасовый комплекс платформенного Азовского вала претерпел интенсивные складчато-надвиговые деформации в позднекиммерийскую фазу складчатости [4,5]. Интенсивная дислоцированность толщ подтверждена материалами бурения и данными сейсморазведки разных лет.

Изложенное выше требует более основательных подтверждений биогермной модели рассмотренного объекта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края, проект 19-45-230005 р\_а, а также проекта РФФИ 19-05-00165-а.

### Литература

1. Архипов А.А., Исмаилов Д.Ф., Попков В.И., Терехов А.А. Первые результаты изучения подсолевых отложений на акватории Северного Каспия сейсморазведкой МОВ-ОГТ // Доклады АН СССР. 1990. Т. 315. № 2. С. 436-438
2. Казанцев Р.А., Шайнуров Р.В. Открытие протерозой-палеозойского прогиба в северной части Азовского моря // Разведка и охрана недр. 2001. № 8. С. 34-40.
3. Лыгин В.А., Пьянков В.Я., Сианисян Э.С., Виноградов Д.А. Геолого-геофизическое обоснование перспективных зон для поисков углеводородов в породах кристаллического фундамента и палеозоя Краснодарского края и Ростовской области // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 1(44). С. 72-84.
4. Попков В.И., Попков И.В., Дементьева И.Е. Раннекиммерийская складчатая система и перспективы нефтегазоносности нижних секций осадочного разреза Западного Предкавказья // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Том 2. Материалы I Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2018. С. 93-97.

5. Попков В.И., Попков И.В. Тектоническая природа Центрально-Азовской и Каневско-Березанской систем дислокаций // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 3(66). С. 106-115.

6. Савченко В.И. К вопросу о перспективах нефтегазоносности транзитных и переходных зон России // Труды Южного научного центра Российской академии наук. Том 1: Геология. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 76-82.

7. Сенин Б.В. Нефтегазоносность акваторий южных морей и прилегающих территорий России // Труды Южного научного центра Российской академии наук. Том 1: Геология. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 41-76.

УДК 553.982.2

## **КАТАГЕНЕЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИСХОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НГМП ВОСТОЧНОГО БОРТА ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА**

**Капитанова Анастасия Сергеевна**

*Камский научно-исследовательский институт комплексных исследований глубоких и сверхглубоких скважин (молодой ученый), Пермь  
e-mail: kapitan19.95@mail.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Карасева Татьяна Владимировна

**Аннотация:** В статье представлены результаты реконструкции катагенетической зональности осадочного чехла восточного борта Предуральского прогиба. Приведен вариант изменения коэффициента преобразованности органического вещества НГМП в осадочной толще терригенного девона и силура в течение истории геологического развития.

**Ключевые слова:** бассейновое моделирование, Предуральский прогиб, история погружения, надвиги, катагенез, главная зона нефтеобразования, главная зона газообразования.

## **CATAGENESIS AND REALIZATION OF ORIGINAL POTENTIAL ORGANIC MATTER SOURCE ROCK OF THE EASTERN BOARD PRE-URAL TROUGH**

**Kapitanova Anastasiya Sergeevna,**

*Kama research institute on complex deep and superdeep borhole investigations (young researcher), Perm, e-mail: kapitan19.95@mail.ru*

**Research Supervisor:** doctor of geology and mineralogy, professor Karaseva Tatyana Vladimirovna

**Abstract:** In the article results of reconstruction catagenetic zonality of sedimentary cover are presented for the eastern board Pre-Ural trough. A variant of change the transformation ratio organic matter source rock is given for the sedimentary strata of terrigenous Devonian and Silurian in history of geological development.

**Keywords:** basin modeling, Pre-Ural trough, burial history, thrusts, catagenesis, oil generation zone, gas generation zone.

В последние годы активно возрастает интерес к малоизученным нефтегазоносным комплексам южной части восточного борта Предуральского прогиба. В силуре, нижнем и среднем девоне уже выделены предполагаемые НГМ-толщи, обоснован генезис путей миграции УВ, в том числе в МЗ-КЗ неотектонический этап [5,7], по результатам бурения в этих отложениях зафиксированы нефте- и битумопроявления. Разработаны модели ордовикско-силурийской и нижнедевонско-франской нефтяных систем Бельской впадины. [4]

Считается, что одна из наиболее перспективных областей на поиск залежей УВ в нижнем палеозое и девоне простирается субмеридионально между южным продолжением складок кинзебулатовского типа и складчатым Уралом (Республика Башкортостан). В этой линейной полосе открыты преимущественно нефтяные тектонически-экранированные залежи в средне-верхнекаменноугольных отложениях, связанные с антиклиналями фронтальных частей шарьяжно-надвиговых дислокаций. [9] Для определения возможной нефтегазогенерации в нижележащих отложениях терригенного девона была проведена реконструкция эволюционно-катагенетической зональности в ПО «PetroMod» по разрезу скважины Тейрукского месторождения глубиной 2586 м, которая полностью вскрыла девон и частично – венд. Кроме основной залежи, нефте- и битумопроявления на этом участке получены из известняков верхней части чеславского горизонта живетского яруса на глубине более 2400 м.

Известно, что на юго-востоке Предуральского прогиба чеславские породы-коллекторы подстилаются доманикоидами афонинского горизонта и являются составляющими нижедевонско-франской нефтяной системы. Содержание сапропелевого ОВ в некоторых НГМП афонинского горизонта превышает 0,8 %. [1,2,3] По данным моделирования температура в подошве афонинского горизонта (28 м) на рубеже ранней-средней перми составляла более 120 °С, в эволюции катагенетической зональности к этому времени подошва горизонта достигла пика генерации нефти,  $R^0$ –0,75-0,76 % (МК<sub>2</sub>). Коэффициент трансформации керогена ОВ в течение пермского времени резко возрастал до 41 %, в современном разрезе не превышает 45 %. (Рис.1)

Для изучения этапа нефтегазогенерации ордовикско-силурийской нефтяной системы в предгорной зоне Урала было проведено бассейновое моделирование по разрезу автохтона одной из скважин в зоне проявления Уразбаевского взбросо-надвига. Потенциально нефтематеринская толща силура выделена некоторыми исследователями по результатам пиролиза образцов обнажений Южного Урала, в НГМП установлен II тип керогена, содержание органического углерода превышает 3 %,  $S_2$  – 2,5-6 мгУВ/г породы. [6,8] В районе Уразбаевской площади выделен силурийский глинисто-песчано-карбонатный тип разреза мощностью около 20 м. Проведенная оценка катагенетической зрелости ОВ показала, что подошва силура впервые вступила в ГЗН в раннепермское время на глубине около 2750 м, к настоящему времени не превысила градацию раннего мезокатагенеза. Результаты моделирования свидетельствуют о незначительной нефтегенерации в палеозойской части разреза. Степень реализации исходного потенциала НГМП силура на Уразбаевской площади не превышает 3 %. (Рис.1)

Таким образом, результаты бассейнового моделирования показали, что НГМП терригенного девона и силура находились в благоприятных условиях для генерации жидких УВ. Вероятность обнаружения нефтяных залежей нижедевонско-франской (афонинской) нефтяной системы выше на Тейрукской площади, где НГМП катагенетически более зрелые.

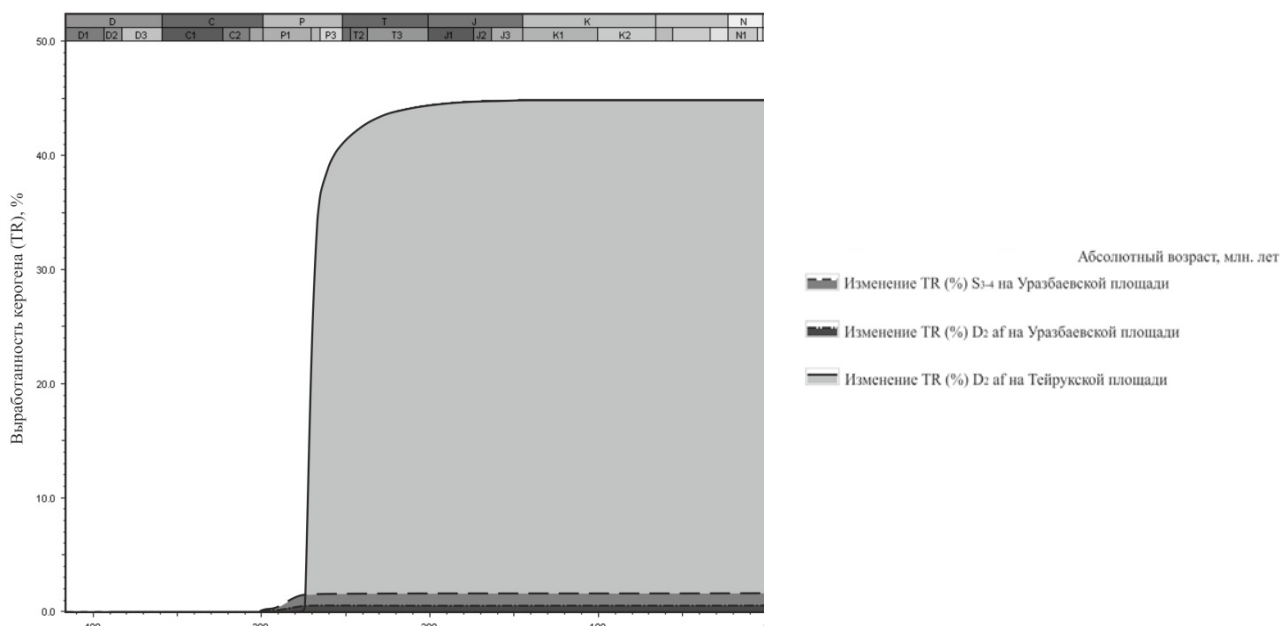


Рис.1. Степень реализации исходного потенциала ОВ (TR) НГМП силура и афонинского горизонта.



### Литература

1. Василенко Е.И. Условия формирования и перспективы нефтегазоносности глубокопогруженных отложений юго-восточной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Автореф... дис. канд. геол.-мин. наук. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва, 2018.
2. Горожанин В.М., Е. Н. Горожанина. О битумо- и асфальтитопоявлениях в палеозойских отложениях зоны передовой складчатости Южного Урала // Материалы двенадцатой Межрегиональной научно-практической конференции «Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий», Уфа, 2018.
3. Казанцева Т.Т. Среднедевонский доманикит Башкирии // Георесурсы, №2, 2014. С. 17-23.
4. Кузнецов Н.Б., Керимов В.Ю. и др. Эволюция, геодинамика поднадвиговых зон Предуральского краевого прогиба и геомеханическое моделирование формирования скоплений углеводородов // Геотектоника, 2018. №3. С. 3-20.
5. Левиунова С.П. Неотектонические аспекты нефтегазоносности юго-востока Восточно-Европейской платформы // Материалы II Тектонического совещания «Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики», Т.2. М. «ГЕОС», 2020.
6. Монакова А.С. Условия формирования, размещения и перспективы поисков скоплений углеводородов в палеозойском комплексе юга Предуральского прогиба и зоны передовых складок юго-западного Урала // Автореф... дис. канд. геол.-мин. наук. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва, 2019.
7. Соловьев Б.А., Левиунова С.П. Предпосылки возможной нефтегазоносности силурийских отложений юго-восточной части Русской платформы и Прикаспийской впадины // Материалы международной научно-практической конференции EAGE «Геомодель - 2017». Геленджик, 2017.
8. Утопленников В.К., Огарин В.С. Перспективы нефтегазоносности поднадвиговых структур в Бельской впадине Предуральского прогиба // Геология нефти и газа, № 11, 1981.
9. Хатъянов Ф.И. Динамика тектогенеза и вероятный механизм образования антиклинальных складок кинзепуловско-саратовского типа. - В кн.: Внутренняя геодинамика (тез. докл. к Всесоюз. совещ. по внутренней геодинамике). Л. 1972, с. 49-54.

УДК 553.982.2

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА ПРИМЕРЕ ТИМАНСКОГО ОБЪЕКТА САРАЙЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Садыков Арсен Альбертович**

Институт геологии и нефтегазовых технологий КФУ, магистрант 1 года обучения, г. Казань  
e-mail: sadykov12@yandex.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., старший преподаватель, Лукьянова Резеда Габдрашитовна

**Аннотация:** В данной работе на основе комплексного изучения геологического строения залежи совместно с анализом изменения пластового давления и текущих подвижных запасов нефти производится выделение наиболее благоприятных участков для бурения скважин и прочих геолого-технических мероприятий. Предполагается, что эти меры позволят произвести обоснованную оптимизацию системы разработки тиманского объекта Сарайлинского месторождения для охвата разработкой остаточных запасов.

**Ключевые слова:** тиманский горизонт, геологическое строение, запасы, скважина, объект разработки, пластовые давления, система разработки.

## INTEGRATED APPROACH TO ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE DEVELOPMENT SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE TIMAN OBJECT OF THE SARAILINSKY FIELD

**Sadykov Arsen Albertovich**

*Institute of Geology and Oil and Gas Technologies KFU, 1st year Master's Degree Student, Kazan,  
e-mail: sadykov12@yandex.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Lecturer, Lukyanova Rezeda  
Gabdrashitovna*

**Abstract:** In this work, on the basis of a comprehensive study of the geological structure of the reservoir, together with the analysis of changes in reservoir pressure and current moving oil reserves, the most favorable areas are selected for well drilling and other geological and technical measures. It is assumed that these measures will allow for a reasonable optimization of the development system for the timan object of the Sarailinsky field to cover the development of residual reserves.

**Keywords:** timan horizon, geological structure, reserves, well, development object, reservoir pressure, development system.

За более чем 75-летнюю историю развития нефтегазовой отрасли Республики Татарстан многие нефтяные месторождения вступили в завершающую стадию разработки. Со времен становления нефтепромысловых работ в Татарстане и до настоящего времени основным объектом добычи являются высокопроницаемые коллекторы с маловязкой нефтью в отложениях терригенного девона.

В связи с этим уже многие запасы залежей терригенного девона выработаны в значительной степени, при этом ежегодно более половины в общем объеме добычи нефти в РТ обеспечивают девонские пласты-коллекторы [2]. В связи с этим можно утверждать, что остаточные запасы нефти в этих продуктивных пластах все еще существенны и при наиболее полном изучении геологического строения объекта разработки совместно с обоснованным анализом состояния системы разработки возможно добиться оптимальной и стабильной динамики основных показателей в длительно-разрабатываемых районах нефтедобычи.

Комплексный подход к анализу разработки начинается с изучения геологического строения объекта, так как это является первоочередной основой к анализу системы разработки. В данной работе объектом изучения являются нефтяные залежи тиманского горизонта верхнего девона, в которых сконцентрированы основные запасы нефти месторождения. По результатам бурения, геофизических исследований скважин и опробования отложения данного стратиграфического возраста продуктивны на Гардалинском и Северо-Сарайлинском поднятиях, а также за счёт этого выявлены специфические особенности объекта, которые влияют на показатели разработки. Основную сложность с точки зрения геологии представляет собой обширная водонефтяная зона Гардалинского поднятия, за счет которой уже на третьей стадии процесс добычи осложняется большими дебитами жидкости и быстро растущим процентом обводнения продукции скважин. За счет крайне малой площади нефтяной зоны этого поднятия, в настоящее время средний процент обводненности в более половины фонда добывающих скважин составляет свыше 90%.

Проанализировав геологическое строение тиманского объекта, было проведено изучение энергетического состояния залежей и структуры текущих подвижных запасов нефти. Комплексное изучение этих данных позволило выделить перспективные участки с целью выработки остаточных извлекаемых запасов и усиления системы разработки.

Контроль пластового давления – один из важнейших факторов при оценке состояния разработки объекта, так как его изменение всегда влияет на динамику технологических показателей и отражает энергетическое состояние залежи нефти [1]. В связи с этим были изучены данные замеров статических и динамических уровней по скважинам, на основе которых была построена карта пластовых давлений по состоянию на 01.01.2018. С целью определения причин снижения пластового давления данные этой карты комплексировались с картой накопленных отборов (рис. 2)

Исследование данных по текущим пластовым давлениям тиманского объекта выявило наличие областей с пониженными значениями пластового давления относительно начального пластового давления, которое было равно 17,5 МПа. Стоит отметить, что снижение этого показателя на 01.01.2018 прослеживается по обоим поднятиям: Гардалинскому и Северо-Сарайлинскому.

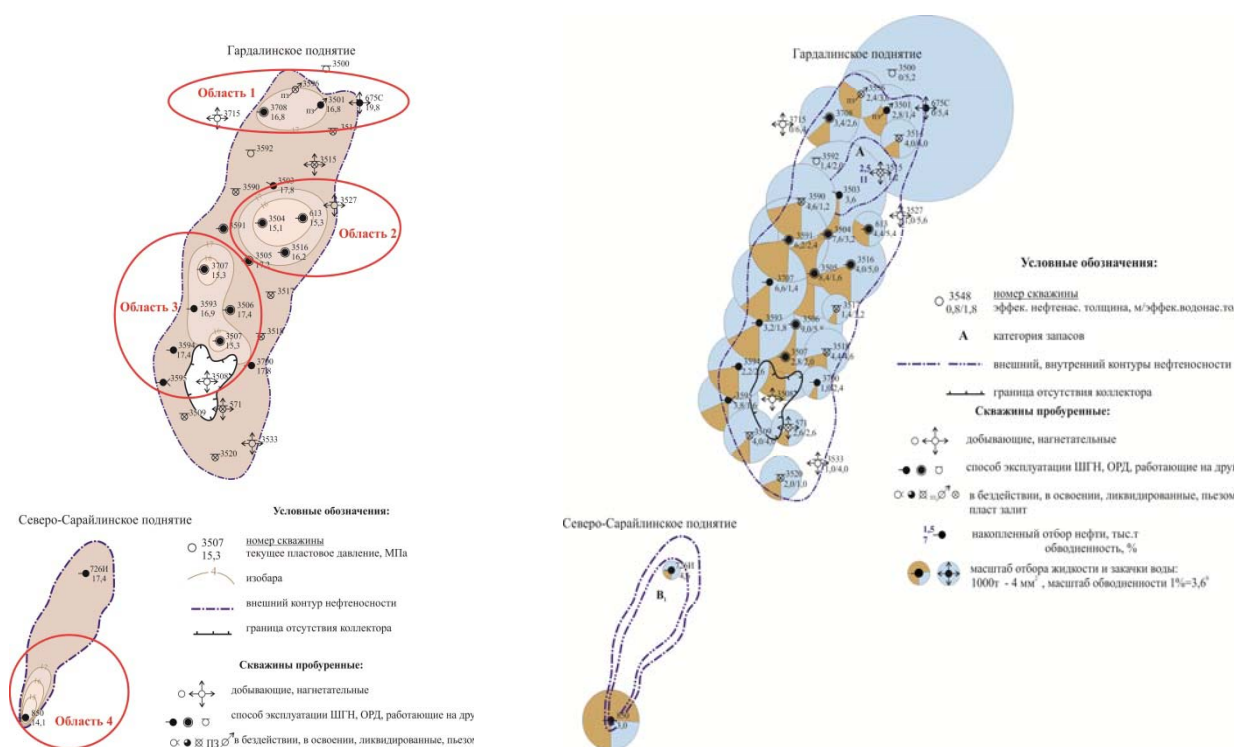


Рис. 1. Карта текущих пластовых давлений тиманского горизонта по состоянию на 01.01.2018

Рис. 2. Карта накопленных отборов жидкости и закачки воды тиманского горизонта

Согласно анализу карты текущих пластовых давлений по Гардалинскому поднятию выделены 3 области с пониженным пластовым давлением (рис. 1).

В области 1 по результатам анализа изменения текущих пластовых давлений отмечается снижение пластового давления в двух скважинах (№3708 и №3501) на 0,7 МПа или 4% относительно начального. Снижение пластового давления в этой области обусловлено большими отборами жидкости, и лишь влияние закачки жидкости в нагнетательную скважину №675С удерживает падение давления на этом уровне.

В центральной части поднятия выделяется область 2 со сниженным пластовым давлением (рис. 1), по которой можно понять, что снижение в этой части поднятия заметно увеличилось в сравнении с областью 1. Наибольшее снижение произошло в скважинах №3504 и №613 и составило порядка 13% или 2,3 МПа. Несколько меньшее снижение произошло в скважине №3516 и составило 7%. Комплексировав данные о геологическом строении и карты накопленных отборов, можно сказать, что ввиду сводового расположения этих скважин и больших накопленных объемов жидкости произошло понижение пластового давления в этой области. Аналогичная с областью 2 прослеживается ситуация и в области 3 (рис. 1), которая характеризуется снижением пластового давления в скважинах №3707 и №3507 на 13%, а в скважине №3593 на 3%. Стоит отметить, что снижение пластовых давлений в этих скважинах можно объяснить картой накопленных отборов на рисунке 2. Эти скважины отобрили большой объем жидкости, при этом компенсация отбора закачкой не производилась.

Самое значительное снижение пластового давления можно выделить в области 4, которая приурочена к южной части Северо-Сарайлинского поднятия. В скважине №850 пластовое давление уменьшилось на 19%, тогда как в соседней скважине №726И оно не изменилось. Сравнивая карты пластового давления и накопленных отборов по Северо-Сарайлинскому поднятию, можно сразу определить причины снижения пластового давления. По данным карты накопленных отборов видно, что скважина №850 отобрала кратно больший объем жидкости в отличие от скважины №726И, при этом компенсации отбора в этом случае также не было.

Следующим этапом комплексного анализа состояния системы разработки являлось изучение структуры текущих подвижных запасов нефти на основе гидродинамического моделирования. Конечный результат этого исследования представлен в виде карты подвижных запасов (рис. 3), на основе которой были определены участки по обоим поднятиям, в которых сконцентрированы остаточные извлекаемые запасы, не вовлеченные в процесс разработки.

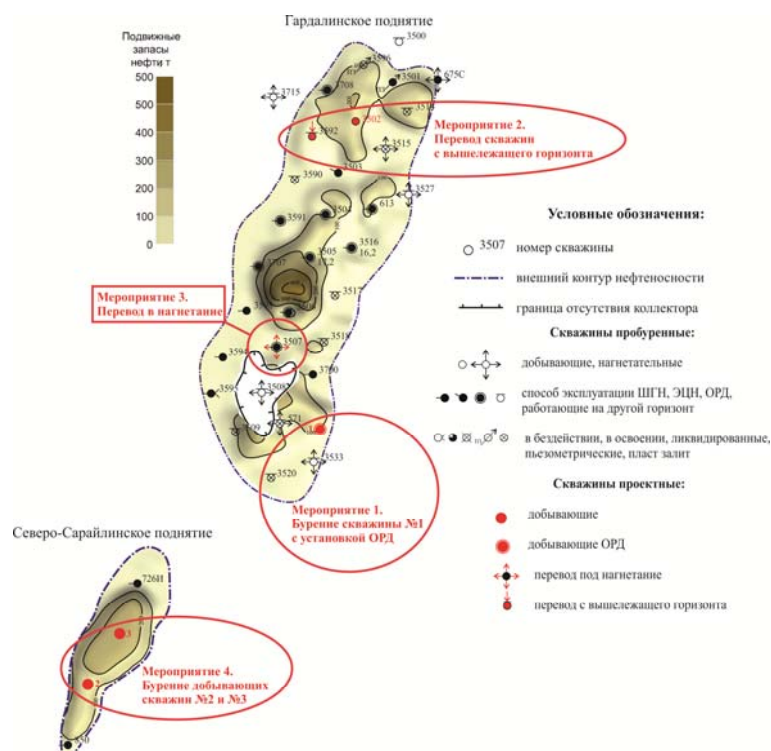


Рис. 3. Карта текущих подвижных запасов нефти тиманского горизонта

Комплексный анализ изучения энергетического состояния залежей в зависимости от накопленных отборов совместно с данными подвижных запасов позволил выделить участки, на которых можно рекомендовать проведение дополнительных мероприятий для оптимизации системы разработки:

1. бурение скважины №1, оборудованной установкой одновременно-раздельной добычи (ОРД), с целью выработки остаточных запасов тиманского и вышележащего объектов;
2. перевод двух скважин №3592 и №3502, выработавших запасы по вышележащему объекту и обводнившихся, для выработки остаточных невовлеченных в разработку запасов нефти с тиманского объекта;
3. усиление системы поддержания пластового давления переводом добуывающей скважины №3507 под закачку для восстановления пластового давления в зоне 2 Гардалинского поднятия;
4. выработка запасов сводовой части Северо-Сарайлинского поднятия дополнительным бурением двух добуывающих скважин №2 и №3;

Таким образом, предложенные мероприятия по оптимизации системы разработки на основе изучения геолого-геофизических данных и их комплексного анализа должны положительно сказаться на динамике технологических показателей и за счёт охвата остаточных извлекаемых запасов разработкой повысить текущую нефтеотдачу.

### Литература

1. Ибатуллин, Р.Р. Технологические процессы разработки нефтяных месторождений: учебное пособие для вузов / Р.Р. Ибатуллин. – Москва: ВНИИОЭНГ, 2011. – 303 с.
2. Муслимов Р.Х. Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее (оптимизация добычи, максимизация КИН)/Р.Х. Муслимов, - Казань: Издательство «ФЭН» АН РТ. - 2014. - 750с., 798с.

УДК 552.5

## ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ЯКОВЛЕВСКОЙ СВИТЫ ЛОДОЧНОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

**Попов Андрей Михайлович**

*Национальный исследовательский Томский Государственный университет магистрант*

*2 курса (года обучения), г. Томск*

*e-mail: wiggvp@gmail.com*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент, Вологодина Ирина Валентиновна*

**Аннотация:** Актуальность работы определяется необходимостью детального литологического исследования пород-коллекторов яковлевской свиты с целью выявления факторов, оказывающих влияние на формирование фильтрационно-емкостных свойств. В работе приведены результаты изучения вещественного состава, структуры и строения пустотно-порового пространства песчаников.

**Ключевые слова:** Яковлевская свита, Красноярский край, Лодочное месторождение, Поровое пространство, Кварцевые граувакки, Олигомиктовые песчанники.

## LITOLOGICAL CHARACTERISTIC OF DEPOSITS OF THE YAKOVLEVSKY SUITE OF A BOAT OIL AND GAS-CONDENSATE DEPOSIT (KRASNOYARSK REGION)

**Popov Andrew Mikhailovich,**

*National Research Tomsk State University, 2<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Tomsk*

*e-mail: wiggvp@gmail.com*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, reader, Vologdina Irina Valentinovna*

**Abstract:** The relevance of the work is determined by the need for detailed lithological studies of rock reservoirs with the aim of influencing the general filtration-capacitive properties. The results of the study of the material composition, structures and structures of the hollow-pore space of sandstones are obtained.

**Keywords:** Yakovlevskaya Suite, Krasnoyarsk Territory, Boat Deposit, Pore Space, Quartz graywackes, Oligomictic sandstones.

Лодочное месторождение – это нефтегазоконденсатная залежь, расположенная в Туруханском районе Красноярского края. В промышленно-экономическом понимании относится к Пур-Тазовской нефтегазоносной области в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Объектом исследования являются нижнемеловые песчанники яковлевской свиты, а именно керновый материал двух скважин, а также шлифы, изготовленные из отобранного каменного материала.

С целью детального изучения коллекторских свойств песчанников продуктивных пластов был проведен анализ фильтрационно-емкостных свойств и литолого-петрографический анализ пород в шлифах.

Среди пород яковлевской свиты выделяются три основных литотипа: песчанники, алевролиты и аргиллиты. Наиболее перспективными для детального изучения являются толщи песчаных пород, которые служат коллекторами для углеводородов на исследуемой площади.

Были получены достоверные данные о гранулометрическом составе пород и процентное соотношение основных пороодообразующих компонентов (кварц, полевые шпаты и обломки пород). Полученные данные использовались для определения основных петротипов песчанников. По классификации В.Н. Шванова песчанники яковлевской свиты в основном относятся к двум петротипам – олигомиктовым и кварцевым граувакковым песчанникам. Песчанники преимущественно светлого, реже темно-серого цвета, тонко-мелкозернистые алевролитистые, слабоглинистые. Цемент по типу поровый, базально-поровый, по составу глинисто-слюдистый, сидеритовый, каолинистый и карбонатный.

Олигомиктовые песчанники содержат обломки силицитов до (5-7%) изометричной, полуокатанной формы, размером 0,1-0,2 мм. Силициты состоят преимущественно из опала и микрозернистого кварца. Зерна кварца до (78,9%) изометричной, слабоокатанной полуокатанной формы, размером



0,06-0,24 мм. Погасание волнистое. Полевые шпаты представлены плагиоклазом и КПШ, изометричные, слабоокатанной формы, размером 0,1-0,3 мм. Местами наблюдаются дробленные зерна. Зерна КПШ представлены КПШ-пертитом и микроклином, размер зерен в пределах 0,08-0,1 мм. Биотит представлен единичными зернами размером около 0,16 мм. Чешуйки слюды деформированы, хлоритизированы, замещаются по трещинам магнетитом. При одном николе заметно плеохроируют, цвета интерференции высокие, погасание прямое.

Кварцевые граувакки содержат до 70% обломков пород, зерна кварца до (23%) преобладают над полевыми шпатами до (7%). Зерна кварца изометричной, слабоокатанной полуокатанной формы, размером 0,04-0,26 мм. Имеют волнистое погасание.

Полевые шпаты представлены плагиоклазом и КПШ. Зерна плагиоклаза изометричной, слабоокатанной формы. Размеры 0,12-0,32 мм. У некоторых полисинтетических двойников наблюдается изгиб, что говорит о деформации зерна. Зерна КПШ изометричной, полуокатанной формы. Размеры 0,06-0,12 мм. Также наблюдается пертитовое строение и микроклиновая решетка. Биотит представлен единичными зернами. Чешуйки слюды деформированы, хлоритизированы, замещаются по трещинам магнетитом. Размеры 0,2 мм. При одном николе заметно плеохроируют, цвета интерференции высокие. Каолинит представлен в виде чешуйчатых зёрен, замещает зёрна полевых шпатов (рис 1).

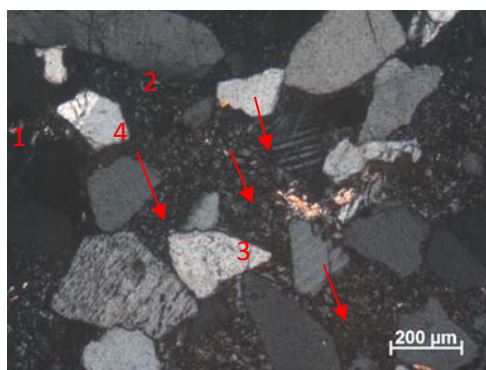


Рис. 1 Скважина 7, интервал 1794-1796 м. Кварцевая граувакка: 1-кварц, 2-плагиоклаз, 3-кальцитовый цемент, 4-биотит. Никולי ||.

Фильтрационно-емкостные свойства в разрезе свиты изменяются в небольших пределах, пористость в среднем равна 23% в песчаных породах, в связи с чем по классификации А.А. Ханина [3], песчаники изучаемой толщи относятся к 1 (высокому) типу коллекторов. Песчаники, представленные в скважине №7, отличаются большим коэффициентом пористости (2,6 %). В скважине №8 данный коэффициент составляет 0,8 % и отложения имеют открытый поровый цемент. Коэффициент сортированности по Траску в усредненном значении равняется 2,7, что характеризует плохую сортированность отложений. Поровое пространство в изучаемых песчаниках представлено межзерновыми порами (рис. 2), внутризерновыми порами (рис. 3), межкристаллитными порами (рис. 4). Характеристика порового пространства выполнена на основе классификации, в приведенной работе Н.М. Недоливко [1].

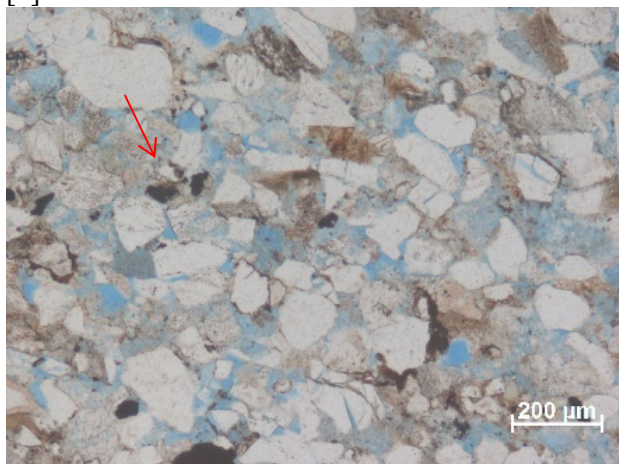


Рис. 2 Межзерновое поровое пространство. Скважина 7, интервал 1765-1767 м. Никולי ||.

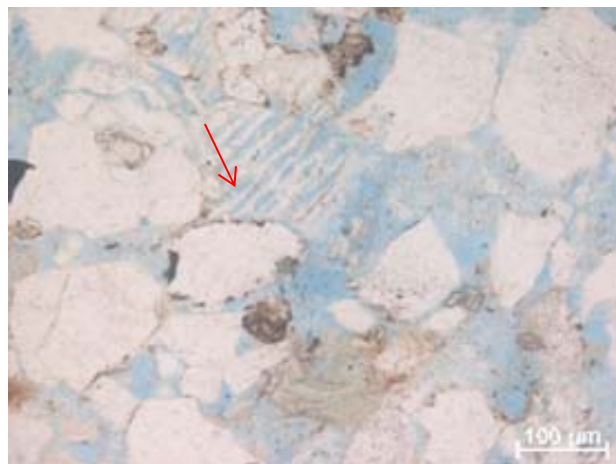


Рис. 3 Внутризерновое поровое пространство. Скважина №8, интервал 1765-1767 м. Никולי ||.

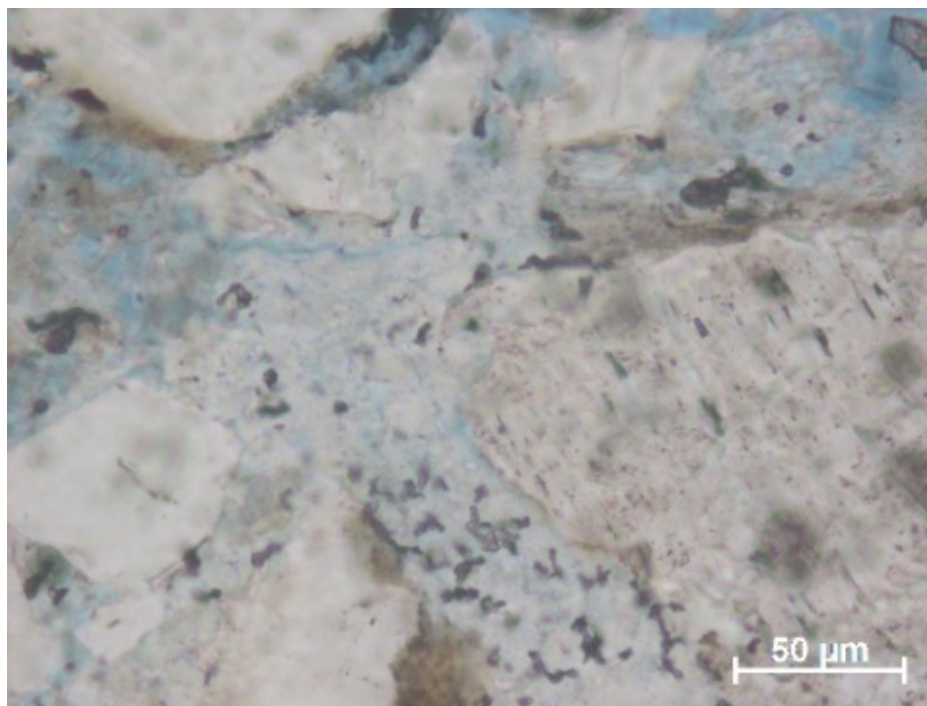


Рис. 4 Межкристаллитное поровое пространство. Скважина 7, интервал 1794-1796 м. Николи ||.

Межзерновые поры образованы контурами зерен. Форма пор преимущественно щелевидная, извилистая, но встречаются также поры угловатой и изометричной формы. По размеру пор можно выделить тонкопористые ( $<0,01$  мм), мелкопористые (0,01-0,25 мм) и среднепористые (0,25-0,5 мм). По степени сообщаемости в шлифах можно выделить изолированные (закрытые), слабо сообщающиеся (частично связанные), хорошо сообщающиеся поры. По времени образования эти поры относятся к первичным порам, образовавшимся в процессе осадконакопления.

Внутризерновые поры, образованные за счет растворения внутренних частей обломков, представлены преимущественно в обломках пород и полевых шпатах. В обломках пород внутризерновая пористость наблюдается в виде неправильных микрокавернозных пор с извилистыми границами. В зернах полевых шпатов пористость выражена щелевидными порами по спайности и двойниковым швам, а также трещинными порами катагенетического уплотнения.

Межкристаллитные поры, в свою очередь, образуются в участках раскристаллизации при каолинитизации первичного цемента и располагаются между пакетами каолинита. В связи с ограниченным проявлением каолинитизации, слабой раскристаллизации каолинита поры этого типа распространены по породам ограниченно и неравномерно.

Полученные данные фильтрационно-емкостных свойств, гранулометрического анализа, отложений яковлевской свиты, свидетельствует о том, что данные песчаники относятся к коллекторам нефти порового типа.

### **Литература**

1. Недоливко Н.М., Ежова А.В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие / Н.М. Недоливко, А.В. Ежова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 172 с.
2. Черников О.А. Комплекс методов количественного изучения песчано-алевритовых пород в связи с оценкой их коллекторских свойств // Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений. М.: Наука, 1970. С. 26-48



УДК 552.5

## ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МИРНОЙ СВИТЫ КАЛИНОВОГО НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ НЮРОЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ

*Старцев Илья Дмитриевич*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет магистрант 2 курса  
(года обучения), г. Томск, e-mail: aylist@yandex.ru*

*Научный руководитель: канд. геол.-минерал. наук, доцент, Вологодина Ирина Валентиновна*

**Аннотация:** объектом исследований являлись нижнедевонские отложения мирной свиты в пределах Калинового нефтегазового проявления.

**Ключевые слова:** литология, известняки, мирная свита, Калиновое нефтегазовое проявление, палеонтологические остатки.

## LITOLOGIC CHARACTERISTIC OF PALEOZOIC DEPOSITS OF THE MIRNAY SUITE OF THE KALINOV OE OIL AND GAS DEVELOPMENT IN THE NUROL DEPRESSION

*Startsev Ilya Dmitrievich*

*National Research Tomsk State University, 2st year Master's Degree Student, Tomsk  
e-mail: aylist@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, reader, Vologdina Irina Valentinovna*

**Abstract:** the object of research was the Lower Devonian sediments of the Mirnay suite in the Kalinovoe oil and gas development

**Keywords:** lithology, limestones, peace suite, oil and gas development, paleontological remains.

Калиновое нефтегазоаккумулятивное проявление располагается в центральной части Нюрольской впадины, которая является стратотипическим районом для выявления и установления палеозойских местных стратиграфических подразделений – свит. Нюрольская впадина входит в состав Нюрольского структурно-фациального района и является южной частью Нюрольско-Варьганской структурно-фациальной зоны [2]. Нюрольская впадина, расположенная на юго-востоке Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, является объектом поисков залежей нефти и газа не только в мезозойских отложениях, но и в палеозойских толщах. В ее пределах в палеозойских природных резервуарах выявлены месторождения нефти и газа на Урманской, Арчинской, Лугинецкой, Малоичской, Верхнетарской, Герасимовской, Северо-Калиновой, Калиновой, Останинской, Южно-Майской и других площадях.

Согласно опубликованным данным, изучаемые отложения на данной территории имеют стратиграфическую принадлежность к девонской системе, а именно – к верхней части эмского яруса. По литологии часть разреза близка к мирной свите (инт. 3135 - 3236 м.), которая выделена из состава чумикской свиты по разрезу скважины А. На Калиновом участке отложения данного возраста представлены темно-серыми, черными битуминозными мелкозернистыми доломитистыми слоистыми известняками, доломито-глинисто-кремнистыми темно-серыми известняками с тентакулитами: *Styliolina kireevae* G. Ljasch., *Nowakia proninae* G. Ljasch., *N. ex gr. bella* Logv., *Viriatellina pseudoginitziana* Bouček, *V. galinae* Bouček.

При изучении палеозойских образований нижней части разреза скважины А было установлено, что тентакулитовые известняки составляют большую площадь на исследуемой территории.

В интервале 3135 - 3236 м скважины в породах наблюдаются раковины тентакулитов, фораминифер, стилоллитовые швы, битуминозное ОВ, а также трещины, заполненные карбонатными минералами.

Раковины тентакулитов представлены поперечными (рис. 1а) и вертикальными сечениями (рис. 1б). Ядра раковин выполнены карбонатными минералами, в частности, раскристаллизованным каль-

цитом, иногда с признаками доломитизации. Диаметр поперечного сечения варьируется от 0,02 мм до 0,4 мм. Вертикальные сечения достигают в длину до 0,8 мм

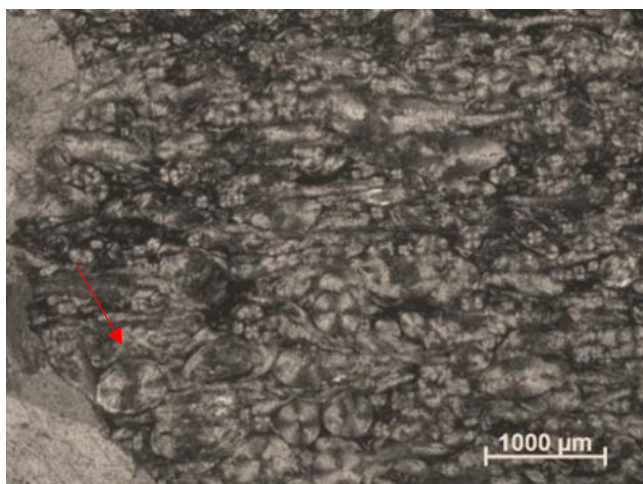


Рис. 1а Поперечные сечения раковин тентакулитов.  
Инт. 3192,4-3195,9 м. Николи +

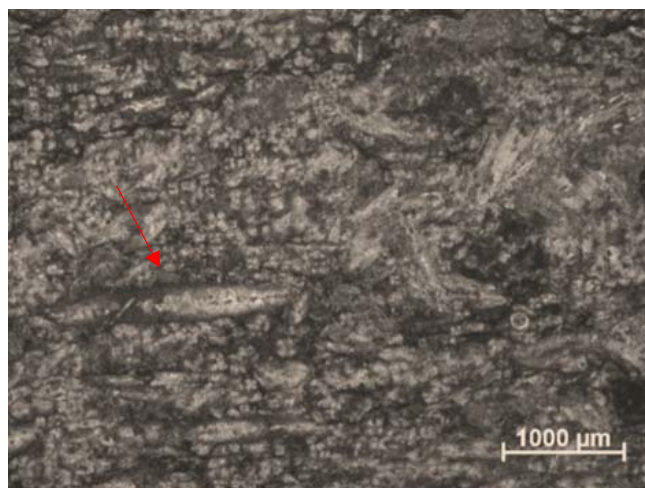


Рис. 1б Вертикальные сечения раковин тентакулитов.  
Инт. 3169- 3170 м. Николи +

При диагностировании было установлено, что фораминиферы (*p. Cribrosphaeroides*) имеют шаровидное, округлое, иногда вытянутое сечение. Ядра раковин выполнены карбонатными минералами, в частности кальцитом. Стенки известковистые, однослойные, однородные, микритовые. Толщина стенки варьирует от 0,02 до 0,04 мм (рис. 2).

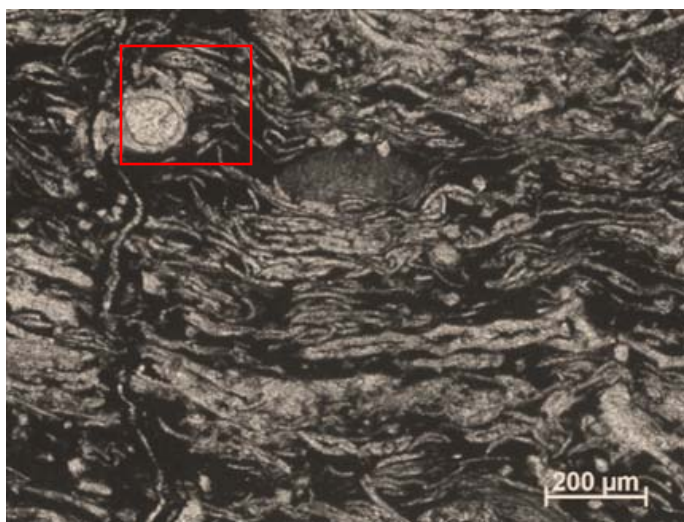


Рис. 2 Сечение раковины фораминиферы *p. Cribrosphaeroides*. Инт. 3229,4-3232,1 м. Николи ||

Стилолитовые швы (рис. 3) проявляются в виде субпараллельных, разветвляющихся, пересекающихся зубчатых линий, имеющих малую амплитуду колебаний (0,1-0,3 мм). По классификации Парка [1] стилолиты с малой амплитудой можно отнести к интергранулярным стилолитам (амплитуда швов меньше, чем размер зёрен). Толщина трещинок, трассирующих стилолиты составляет от 0,02 мм до 0,08 мм. По всему разрезу скважины стилолитовые швы насыщены битумами.

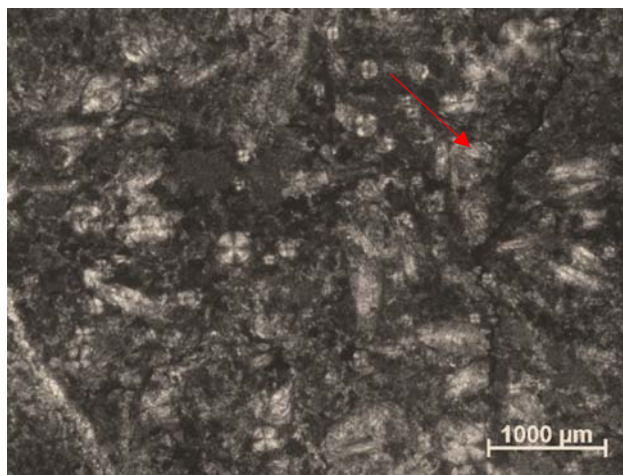


Рис. 3 Интергранулярные стилолиты. Инт. 3166-3169 м. Николи +

В исследуемых породах наблюдаются участки с битуминозным органическим веществом, которое располагается как равномерно по породе (рис. 4а) между раковинами тентакулитов, так и занимает определенное место в породе, располагаясь неравномерно, образуя слойки (рис. 4б).

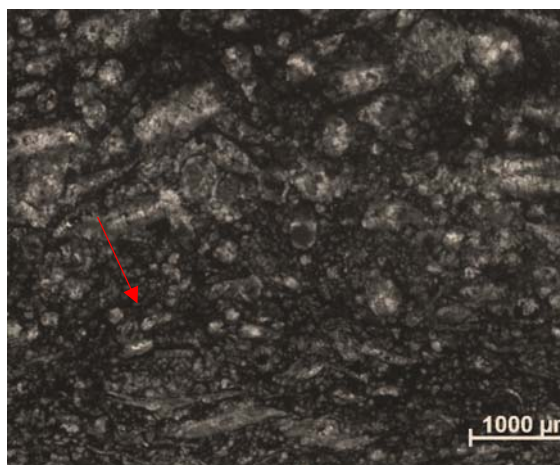


Рис. 4а Равномерное распределение битуминозного органического вещества. Инт. 3155-3162 м. Николи +

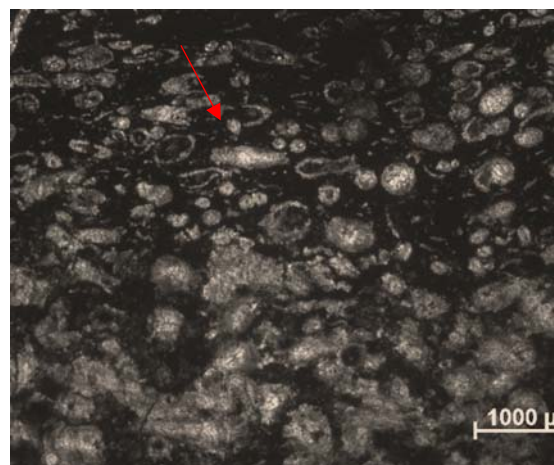


Рис. 4б Участок с неравномерным распределением битуминозного органического вещества. Инт. 3162-3166 м. Николи +

По все нижней части разреза наблюдаются вторичные преобразования – трещины, заполненные карбонатными минералами, в частности кальцитом (рис. 5). Форма трещин ветвящаяся, изогнутая. Мощность трещин варьируется от 0,02 мм до 0,5 мм.

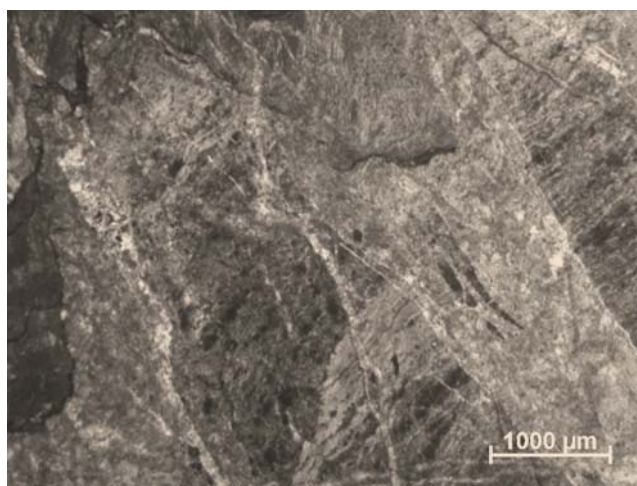


Рис.5 Трещиноватые участки, заполненные кальцитом. Инт. 3148-3155 м. Николи ||

Таким образом, по присутствию в породах многочисленных раковин тентакулитов, можно сделать вывод, что данные известняки можно отнести к отложениям мирной свиты.

### *Литература*

1. Голф-Рахт Т.Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов: Пер с англ. Н.А. Бардиной, П.К. Голованова, В.В. Власенко, В.В. Покровского / Под ред. А.Г. Ковалева. – М.: Недра, 1986 – 608 с.
2. Региональная стратиграфическая схема девонских образований Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции / В.И. Краснов, Н.П. Кульков, Л.Г. Перегоедов и др.; редкол.: А.С. Ефимов (гл. ред.) и др. // Новосибирск: СНИИГГиМС, 2012, 42 с.

УДК 552.54:553.98

## **ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (ПЛАСТ М<sub>1</sub>) СЕВЕРО-ОСТАНИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЗСП)**

**Серкина Галина Сергеевна**

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,  
студент 3 курса, г. Томск, e-mail: galinasskl@gmail.com*

**Давид Мария Алексеевна**

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,  
студент 3 курса, г. Томск, e-mail: mari.david.99@mail.ru*

**Гарсия Бальса Аура Самид**

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,  
студент 3 курса, г. Томск, e-mail: aura.garsia@yandex.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н, доцент, Краснощекова Любовь Афанасьевна

**Аннотация:** В работе приведены результаты петрографического изучения девонских карбонатных коллекторов (пласт М<sub>1</sub>) Северо-Останинской площади. Проведена типизация основных разновидностей пород и установлены проявленные в них постседиментационные преобразования, влияющие на фильтрационно-емкостные свойства.

**Ключевые слова:** палеозой, известняки, доломиты, битумоиды, трещиноватость.

## **LITHOLOGICAL AND PETROGRAPHIC FEATURES OF PALEOZOIC DEPOSITS (M<sub>1</sub> FORMATION) SEVERO-OSTANKINO SQUARE (SOUTH-EASTERN PART OF THE ZSP)**

**Serkina Galina Sergeevna**

*National Research Tomsk Polytechnic University, 3rd year student, Tomsk,  
e-mail: galinasskl@gmail.com*

**David Maria Alekseevna**

*National Research Tomsk Polytechnic University, 3rd year student, Tomsk,  
e-mail: mari.david.99@mail.ru*

**Garcia Balsa Aura Samid**

*National Research Tomsk Polytechnic University, young scientist, Tomsk  
e-mail: aura.garsia@yandex.ru*

**Scientific supervisor:** candidate of geological-mineralogical Sciences, associate Professor,  
Krasnoshekhova Lyubov Afanasevna

**Abstract:** this paper presents the results of a petrographic study of Devonian carbonate reservoirs

(layer M1) in the North Ostaninsky area. The main types of rocks were typified and the post-sedimentation transformations that affect the filtration-capacitance properties were determined.

**Key words:** Paleozoic, limestone, dolomite, bitumen, fracture.

Перспективы нефтегазоносности палеозоя Западной Сибири «остаются невыясненными и не оцененными, несмотря на целый ряд крупных работ и открытие залежей углеводородов в палеозойских отложениях» [1]. Оценить нефтегазоносный потенциал доюрского фундамента, как благоприятный для формирования крупных скоплений нефти и газа, с относительной степенью достоверности позволяют высокие нефтегазогенерационные возможности осадочных материнских толщ, облекающих выступы фундамента [4].

В палеозойских отложениях Западной Сибири продуктивные горизонты представлены зоной контакта отложений палеозоя и мезозоя (НГГЗК) с пластами М (кора выветривания) и М<sub>1</sub> (кровельная часть палеозойского фундамента) и отложениями глубинного палеозоя – пласт М<sub>2</sub> [3].

В пределах Нюрольской структурно-фациальной зоны, расположенной на юго-востоке Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, в палеозойских породах на территории Томской области выявлено около 30 месторождений нефти и газопроявлений. В настоящее время регион является участником технологического проекта «Палеозой», который реализуется в области ПАО «Газпром-нефть» [6].

Изучаемая площадь расположена в Парабельском районе Томской области. Разрез палеозойских отложений представлен отложениями ордовика, силура, девона, карбона [5]. Продуктивный пласт М<sub>1</sub> (лугинецкая свита верхнего девона) на месторождении сложен, в основном, органогенными известняками с разной степенью доломитизации, доломитами, глинисто-кремнистыми известняками и глинистыми известняками с редкими прослоями эффузивов.

Изучение литолого-петрографических особенностей доломитов и доломитизированных известняков, которые являются основными нефтеносными отложениями месторождения, являлось целью данной работы.

Из 80 образцов керна карбонатных пород изготавливались шлифы, исследование которых проводилось на петрографическом микроскопе Olympus BX53F. Шлифы прокрашивались красителем ализариновым красным, что позволило отличать доломит от кальцита. КERN предварительно изучался на макроуровне с выделением структурно-текстурных и других признаков породы (наличие органических остатков, каверны, трещины, наличие битумоидов и др.).

В карбонатных породах, в зависимости от степени развития в них доломита, нами выделены 3 основные разновидности: неизмененные органогенно-обломочные известняки, доломитизированные (доломитовые) известняки и доломиты (таблица).

Таблица

Структурно-текстурные характеристики разновидностей карбонатных пород

Тип и разновидности карбонатных пород	Структуры	Текстуры
Тип 1. Известняки пелитоморфные органогенно-обломочные	Пелитоморфные, органогенно-обломочные, оолитовые	Пятнистые, трещиноватые, брекчиевидные
Тип 2. Известняки органогенно-оолитовые, доломитизированные и кальцитизированные	Разнозернистые, оолитовые; в зонах доломитизации кристаллически зернистые	Пятнистые, трещиновато-прожилковые, слоистые
Тип 3. Доломиты	Кристаллические, неравномерно-зернистые	Массивные, прожилковые, трещиновато-кавернозные

В известняках наблюдаются мелкие комки неясной или округлой формы, сложенные пелитоморфным кальцитом, и пелоиды коллоидно-тонкозернистого кальцитового состава (рис.1,А). Из органических остатков фиксируется раковинный детрит, в меньшей степени целые раковины, замещенные тонкозернистым кальцитом. Фрагментарно в известняках присутствует тонкодисперсная глинистая примесь.

Для доломитизированных известняков характерны разноразмерные форменные образования, представленные округлыми однородными или зональными обособлениями. В шлифах наблюдаются участки перекристаллизации кальцита или доломита. Последний проваливается в виде правильных или частично правильных ромбоэдров (рис. 1, В). Мелкозернистый доломит может заполнять межформенные поры с локальным проявлением в них среднезернистых ромбоэдрических кристаллов доломита. Доломит, помимо матрицы породы, может развиваться и вдоль стилолитовых швов



(рис. 1, Г). В зависимости от формы проявлений и области локализации доломита могут выделяться до трех его генераций [2].

В доломитах основная масса сложена разномасштабными разноориентированными правильно и неправильно ограниченными кристаллами доломита либо однородного, либо зонального строения (рис. 1, Д). Кальцит остается в породах только в виде реликтов внутри зерен доломита или в интерстициях между ними.

Для известняков органогенно-обломочных и доломитизированных типичны стилолиты, выполняемые глинисто-битумоидным веществом, иногда с примесью гематита.

Трещины в шлифах всех выделенных разновидностей наблюдаются либо в виде тонких, реже открытых, либо в виде прожилков, пересекающих все поле шлифа. Последние выполняются кальцитом с различной степенью кристалличности. В области пересечения подобных трещин устанавливаются их генерации и для изучаемых пород, как правило, наблюдаются уменьшение толщины трещин от более ранних к более поздним.

Пустотно-поровое пространство практически отсутствует в известняках и проявляется в доломитах. Встречаются мелкие поры и каверны, которые могут сливаться в крупные полости с локализацией в них битумоидов красно-бурого и темно-бурого до черного цвета (рис. 1, Е). Органическое вещество, помимо примазок, пленок, сгустков, выделяется и по трещинам, которые пересекают отдельные участки породы, иногда соединяя отдельные поры или микрокаверны.

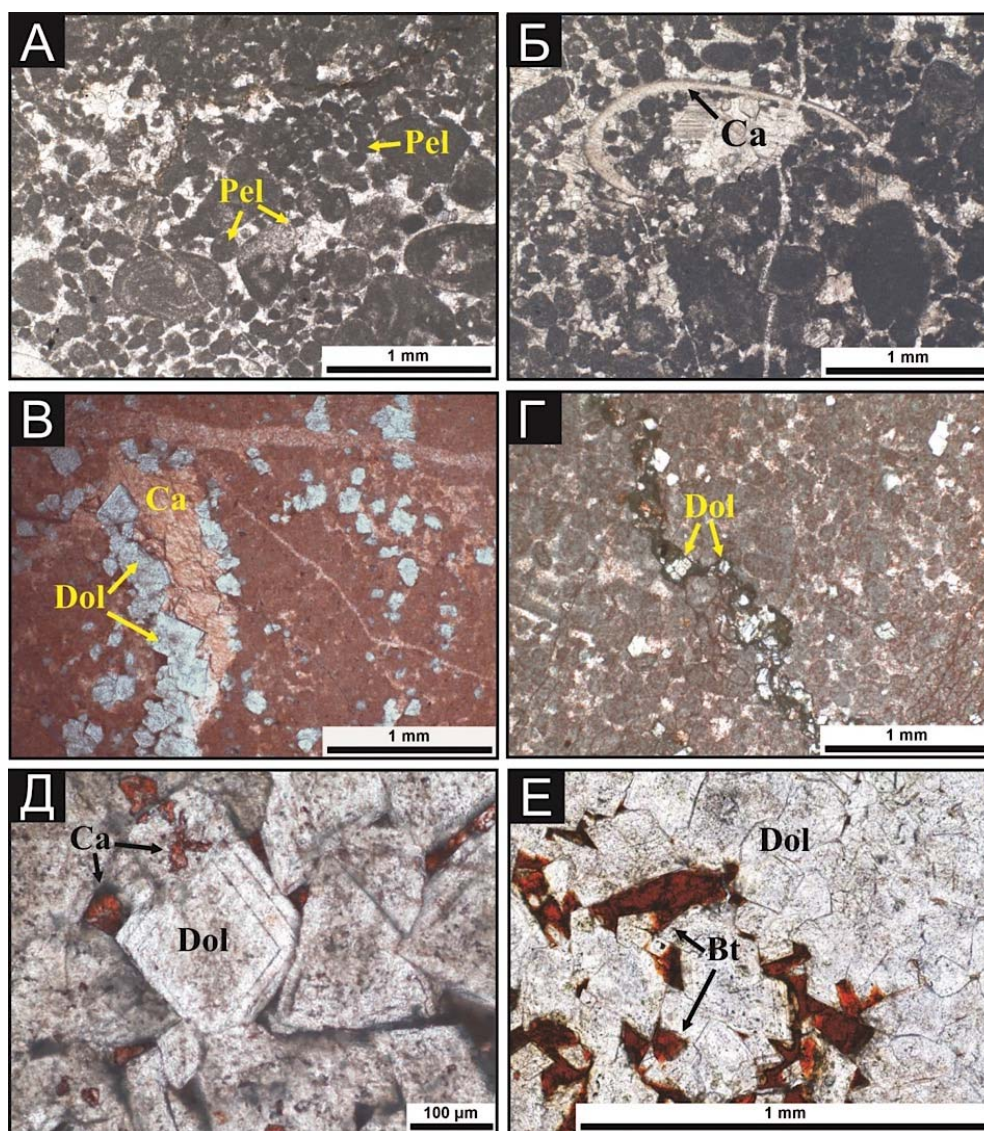


Рис.1 Особенности строения и постседиментационных изменений карбонатных пород

Таким образом, основными разновидностями карбонатных пород, слагающих продуктивный пласт М<sub>1</sub> Северо-Останинского месторождения, являются известняки и доломиты. Развитие доломита по известнякам позволило наблюдать и выделять все переходы от неизмененных органогенно-

обломочных (первичных) известняков через доломитизированные (доломитовые) к доломитам. Пустотно-поровое пространство в породах представлено порами, кавернами и трещинами, которые наибольшее развитие имеют в доломитах, и преимущественно именно в них

### **Литература**

1. Геологическое изучение и нефтегазоносность палеозойских отложений Западной Сибири / Ступакова А. В., Соколов А. В., Соболева Е.В. и др. // Георесурсы. 2015. № 2. С.63–76.
2. Краснощёкова Л.А., Гарсия Бальса А. С., Белозёров В. Б. Состав флюидных включений по КР-спектрам в палеозойских карбонатных породах Северо-Останинского месторождения, Западная Сибирь // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). 2019. Т. 330, № 3. С. 187-203. doi: 10.18799/24131830/2019/3/178
3. Конторович А.Э. Первая отраслевая научно-исследовательская организация в области геологии нефти и газа в Сибири // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2012. № 1. С. 5-15.
4. Проект «Палеозой». ТРИЗы в Томской области [Электронный ресурс] / Совместный проект компании «Газпром нефть» и информационного агентства neftegaz.ru. URL: <https://paleozoic.neftegaz.ru/> (дата обращения 10.09.2019).
5. Региональная стратиграфическая схема девонских образований Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Текст) / Под ред. В.И. Краснова. Новосибирск: СНИИГГИМС, 2012. 43 с.
6. Томский проект «Палеозой» обретет общенациональный статус [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал Администрации Томской области. URL: <https://www.tomsk.gov.ru/news/front/view/id/43433> (дата обращения: 01.02.2020).

УДК 550.4.02

## **НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ И СОСТАВ НЕФТЕЙ ТЮМЕНСКОЙ И ШЕРКАЛИНСКОЙ СВИТ ТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЛЕНИНСКИЙ СВОД)**

**Ямалетдинова Аделъ Айратовна**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, магистрант 1 года обучения, г. Москва  
e-mail: [adeleyam@mail.ru](mailto:adeleyam@mail.ru)

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Соболева Елена Всеволодовна

**Аннотация:** Изучение свойств и состава нефти является неотъемлемым аспектом комплексного исследования нефтегазоносности месторождения, поэтому целью данной работы является выделение нефтегазоматеринских пород, генерировавших углеводородные флюиды нижне-среднеюрских залежей Талинского месторождения, с использованием геохимической информации по свойствам и составу исследованных нефтей. В работе показана геохимическая значимость отдельных аналитических параметров, использованы различные характеристики нефтей для выявления закономерности их распределения как по разрезу, так и по площади Талинского, Каменного, Ем-Еговского и Пальяновского месторождений Красноленинского свода, рассмотрен молекулярный состав нефтей залежей тюменской и шеркалинской свит в пределах этих месторождений и проведен биомаркерный анализ. На основании геохимической интерпретации установлен вероятный источник углеводородных флюидов залежей нижне-среднеюрского комплекса (пласты ЮК<sub>2-9</sub>, ЮК<sub>10-11</sub>). Выявление нефтематеринских толщ в пределах элементов нефтегеологического районирования является одной из первоочередных задач в поисках новых залежей нефти и газа, поэтому данная работа является актуальной в свете применения методов исследования свойств и состава нефти и интерпретации полученных данных.



**Ключевые слова:** Краснотенский свод, Талинское месторождение, органическое вещество, нефтематеринская толща, тюменская свита, шеркалинская свита, биомаркерный анализ.

## OIL AND GAS PROSPECTS OF THE TALIN FIELD AND PETROLEUM COMPOSITION OF THE TYUMEN AND SHERKALIN FORMATIONS WITHIN THE KRASNOLENINSK ARCH

*Adel Iamaletdinova*

*Lomonosov Moscow State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Moscow*

*e-mail: adeleyam@mail.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Elena Soboleva*

**Abstract:** The study of the oil properties and composition is an integral aspect of a comprehensive research of the oil and gas potential of the field, therefore, the aim of this work is to identify source rocks that generated hydrocarbon fluids of the Lower-Middle Jurassic deposits of this field using geochemical information on the properties and composition of the studied oils. The geochemical significance of certain analytical parameters is shown in the work, various characteristics of oils are used to identify patterns of their distribution both over the section and over the area of the Talin, Kamen, Em-Yegovsk and Palyanovsk fields of the Krasnoleninsk arch. Oil molecular composition of the Tyumen and Sherkalin formations deposits was considered within of these fields and performs a biomarker analysis. We established a probable source of hydrocarbon fluids of the Lower-Middle Jurassic complex deposits (JuK<sub>2-9</sub>, JuK<sub>10-11</sub>) based on the geochemical interpretation. The identification of source rocks within the elements of oil and gas geological zoning is one of the priority tasks in the search for new deposits, therefore this work is relevant in light of the application of methods for studying the oil properties and composition and interpretation of the data obtained.

**Keywords:** Krasnoleninsk arch, organic matter, source rock, Tyumen formation, Sherkalin formation, biomarker analysis.

Для выявления закономерностей распределения свойств и состава нефтей по площади и разрезу Краснотенского свода были исследованы пробы нефтей залежей ниже-среднеюрского нефтегазового комплекса (НГК) Талинского, Каменного, Ем-Еговского и Пальяновского месторождений: общее количество проанализированных проб составило 43, 6 из них были исследованы самостоятельно в лабораториях кафедры, также для геолого-геохимических интерпретаций использовались данные исследований прошлых лет как опубликованные, так и кафедральные. Комплексный анализ нефтей включал физико-химические параметры свойств и состава нефтей, молекулярный состав хеомофоссилий по результатам газожидкостной хроматографии, хромато-масс-спектрометрии, изотопного состава углерода.

По полученным аналитическим данным была проведена геолого-геохимическая интерпретация, связанная с условиями формирования залежей нефти тюменской и шеркалинской свит. Для решения поставленных задач рассчитан большой спектр различных геохимических коэффициентов, основанных на соотношении углеводородов (УВ) бензиновых и средних фракций нефти; выявлены наиболее информативные и по ним проведено сравнение нефтей залежей ниже-среднеюрского НГК; помимо этого, были построены и проинтерпретированы графики, звездчатые и треугольные диаграммы, отображающие особенности углеводородного состава нефтей; проведено сравнение нефтей одновозрастных залежей Талинского и других месторождений, расположенных рядом в пределах Краснотенского свода, для создания полной картины распределения свойств и состава по площади; была установлена связь между исследованными нефтями и органическим веществом (ОВ) тогурской и радомской пачками, являющимися нефтематеринскими толщами.

По соотношению индивидуальных УВ бензиновой фракции, можно сделать вывод, что исходное для этих нефтей ОВ имеет преимущественно сапропелевый состав, но также отмечается привнос гумусовой составляющей, поскольку на построенных диаграммах все образцы расположены вблизи области гумусового ОВ, но не попадают в нее.

Приведённые звездчатые диаграммы, основанные на рассчитанных коэффициентах, наглядно демонстрируют довольно незначительный разброс значений, что выражается в близости направленности линий – «лучей» диаграммы, отражающих каждый коэффициент для определенной пробы нефти (рис.1).

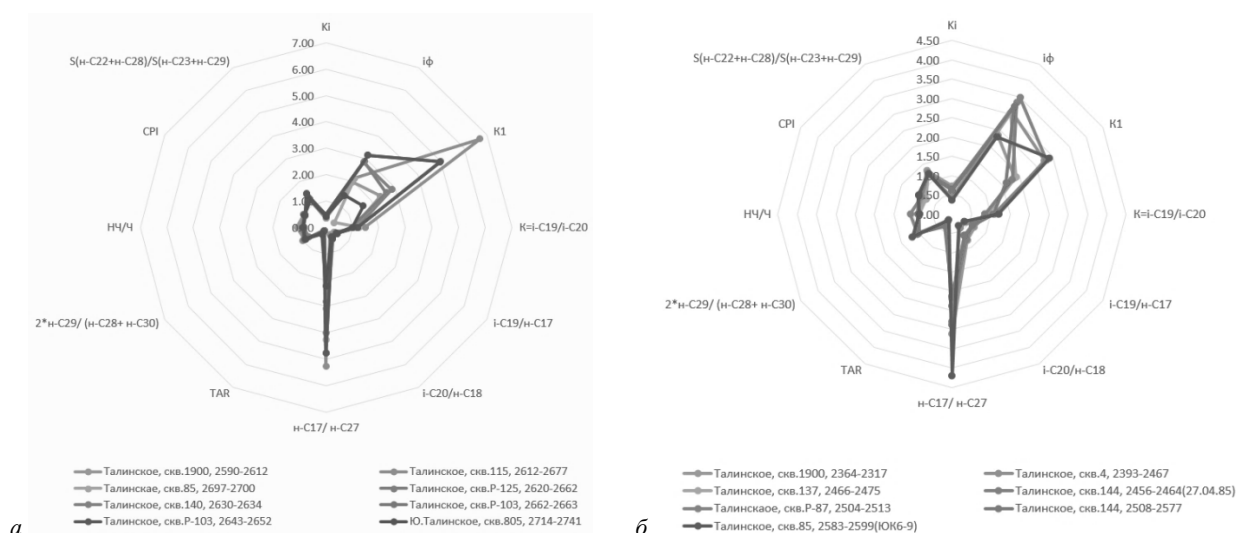


Рис.1. Сравнение геохимических коэффициентов, основанных на распределении нормальных и изопrenoидных алканов ( $C_{12}-C_{32}$ ) средних фракций нефтей залежей шеркалинской (а) и тюменской свит (б)

На графике Кеннона-Кессоу (рис.2) все пробы попадают в поле континентального и прибрежно-морского генезиса – лагунный тип, но имеется тенденция смещения в сторону поля мелководно-морских обстановок. Исходным для всех исследуемых нефтей было ОВ гумусово-сапропелевого типа. Все пробы нефтей – зрелые, но прослеживается несколько повышенные значения зрелости для нефтей нижнеюрских залежей шеркалинской свиты, что совпадает с интерпретацией других аналитических данных.

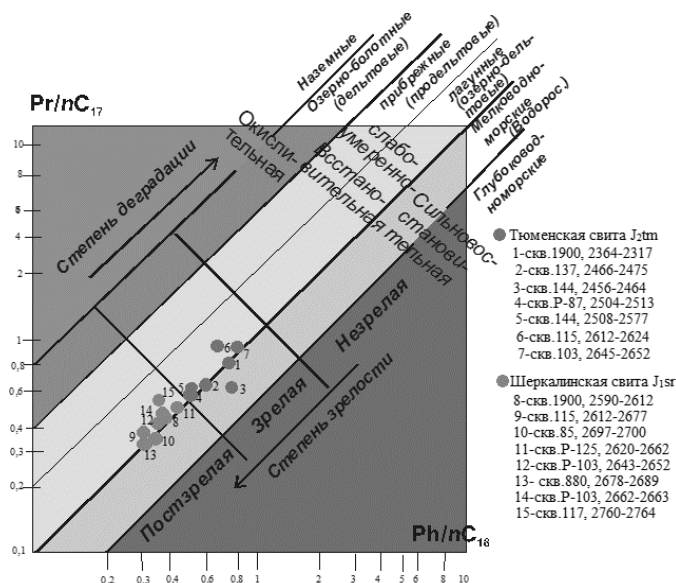


Рис.2. Модифицированная диаграмма Кеннона-Кессоу по соотношению пристан/ $n-C_{17}$  и фитан/ $C_{18}$  (по данным ГЖХ)

Хроматографическая характеристика нефтей фиксирует сравнительную устойчивость системы в недрах, но иногда и ее изменчивость, что может быть связано со смешением флюидов при дисмиграции или добавлением компонентов при дополнительной вторичной миграции из главной зоны нефтеобразования и/или главной зоны газообразования, на что также указывает изменение количества в нефтях твердых парафинов [2].

Распределение стеранов в рассмотренных нефтях указывает на источник нефтей как залежей нижне-, так и среднеюрских – ОВ осадков, накапливающихся в лагунных (континентально-озерных) обстановках вблизи береговой линии моря (рис.3).

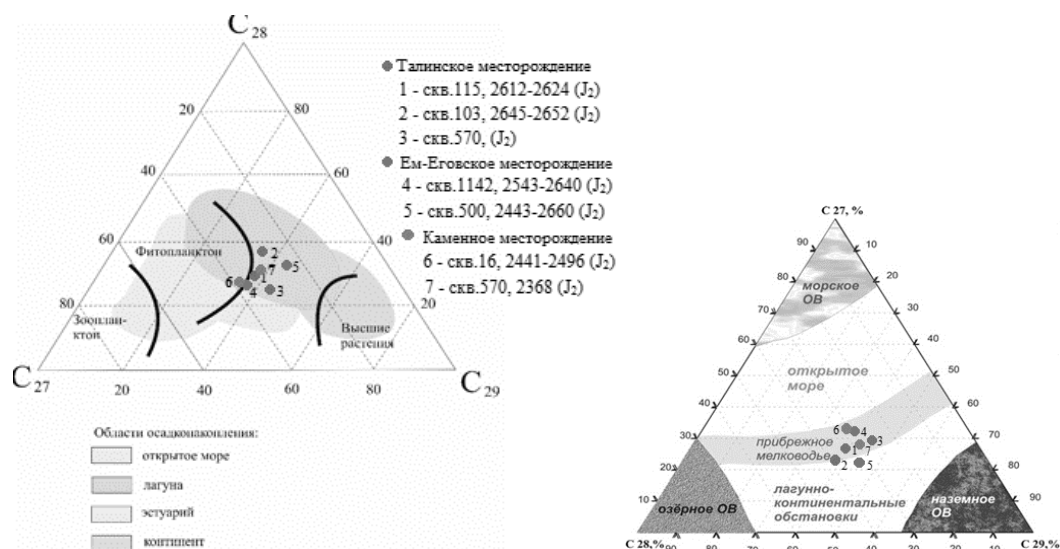


Рис.3. Выявление условий седиментогенеза и раннего диагенеза, вида биопродуктов по соотношению стеранов  $C_{27-29}$  нефтей залежей тюменской свиты Талинского, Ем-Еговского и Каменного месторождений ([4] с изменениями)

В соответствии с особенностями состава гопанов, источником исходного ОВ рассмотренных нефтей могут быть озерные глинистые отложения, сменяющимися прибрежно-морскими (рис.4а). Низкие значения DBT/P при относительно повышенных значениях Pr/Ph характерны для морских и озерных фаций, в область которых и попадают пробы (рис.4б). Таким образом, можно сделать вывод, что источником ОВ, генерировавшего нефти, может являться ОВ тогурской и радомской пачек гумусово-сапропелевого состава, отличающиеся своим озерным и в отдельные промежутки времени – прибрежно-морским генезисом [1].

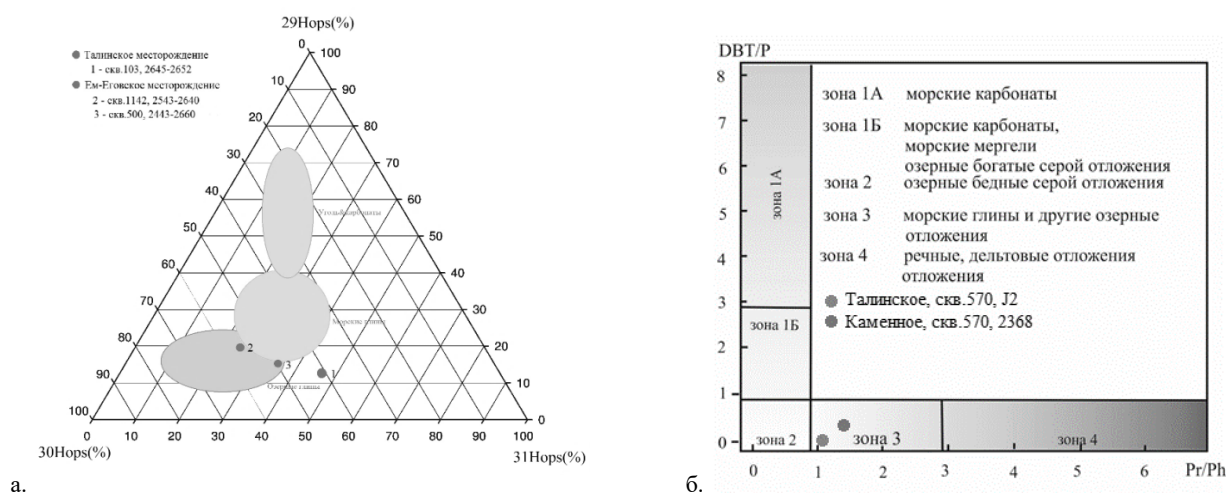


Рис.4. (а) Условия седиментогенеза и вид биопродуктов ОВ по соотношению гопанов  $C_{29-31}$  нефтей залежей тюменской свиты Талинского и Ем-Еговского месторождений с нанесенными значениями, (б) фациальная и окислительно-восстановительные обстановки накопления ОВ по соотношениям DBT/P и Pr/Ph

Нефти среднеюрских залежей Талинского месторождения генерированы ОВ, находящимся на грациях  $МК_1$ - $МК_2$ <sup>1</sup> [3], что подтверждается рассчитанными по фенантреновому индексу значениями отражающей способности витринита ( $R^0$ ) в пределах 0,61-0,74%. Следует заметить, что пробы нефтей с Каменного месторождения из одновозрастных залежей характеризуются несколько повышенными значениями данного параметра (0,77-0,79%), что может быть обусловлено большей глубиной залегания одновозрастных отложений и, следовательно, большей их зрелостью.

Изотопный состав углерода всех проб довольно близок. Такие сходные значения могут объясняться ведущей ролью фитопланктона в формировании состава ОВ, как для нефти из тюменской залежи, так и для нефти из шеркалинской, что вместе с остальным комплексом исследования подтверждает сходный состав исходного ОВ.

Таким образом, в соответствии с интерпретацией состава нефтей ниже-среднеюрского НГК Талинского месторождения было установлено, что для исследуемых нефтей исходное ОВ характеризуется смешанным преимущественно сапропелевым типом, накопление которого происходило в сла-

бо-окислительных условиях в континентальных или периодически в прибрежно-морским обстановках. Так, генерация рассмотренных нефтей может быть связана с озерными и прибрежно-морскими глинистыми НГМП тогурской и радомской пачек [1], а также, возможно, отложениями тюменской свиты. Повышенные концентрации твердых парафинов могут свидетельствовать об участии липидов высшей растительности в нефтегенерации. Изученные нефти относительно зрелые. Значение зрелости, рассчитанные по фенантреновому индексу, определяют градации катагенеза МК<sub>1</sub>-МК<sub>2</sub>.

#### **Литература**

1. Денисов С.Б., Дьяконова Т.Ф. Генетическая природа отложений шеркалинской свиты Талинского месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2005. – №. 2. – С. 60-67.
2. Петровская Т.К. Флюидное соотношение в залежах неструктурного типа (на примере Талинского месторождения Красноленинского свод, Западная Сибирь): Дис. Канд. Геол. – минерал. Наук. / МГУ им. М.В. Ломоносова. Геол. Фак. Каф. Геологии и геохимии горючих ископаемых. – М., 1993. – 157 с.
3. Фомин А.Н. Катагенез и перспективы нефтегазоносности юрских и доюрских отложений Красноленинского свода // Геология и геофизика. – 1992. – №. 6. – С. 19-24.
4. Peters K.E., Walters C.C., and Moldowan J.M. The Biomarker Guide I. Biomarkers and Isotopes in the Environment. 2nd ed. Vol 1. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 474 pp.

УДК 553.98

## **НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ВОЗМОЖНАЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ УТКИНСКО-СЕРЕБРЯНСКОЙ СИСТЕМЫ ВПАДИН**

**Широбокова Юлия Владимировна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,  
г. Пермь, e-mail: iuliia.shirobokova.99@mail.ru*

**Научный руководитель:** ассистент, Красильников Виталий Павлович

**Аннотация:** Общемировая тенденция к истощению существующих запасов нефти и газа в настоящее время становится все более актуальной. Наиболее остро подобная проблема встает для стран, чья экономика в своей основе базируется на доходах с продажи углеводородного сырья. В России нефтегазовые доходы по данным 2019 г. составляют порядка 46% всех доходов федерального бюджета, таким образом, вопрос поиска новых перспективных месторождений нефти и газа имеет в нашей стране приоритетное значение. Опираясь на опыт других государств, таких как США или Венесуэла, следует уделить дополнительное внимание изучению зон складчато-надвигового строения, так как последние исследования указывают на их немалый нефтегазовый потенциал.

**Ключевые слова:** складчато-надвиговые зоны, нефтегазоносность, Уткинско-Серебрянская система впадин, Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, нефть, газ, Урал.

## **OIL AND GAS POTENTIAL AND POSSIBLE PROSPECTS OF THE UTKIN-SEREBRYANSK DEPRESSION SYSTEM**

**Shirobokova Ylia Vladimirovna,**

*Perm State University, 3<sup>rd</sup> year Student,  
Perm, iuliia.shirobokova.99@mail.ru*

**Research Supervisor:** Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy Pavlovich

**Abstract:** The global trend towards depletion of existing oil and gas reserves is now becoming more and more relevant. This problem is most acute for countries whose economy is based on revenues from the sale of hydrocarbons. In Russia, oil and gas revenues in 2019 account for about 46% of all Federal budget revenues, so the search for new promising oil and gas fields is a priority in our country. Based on the experience of other States, such as the United States or Venezuela, additional attention should be paid to the study of zones of folded-thrust structure, since recent studies indicate their considerable oil and gas potential.

**Keywords:** fold-and -thrust zones, oil and gas potential, Utkin-Serebryansk depression system, Volga-Ural oil and gas province, oil, gas, Ural.

В связи с истощением запасов эксплуатируемых месторождений настоящего времени, появляется потребность в поиске новых территорий с перспективными скоплениями нефти и газа [6]. Данная проблематика несет высокую актуальность ввиду того, что средняя выработанность эксплуатируемых месторождений составляет 60–70%, а в основных месторождениях – 91–98% [2].

Исходя из современных данных геолого-разведочных работ (ГРР), существует минимум три перспективных направления, способных решить ресурсный дефицит нефти и газа в дальнейшем. Такими направлениями можно считать: поиск месторождений углеводородов в акваториях Арктики, нетрадиционные источники нефти и газа, использование потенциальных месторождений складчато-надвиговых зон. На основании факта, что подавляющее большинство месторождений нефти и газа Пермского края (ПК) и соседних территорий, входящих в состав Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, приурочены к Камско-Кинельской системе впадин (ККСВ), имеющей складчато-надвиговую структуру, именно это направление может стать оптимальным для нефтегазовой промышленности региона. [5]

Таким образом, при проведении ГРР на территории ПК следует обратить дополнительное внимание на области складчато-надвиговых зон с наименьшей степенью исследованности. Одной из таких потенциальных зон может стать территория Уткинско-Серебрянской системы впадин (УССП) (рис.), входящих в состав ККСВ.

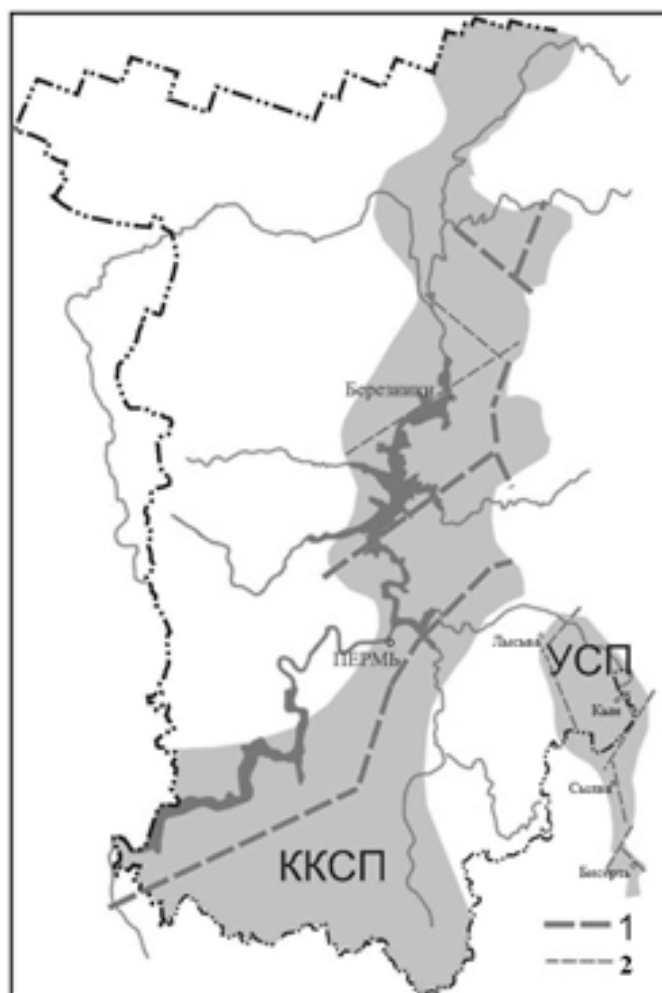


Рис. Ориентировка осевых впадин в Камско-Кинельской (ККСВ) и Уткинско-Серебрянской (УССВ) системах прогибов. Оси впадин: 1 – установленные, 2 – предполагаемые.

Уткинско-Серебрянская система впадин расположена в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, являющейся одной из старейших в России. По количеству месторождений и периоду их эксплуатации можно судить о большом нефтегазоносном потенциале территории. В струк-

турном отношении Волго-Уральская нефтегазоносная провинция представляет собой восточную часть Восточно-Европейской платформы, что предполагает ее двухэтажное строение: архей-ранеепротерозойский кристаллический фундамент и осадочный чехол, состоящий из двух мегакомплексов – рифейского и венд-фанерозойского. В чехле выделяются крупные прогибы, своды, впадины, которые лишь частично отображают характер строения фундамента и промежуточного структурно-формационного этажа.

УСП является достаточно не изученной территорией. В работах Карасевой (Белоконь) Т.В., Проворова В.М., Калабина В.В., Козловой И.А. установлены границы и описаны геологические разрезы прибортовых и бортовых отложений впадины, преобразованность органического вещества и генерационная способность верхнедевонско-нижнекаменноугольных нефтегазоматеринских толщ.

В виду большой перспективности уже эксплуатируемых месторождений нефти и газа Камско-Кинельской системы впадин, можно предположить возможную нефтегазоносность Уткинско-Серебрянской системы впадин. Предположение основано на схожести их формирования, строения и близкой расположенности [4].

Однако данные геолого-геохимического строения Уткинско-Серебрянской системы впадин и ее генерационного потенциала, свидетельствуют о том, что перспективность данной территории на поиски новых залежей УВ примерно на целый порядок ниже, чем у ККСВ. [3]

Помимо этого УСП имеет значительную глубину залегания (2500-3000 м) и самую высокую степень преобразованности органического вещества – МК4-5-АК. Следовательно, имеет перспективу в формировании газовых или нефтяных залежей с повышенным газовым фактором. [1]

Следует так же понимать, что ввиду низкого уровня изученности рассматриваемой территории, данные выводы достаточно субъективны. Для максимально достоверной информации, в случае изучения перспективности УСП, также необходимо проведение дополнительных исследований. Изучение регионов с таким сложным строением, как Уткинско-Серебрянская система впадин, должны охватывать максимально возможный спектр методов ГРП: литолого-фациального, палеогеографического анализов, материалов сейсморазведки, данных ГИС и другой информации. Так же возникает необходимость проведения масштабных палеогеографических реконструкций, с привлечением современных методов математического моделирования. Только на основании суммарного комплекса данных можно будет с уверенностью прогнозировать перспективность изучаемой территории.

### **Литература**

1. Козлова И. А. Особенности процесса нефтеобразования в верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложениях северо-восточной части Волго-Уральской провинции в связи с перспективами нефтегазоносности: автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геолого-минералогических наук. Пермь, 1996. 17 с.
2. Конторович А.Э., Ливищ В.Р. Новые методы оценки, особенности структуры и пути освоения прогнозных ресурсов нефти зрелых нефтегазоносных провинций // Геология и геофизика. 2017. № 12. С. 1836 – 1853.
3. Проворов В.М. Структурно-фациальные зоны нефтегазонакопления в северных районах Урало-Поволжья // Методика поисков и разведки месторождений нефти и газа на севере Урало-Поволжья: Сб. науч. тр. М.: ВНИГНИ, 1982. Вып. 243. С. 3–21.
4. Проворов В.М. Тектоно-седиментационные особенности северных и западных районов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции: автореф. дис. док. геолого-минералогических наук. Пермь, 1994. 59 с.
5. Соборнов К. О. Возможности наращивания ресурсной базы газодобычи в складчатых поясах России // Вести газовой науки. 2014. №3(19). С. 56-61.
6. Хасанов Р.Р., Гафуров Ш.З., Музаффаров И.К., Ларочкина И.А. Геологические основы прогноза угольных залежей Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в связи с истощением нефтяных ресурсов // Нефтяное хозяйство. 2016. №10. С.49 – 51.

## НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАДВИГОВОЙ ЗОНЫ УРАЛА

**Крылосова Илья Андреевна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 3 курса, г. Пермь  
e-mail: li-kr@mail.ru*

**Научный руководитель:** ассистент, Красильников Виталий Павлович

**Аннотация:** Современные геолого-разведочные работы доказали перспективность складчато-надвиговых зон в вопросе открытия новых месторождений углеводородов. Надвиговая зона Урала уже длительное время относится к одной из таких приоритетных нефтегазоносных структур, но является недостаточно изученной, на его территории ещё достаточно зон, имеющих высокий потенциал в вопросе обнаружения новых месторождений углеводородов.

**Ключевые слова:** нефтегазоносность, надвиговая зона, Урал, палинспастическая реконструкция, надвиги.

## OIL AND GAS POTENTIAL POTENTIAL OF THE URAL THRUST ZONE

**Krylosova Ilsa,**

*Perm State University, 3<sup>d</sup> year Student, Perm,  
e-mail: li-kr@mail.ru*

**Research Supervisor:** Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy Pavlovich

**Abstract:** Modern exploration work has shown the potential of thrust zones in the discovery of new hydrocarbon deposits. The thrust zone of the Urals has long been one of such priority oil and gas bearing structures, but it has not been sufficiently studied; there are still enough zones on its territory that have a high potential for detecting new hydrocarbon deposits.

**Keywords:** oil and gas content, thrust zones, the Ural, folds, palinspastic reconstructions.

В настоящее время все крупные месторождения углеводородов (УВ) на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции эксплуатируются уже достаточно длительное время, что приводит к постепенному их истощению. Данная проблематика вызывает необходимость поиска новых зон генерации и аккумуляции нефти и газа с промышленными запасами. Одним из потенциальных решений данной проблемы является открытие новых месторождений в складчатой области Урала. Богатый опыт геологоразведочных работ (ГРП) последних лет показывает, что важную роль в процессах аккумуляции углеводородов играют складчато-надвиговые зоны. Так, к примеру, геологические структуры надвиговых поясов Скалистых гор и Аппалачей содержат в себе огромные залежи нефти и газа, и, что крайне интересно, имеют строение, сходное со строением Предуральского прогиба и западного склона Урала. Данный факт подчеркивает настоятельную необходимость проведения на Западном Урале активных геологоразведочных работ, что потенциально может привести к открытию в этом регионе новых промышленных месторождений углеводородного сырья. [1]

Согласно классической теории шарьяжей, все складчато-надвиговые структуры земной коры надвинуты на смежные платформенные области и находятся в аллохтонном залегании. При этом отложения платформенного типа (автохтон) прослеживаются под шарьяжными покровами орогенов внушительные расстояния в сотни километров, представляя собой перспективные зоны генерации и аккумуляции углеводородов, освоение которых способно обеспечить существенный подъем нефтедобычи во многих районах мира.[3]

Одним из ярких примеров проявления шарьяжно-надвиговой тектоники является Урал. Вся Уральская покровно-складчатая область представляет собой гигантских размеров аллохтон, располагающийся на пограничной зоне Восточно-Европейской платформы (рис. 1).



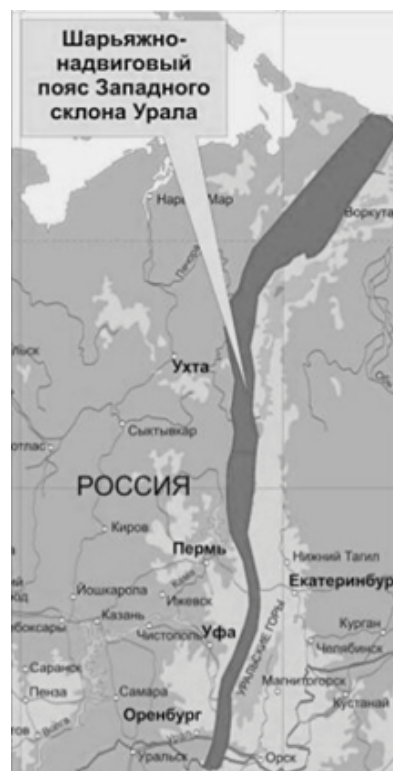


Рис. 1. Расположение шарьяжно-надвигового пояса Западного Урала

По тектоническому строению Уральская складчатая система включает в себя три крупных региона: Западно-Уральскую зону складчатости, Центрально-Уральское поднятие и Тагильский мега-синклинорий (рис. 2).



Рис. 2. Схема тектонического строения Уральской складчатой области

Поиск полезных ископаемых в районах со сложным геологическим строением связан с дополнительными сложностями и использование лишь стандартных методов геологоразведочных работ дает достаточно субъективные результаты. Для высокой степени достоверности работа в подобных районах необходимо не только хорошо представлять структуру и формационные комплексы, но и аспекты исторического развития, такие как палеотектоника и палеогеография. С выявлением складчато-надвигового строения сложнодислоцированных поясов мира, очевидным стал факт недостоверности существующих палеогеографических карт и схем, ввиду отсутствия фактора сближения элементов за счет складок и надвигов. Эффективным фактором для реконструкции подлинной палеогео-

графической ситуации послужили детальные исследования структуры, а также данные палеомагнитных построений и развитие идей новой глобальной тектоники, основанное на материалах о строении и эволюции океанов и континентов. [5]

На палеогеографических реконструкциях также базируется региональный прогноз перспектив нефтегазоносности, так как именно они предоставляют возможность установить особенности строения залежей углеводородов. В определении взаимного положения исследуемых разрезов в районах со сложным строением, таким как складки и надвиги, высокую эффективность показали работы по созданию палинспастических построений, подразумевающих восстановление тектонической и палеогеографической обстановки, до момента формирования складчатости, тем самым приводящие территорию к её исходному состоянию. [2]

На Урале к перспективным землям со складчато-надвиговым строением следует относить западные территории, приближенные к Предуральскому прогибу и характеризующиеся благоприятными условиями для формирования и сохранения залежей. На данной территории условия гидрогеологической закрытости перспективных комплексов обеспечиваются за счет отложений перми и карбона. Север территории осложнен большим количеством надвигов высокой степени амплитуды и чешуйчатым строением. Высокие коллекторские свойства пород, вблизи тектонических нарушений обусловлены их развитой трещиноватостью, что при наличии низкопроницаемых пород покрышек, способствует формированию залежей УВ промышленных масштабов. Помимо этого следует учитывать фактор слабой изученности трещиноватости для складчато-надвиговой зоны Урала, что лишь увеличивает вероятность обнаружения новых перспективных месторождений на данной территории. [4]

Таким образом, поднадвиговые зоны, имеют высокие перспективы на поиски нефти, также учитывая их высокое распространение практически на всем протяжении складчатой области от Южного до Полярного Урала, для их качественного выявления необходима постановка комплекса геолого-геофизических исследований. Неизведанные ресурсы нефти надвиговых дислокаций Урала могут послужить серьезной базой увеличения нефтегазового потенциала европейской части России в ближайшем будущем.

### *Литература*

1. Александрова Т.В. Т.В., Шибанова А.М., Жарков А.М. Складчато-надвиговая зона Урала как один из крупнейших нефтегазоперспективных объектов европейской части России // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. Т. 9. №4. 2014. С. 1-11.
2. Жерлыгин А.Л. Палинспастическая основа реконструкций палеогеографии девона на северо-востоке Печорского бассейна // *Записки Горного института*. Т.200. 2013. С. 210.
3. Исмаилов Р.А. Поднадвиговые зоны Урала — перспективный объект для поисков нефти и газа // *Вестник Академии наук РБ*. 2008. Т. 13, №3. С. 32.
4. Фархутдинов И. М. Поиски месторождений углеводородов в поднадвиговых отложениях Башкирского мегантиклинория Южного Урала // *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: мат-лы VIII Межрегиональной науч.-практич. конференции* - Уфа, 2010. - С. 177-179.
5. В.В.Юдин Палинспастические реконструкции сложнодислоцированных областей (на примере Урала, Приуралья и Пай-Хоя) // *Серия препринтов сообщений "Новые научные методики"*, Выпуск 33, Коми научный центр УрО АН СССР, 1990. С.3.

УДК 553.98

## НЕФТИ ЮРЮЗАНО-СЫЛВЕНСКОЙ ВПАДИНЫ: СВОЙСТВА И СОСТАВ

**Фомина Мария Валерьевна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 3 курса, г. Пермь,*

*e-mail: mari.fominova.98@mail.ru*

**Научный руководитель:** ассистент, Красильников Виталий Павлович

**Аннотация:** Современные геолого-разведочные работы доказали перспективность складчато-надвиговых зон в вопросе открытия новых месторождений углеводородов. Предуральский краевой прогиб уже длительное время относится к одной из таких приоритетных нефтегазоносных структур, но, несмотря на достаточно высокую изученность, на его территории ещё достаточно зон, имеющих высокий потенциал в вопросе обнаружения новых месторождений углеводородов. Ярким примером такой зоны можно считать Юрюзано-Сылвенскую депрессию. Многочисленные исследования указывают на перспективы обнаружения на данной территории новых промышленных месторождений нефти и газа, что придает вопросу детального и тщательного её изучения высокую приоритетность.

**Ключевые слова:** нефть, Предуральский краевой прогиб, Юрюзано-Сылвенская депрессия, месторождения, физические свойства нефти, химические свойства нефти.

## OIL OF YURYUZAN-SYLVEN CAVITY: PROPERTIES AND COMPOSITION

**Fominova Maria Valer'evna**

*Perm State University, 3 year student,  
the city of Perm,*

*e-mail: mari.fominova.98@mail.ru*

**Research Supervisor:** Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy Pavlovich

**Abstract:** Modern geological exploration has proved the prospects of fold-thrust zones in the issue of opening new hydrocarbon deposits. The preduralsky regional deflection has long been one of these priority oil and gas structures, but despite its relatively high level of study, there are still enough zones on its territory that have a high potential for the discovery of new hydrocarbon deposits. A striking example of this area it is possible to consider the Yuryuzano-Sylvenskaya depression. Numerous studies point to the prospects of discovering new industrial oil and gas deposits in this territory, which gives the issue of detailed and thorough study a high priority.

**Keywords:** oil, Yuryuzan-Sylven depression, **Pre-Ural foredeep**, fields, physical properties of oil, chemical properties of oil.

Нефть - один из важнейших природных ресурсов, необходимых современному обществу. Продукты переработки нефти напрямую задействованы практически во всех промышленных отраслях, будь то производство топлива или фармацевтическая индустрия. Именно поэтому проблематика постепенного истощения существующих запасов углеводородов имеет высокую степень приоритетности. Ценность нефти напрямую зависит от её состава. Наиболее качественной считается нефть, которая имеет низкую плотность и содержит мало серы. При перегонке лёгких сортов количественное соотношение тяжёлых фракций минимально, что благоприятно отражается на экономической выгоде при производстве продукции, а малое содержание серы понижает необходимость дополнительной очистки, что также благотворно влияет на итоговые затраты. Таким образом обнаружение месторождений легких и малосернистых нефтей является крайне актуальной задачей. Помимо этого, важно учитывать экономическую обоснованность разработки месторождения.

Большинство современных промышленных месторождений нефти приурочены к крупным осадочным бассейнам, которые встречаются на шельфе, в зонах вечной мерзлоты и в районах опускания земной коры. При разработке нефтяных месторождений на шельфе есть вероятность аварии, что влечёт за собой высокие риски экологического и экономического характера, также непосредственно сама

разведка, разработка и эксплуатация шельфовых месторождений требует внушительных финансовых затрат.

Добыча в районах вечной мерзлоты также имеет свои недостатки, первым из которых является большая удаленность промысловых районов и недостаточное развитие транспортной системы. Дополнительно, остро встаёт проблема утилизации попутного газа, так как в условиях низких температур происходит выпадение парафинов на стенки трубопроводов во время транспортировки, что может привести к закупориванию трубы и аварии, и как следствие повышению издержек по ремонту оборудования. Также для защиты вечномёрзлых грунтов применяются специальные опоры, стоимость которых в разы больше стоимости обычных. Все это вкуче крайне негативно сказывается на итоговой выгоде от эксплуатации месторождения. [4]

По сравнению с месторождениями на шельфах и в районах вечной мерзлоты гораздо выгоднее разрабатывать месторождения, приуроченные к районам опускания земной коры, например, к предгорным прогибам, мощность осадочного чехла которых может достигать 10-15 км, а наличие крупных залежей горючих ископаемых настолько характерно для них, что сам факт обнаружения подобных структур стал поисковым признаком. [6]

Одним из таких прогибов является Предуральский краевой прогиб, разделяющий Восточно-Европейскую платформу и Уральские горы. Он разделён поперечными поднятиями на отдельные впадины (рис. 1). В центральной части Предуральского прогиба между Косьвинско-Чусовской седловиной и Уфимским амфитеатром находится Юрюзано-Сылвенская депрессия (ЮСД) [1] - линейная зона погружения земной коры, которая прослеживается перед западным фронтом складчатого Урала. Протяженность депрессии с севера на юг составляет около 400 км, её ширина варьируется от 50-80 до 100-140 км. В пределах ЮСД распространены региональные надвиги, осложнённые фронтальными антиклинальными складками. [2]

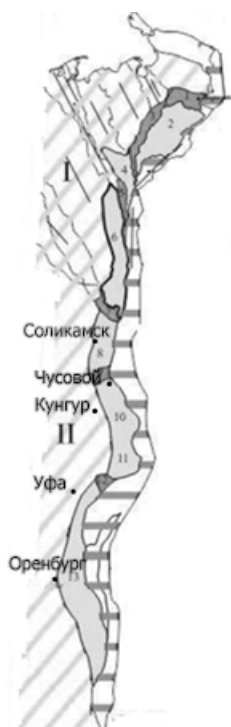


Рис. 1. Предуральский краевой прогиб

ЮСД относится к Юрюзано-Сылвенскому нефтегазоносному району (НГР) Среднепредуральской нефтегазоносной области Предуральской нефтегазоносной провинции. Основная промышленная нефтегазоносность Предуральской провинции связана с отложениями среднего и верхнего карбона и нижней перми. Эти отложения рассматривают как единый регионально развитый нефтегазоносный комплекс, представленный в основном рифогенными породами (трещиноватые известняки и доломиты). [8] Встречающиеся здесь залежи, связанные с антиклинальными складками, являются структурными, а приуроченные к рифовым массивам - литологическими. [3]

Юрюзано-Сылвенский НГР в северной части ЮСД представлен Копальнинской и Брусянско-Дуванской зонами нефтегазонакопления. В Копальнинской зоне открыты Луживское, Копальнин-

ское, Селинское, Верхнечусовское месторождения. В Брусянско-Дуванской зоне - Высоковское и Лысьвенское (рис. 2). [5]

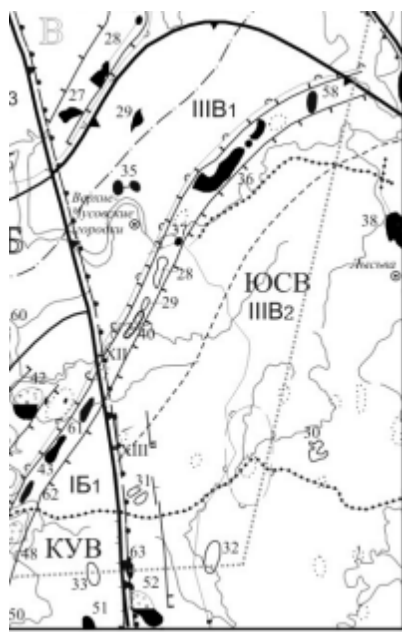


Рис. 2. Схема нефтегазogeологического районирования центральных районов Пермского края  
Нефтегазоносные зоны: IIIВ1 - Копальнинская, IIIВ2 - Брусянско-Дуванская  
Месторождения нефти: 29 - Луживское, 35 - Верхнечусовское, 36 - Копальнинское, 37 - Селинское, 38 - Лысьвенское  
Условные обозначения: — граница впадины, - - - граница нефтегазоносных зон, ■ структуры с месторождениями нефти и газа, □ структуры, подготовленные к глубокому бурению

Луживское месторождение находится в осевой зоне Камско-Кинельской системы прогибов, на Луживском поднятии. По кровле артинского яруса Луживское поднятие представляет структурную террасу, осложненную четырьмя небольшими куполками. Открытая залежь нефти является литологической. Копальнинское месторождение приурочено к северо-восточному окончанию Веслянской валообразной зоны. По сакмаро-артинским отложениям выделяется структура, осложненная двумя куполами - Копальнинским и Центральным. Верхнечусовское месторождение расположено на Глазуновском поднятии. Открыта залежь нефти в терригенных отложениях радаевского горизонта. Селинское месторождение находится в Веслянской валообразной зоне, на Селинском поднятии. Лысьвенское месторождение приурочено к Макарихинскому поднятию. Месторождение нефти открыто при проведении глубокого бурения по профилю для изучения геологического строения территории. Основные характеристики нефтей озвученных месторождений приведены в таблице. [7]

Таблица

Характеристика нефтей Юрюзано-Сылвенской депрессии

Месторождение	Плотность (г/см <sup>3</sup> )	Вязкость (мПа*с)	Сера (%)	Парафины (%)	Смолы и асфальтены (%)	Пластовая температура (°С)
Луживское	0,765	1	0,60	1,40	2,06	32
Копальнинское	0,899	-	1,89	1,25	8,15	23
Верхнечусовское	0,831	1,07	0,13	8,52	5,80	36
Селинское	0,915	4,95	1,95	1,56	37,92	23
Лысьвенское	0,880	1	2,49	1,69	6,01	23

Как видно из представленной таблицы, к наиболее качественной нефти, то есть обладающей низкой плотностью и низким содержанием серы, из данных месторождений можно отнести нефть Луживского и Верхнечусовского месторождений.

Таким образом, опираясь на базовый принцип аналогии, можно предположить, что на территории Юрюзано-Сылвенской депрессии также существуют иные, ещё неразведанные месторождения углеводородов высоких качественных характеристик, что свидетельствует о значительном нефтегазовом потенциале исследуемой области. Дополнительным важным экономическим аспектом служит достаточно развитая инфраструктура, позволяющая оптимизировать дополнительные затраты. Вы-

шеизложенный материал может свидетельствовать о высокой перспективности Юрюзано-Сылвенской депрессии в вопросе нефтегазоносности и необходимости проведения детальных геолого-разведочных работ с привлечением всех современных методов и возможностей.

### **Литература**

1. Гурова Д. И. Перспективы нефтегазоносности нижнепермских карбонатных отложений Верхнепечорской впадины Предуральяского краевого прогиба // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. № 7. С. 6–14.
2. Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М., Хайрулина Л.А. Тектоника и перспективы нефтегазоносности зоны сочленения Юрюзано-Сылвенской депрессии и Уфимского амфитеатра. Георесурсы, № 3(62) Т.2. 2015, С. 43.
3. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Загребина А.И., Газизова С.А. Структурная геология северо-востока Башкортостана. Уфа, 1999. Стр. 6.
4. Левицкий И.Н., Силинский А.В., Яблокова В.С. Актуальные проблемы добычи и транспортировки нефти в зонах вечной мерзлоты // Научный альманах 2016. Стр. 519-521.
5. Проворов В. М., Проворов М. В., Неганов В. М. Нефтегазогеологическое районирование центральных районов Пермского края в связи с дальнейшим освоением ресурсов нефти и газа // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь: Изд-во ПГУ, 2008. Вып. 10(26). Стр. 12.
6. Пуцаровский Ю.М. Краевые прогибы, их тектоническое строение и развитие // Тр. ГИН АН СССР. - Вып. 28. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. Стр. 3.
7. Снитко Г. П., Гай В. В., Дресвянникова Н. Ф. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000 Издание второе Серия Пермская Лист О-40-XVI (Лысьва) Объяснительная записка Москва, московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ» • 2017. Стр. 70-73.
8. Чернова О. С. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных территорий // Учебное пособие, Томск: Изд-во ТПУ, 2008. Стр. 221.

УДК330; 338; 659; 658

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ**

**Новикова Анна Сергеевна**

ШНО РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, молодой ученый, г. Оренбург  
e-mail: [annov106@mail.ru](mailto:annov106@mail.ru)

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент, Еременко Ольга Владимировна

**Аннотация:** Приоритетной целью современной разработки нефтегазовых месторождений является формирование модели, позволяющей обеспечить наиболее полное извлечение запасов УВС при максимальных показателях эколого-экономической эффективности, достижении максимальных уровней коэффициентов охвата, газоотдачи и коэффициента извлечения нефти. В условиях цифровой трансформации комплекса эта задача успешно решается путем геолого-математического моделирования. Тем не менее, существует и ряд проблем в ее применении, которые обусловлены как расхождениями статической (геологической) и фильтрационной (гидродинамической) моделей, так и недостатком отечественного программного обеспечения, методик моделирования борьбы с обводнением скважин, формирования геомеханической модели и др. В статье на примере функциональных особенностей интегрированной геолого-технологической модели Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения определены новые подходы ее развития. Особое внимание автором уделено моделированию «живучести» системы добычи газа.

**Ключевые слова:** геолого-техническая модель, моделирование «живучести» скважин.

## NEW APPROACHES IN GEOLOGICAL AND MATHEMATICAL MODELING

*Anna Sergeevna Novikova,*

*SSS of Gubkin Russian state University of oil and gas (NRU), Young Researcher, Orenburg*

*e-mail: [annov106@mail.ru](mailto:annov106@mail.ru)*

*Research Supervisor: Candidate of Economics science, Reader, Olga Vladimirovna Eremenko*

**Abstract:** The priority goal of modern development of oil and gas fields is to create a model that allows for the most complete recovery of hydrocarbon reserves with maximum environmental and economic efficiency, achieving maximum levels of coverage coefficients, gas recovery and oil recovery coefficient. In the conditions of digital transformation of the complex, this task is successfully solved by means of geological and mathematical modeling. However, there are also a number of problems in its application, which are caused by differences in static (geological) and filtration (hydrodynamic) models, as well as a lack of domestic software; methods for modeling the fight against well flooding; the formation of a geomechanical model, etc. The article uses the example of the functional features of the integrated geological and technological model of the Orenburg oil and gas condensate field to identify new approaches to its development. The author pays special attention to modeling the survivability of the gas production system.

**Keywords:** geological and technical model, modeling of «survivability» of wells.

Рассуждая о проблемах геолого-математического моделирования, стоит, прежде всего, отметить, что в практической деятельности российские нефтегазовые компании в этом вопросе опираются на зарубежные разработки. За рубежом практика моделирования начала развиваться еще в начале 60-х годов прошлого века. В 1980-х была создана полноценная геологическая модель, а в начале 21 века ученые разработали программные пакеты (Roxar, Petrel, Eclipse), позволяющие успешно интегрировать сейсмическими данные с данными о седиментологической структуре коллекторов, гидродинамического исследования скважин и т. д. посредством применения метода «тренировочных изображений» [1].

Что касается российских разработок в прикладной геологии, то построение 3D геологических моделей насчитывает чуть более 25 лет, выделившись в самостоятельное направление в результате положительного влияния таких факторов, как; наличие разработанных математических принципов и алгоритмов трехмерного моделирования; бурное развитие областей, смежных с геологией и геофизикой (3D-сейморазведка, сиквенс-стратиграфия, 3D гидродинамическое моделирование и т.д.); появление высокоскоростных компьютеров, которые позволили оперативно, в режиме on-line выполнить всю совокупность емких математических расчетов; появление инструментов визуализации результатов; российские разработки в сфере программного обеспечения процессов построения цикла трехмерных моделей, начиная от загрузки и построения кубов ФЕС до выдачи графики; накопленный опыт 2D моделирования, подсчета запасов и нефтегазопромысловой геологии [2]. В целом, 3D моделирование в России получило мощный толчок развития после появления на рынке в конце 1990-х годов программных комплексов Stratamodel компании Landmark, IRAP RMS (Smedvig Technologist) и 3D-Property компании Schlumberger.

В настоящее время 3D моделирование продолжает активно развиваться, в том числе, за счет разработок российского военно-промышленного комплекса. В нем уже давно применяют нейронные сети и многоточечную статистику, которые многократно повышают эффективность моделирования путем расширения возможностей интеграции модулей анализа данных сейсморазведки, сопровождения бурения горизонтальных скважин, апскейлинга и др. [10].

Состав блоков интегрированной геолого-технологической модели Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) представлен на рисунке 1.

Она включает в себя геологическую и гидродинамическую модели, а также модель добычи и сбора продукции. В каждой из моделей выделяют модули, традиционные для большинства моделей (импорта и экспорта данных; корреляции пластов по скважинным данным; интерпретации данных сейсморазведки; анализа данных; построения карт, модели тектонических нарушений, структурно-стратиграфического каркаса; литолого-фациального и петрофизического моделирования и т.д.) [9].



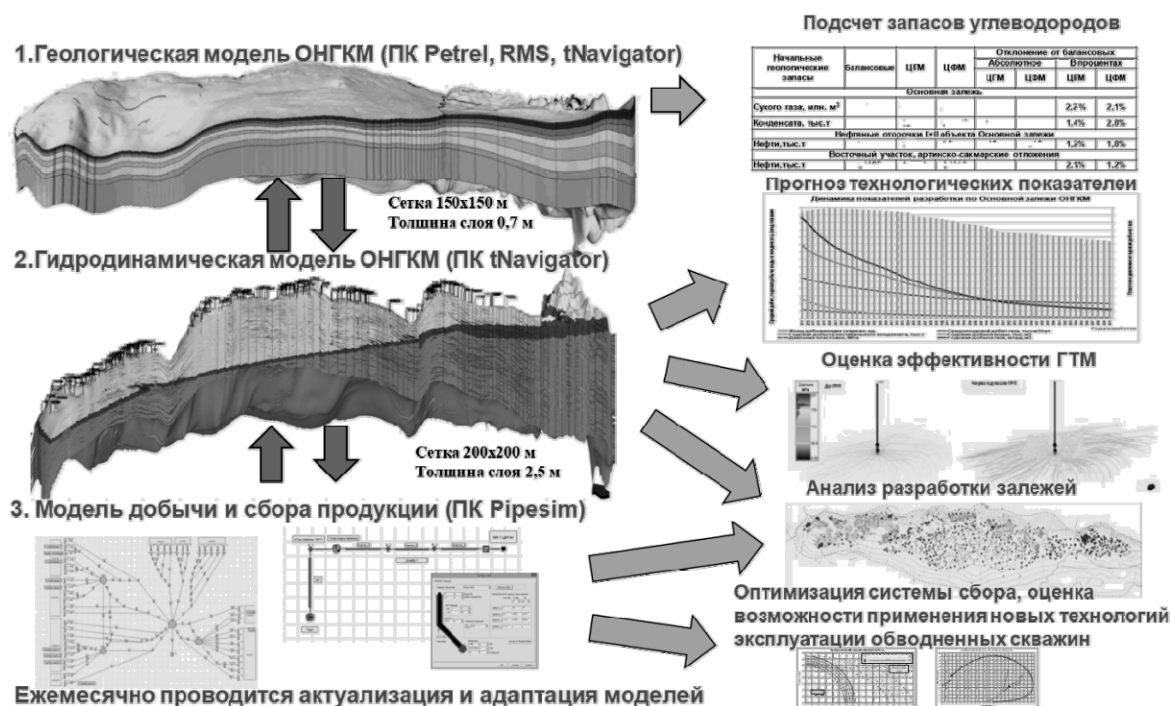


Рис.1. Процесс геолого-технологического моделирования разработки ОНГКМ.

К сожалению, за границами модели остались вопросы высокого уровня обводненности скважин месторождения, которое промышленно эксплуатируется с 1967 года. С самого начала разработка ОНГКМ осложнялась агрессивностью добываемого газа, содержащего сероводород; высокой долей запасов в малопроницаемых коллекторах; активностью водопроявлений [3]. Впоследствии эти обстоятельства привели к резкому ухудшению условий промысловой подготовки (с 1986 г. метод низкотемпературной сепарации на УКПГ был заменен механической сепарацией), падению пластового давления до 5 МПа (вместо 21 МПа по Проекту разработки), росту обводненности скважин [6]. На 01.01.2020 г. обводнено 143 скважины или 19% действующего фонда, которые обеспечивают 17% годовой добычи. Накопленный отбор пластовой воды превысил 27 млн. кубометров [4]. Объем внедрившейся воды составил 6,3% от начального газонасыщенного объема при выработке запасов на уровне 69% начальных. Пути движения воды приурочены, в основном, к участкам развития трещиноватости и зонам тектонических нарушений, последующее же распространение происходит по наиболее проницаемым, активно обрабатываемым пластам в субгоризонтальном направлении. К этому добавились проблемы отсутствия технологии разработки нефтяных оторочек, наличия перетоков по разрезу залежи, выпадение ретроградного конденсата и другие, обусловившие в совокупности сокращение добычных возможностей ОНГКМ и снижение качества извлекаемых ресурсов [5].

Все вышесказанное стало причиной поиска инновационных решений, направленных на совершенствование геолого-математического моделирования с целью увеличения продолжительности жизненного цикла ОНГКМ, наращивания компонентоотдачи пластов. Был разработан еще один модуль модели – модуль «живучести» системы добычи газа [7]. Он основан на обработке массива следующих данных: параметры пласта (стратиграфия, состав и свойства флюида, фильтрационно-емкостные свойства); конструкция скважины (эксплуатационные колонны и НКТ, штуцеры, пакер, инклинометрия скважины, интервалы перфорации); параметры флюида (пластовое и забойное давление, температура, скорость, вязкость, поверхностное натяжение, давление насыщения, дебит газа, конденсатогазовый фактор, дебит воды); специфические параметры технологий борьбы с обводнением; уровень жидкости в затрубном пространстве скважины (рисунок 2).

Что касается технологий борьбы с обводнением, что в модуле они разделены на два вида: не требующие привлечения внешней энергии (РИР, продувка скважины в атмосферу, периодическое открытие/закрытие скважины, использование ПАВ в твердом виде, замена НКТ на меньший диаметр, концентрическая лифтовая колонна, плунжер-лифт); требующие привлечения внешней энергии (компримирование, газлифт, гидронасос, штанговый и винтовой насосы, ЭЦН) [8].

Концепция автоматизации комплексных научных исследований в модуле «живучести» системы добычи газа в условиях обводнения скважин строится на основе вводных геолого-технологических параметров; оперативных указаний и рекомендаций по оценке эффективности; технологических ограничений технологий борьбы с обводнением; показателях утвержденной производственной про-

граммы нефтегазодобывающего предприятия; параметрах технологического режима работы системы добычи газа; доступных средствах реализации модели и результатах анализа эффективности применения различных технологий борьбы с обводнением.

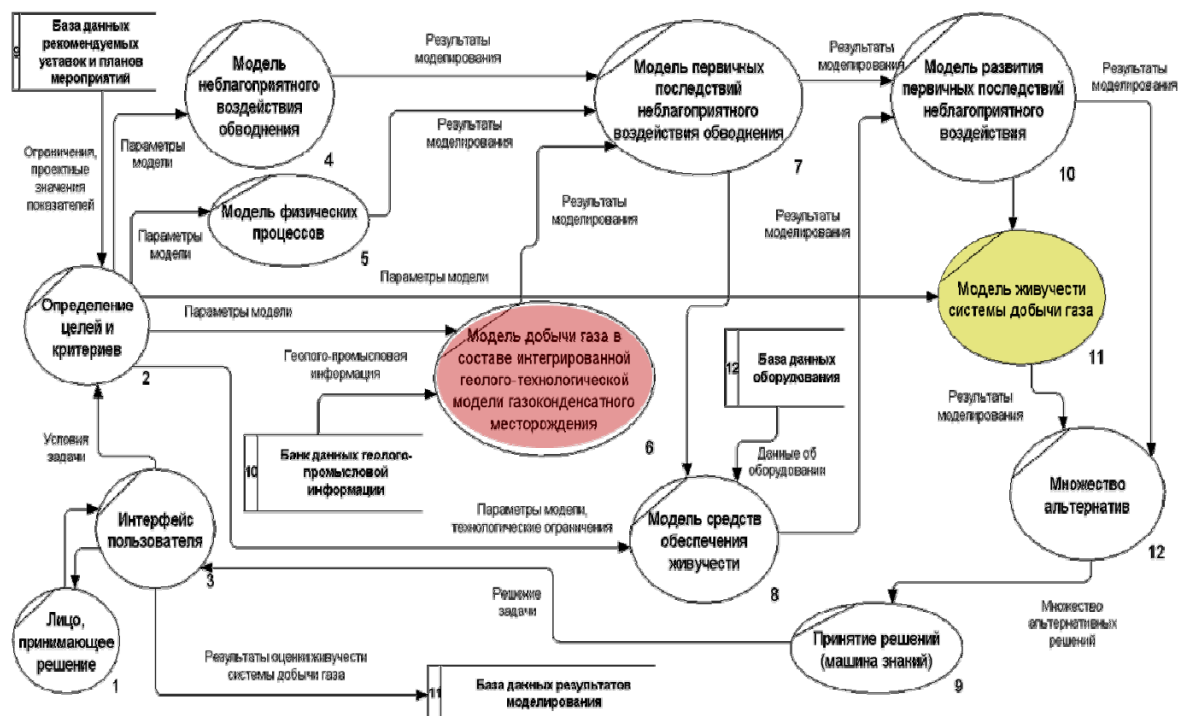


Рис.2. Состав модулей геолого-технологической модели разработки ОНГКМ

Главным препятствием на пути разработчиков модуля является отсутствие отечественного программного обеспечения в условиях, когда нефтегазовые компании не могут пользоваться мировыми аналогами, попавшими под секторальные санкции. Гидродинамическое моделирование осуществляется сегодня специалистами ООО «ВолгоУралНИПИгаз» с помощью программ Eclipse, tNavigator и Tempest, для моделирования пластовой системы используют ПК PVT, для моделирования движения пластового флюида в скважинах и трубопроводах – Pipesim и tNavigator. Только экспертизу моделей проводят с помощью российского продукта «Сфера».

Для целей модуля «живучести» системы добычи газа учеными из РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина разработано ПО «Автотехнолог», в котором объект исследования представлен в виде формулы:

$$OI = \{E \{SYS \{Pr, TECH\}\}, \quad (1)$$

где: E – показатели системы добычи газа; SYS – структуры системы добычи газа; Pr – параметры системы; TECH – технологии борьбы с обводнением.

При работе с модулем используются следующие подходы:

- модуль обеспечит лишь приближенные решения реальных задач, поэтому необходимо абсолютное понимание задачи и постоянная проверка данных;
- требуется регулярная корректировка параметров при воспроизведении истории для гарантии создания точного прогноза;
- основное внимание следует уделить крайним значениям проницаемости, масштабам измерения и использования параметров;
- необходимо увеличивать объемы лабораторных исследований, проводимых с целью обеспечения полного понимания моделируемого процесса и измерения значимых параметров уравнений, которые решаются при моделировании.

Использование подобного подхода уже принесло положительные результаты в деятельности ООО «Газпром добыча Оренбург» и имеет значительные перспективы; может быть протипажено в других нефтегазовых компаниях, эксплуатирующих зрелые месторождения.

### Литература

1. Дементьев Л.Ф. Математические методы и ЭВМ в нефтегазовой геологии. М.: Недра. 1983. 189 с..
2. Гаричев С.Н., Еремин Н.А. Технология управления в реальном времени: Учеб. пособие. В 2 ч./ Гаричев С.Н., Еремин Н.А. М.: МФТИ. 2015, Ч. 1. 196 с.
3. Еременко О. В. Эффективность развития ресурсного потенциала нефтегазодобывающего предприятия инновационным методом интеллектуальных скважинных систем. // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2012, №2. С.24-27.
4. Еременко О.В. Инновационный вектор стратегии эффективной эксплуатации зрелых многокомпонентных месторождений углеводородного сырья // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2017. №12. С. 26-32.
5. Еременко О.В. Инновации, направленные на увеличение продолжительности жизненного цикла и эффективности разработки нефтегазоконденсатных месторождений в стадии падающей добычи// Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т.1. №10. С. 65-71.
6. Еременко О.В. Совершенствование методологии анализа инновационной деятельности нефтегазовых компаний: монография. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2016. 153 с.
7. Новикова А.С., Еременко О.В. Приоритетные инструменты интеллектуализации геологии // Новые идеи в геологии нефти и газа 2019: сборник научных трудов (по материалам Международной научно-практической конференции)/отв. ред. А.В. Ступакова; МГУ имени М.В. Ломоносова. М.: Издательство «Перо», 2019. С. 352-354.
8. Новикова А.С. Инновации, обеспечивающие рост рентабельности эксплуатации Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения // Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». 2018. С. 64105.1-64105.3.
9. Eremenko O., Novikova A. Improvement of technologies as a basis for effective development of Mature field Geonature 2019: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции при поддержке международных организаций EAGE, SEG, AAPG 25-28 марта 2019 г. / отв. редактор И. И. Нестеров. Тюмень: ТИУ, 2019. 459 с.
10. Novikova A., Eremenko O. Innovations in the extraction of high-molecular raw materials as an effective direction of the oil and gas complex. Geonature 2019: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции при поддержке международных организаций EAGE, SEG, AAPG 25-28 марта 2019 г. / отв. редактор И. И. Нестеров. Тюмень: ТИУ, 2019. 459 с.

УДК 550.4.01

## О РЕКОНСТРУКЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В НИЖНЕТУТЛЕЙМСКОЙ ПОДСВИТЕ ПО ДАННЫМ ГИС

**Петрова Регина Николаевна**

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
аспирант 1 года обучения, г. Пермь  
e-mail: kitreginapetrova@gmail.com

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Карасева Татьяна Владимировна

**Аннотация:** В настоящей работе представлен анализ множественной регрессии как метод количественной оценки содержания органического углерода по данным геофизических исследований скважин на примере нижнетутлеймских отложений скважины №1.

**Ключевые слова:** Данные ГИС, органический углерод, множественная регрессия, нижнетутлеймская подсвита.

## ABOUT RECONSTRUCTION OF TOTAL ORGANIC CARBON IN LOWER-TUTLEIM FORMATION ON DATA OF GIS

*Petrova Regina Nikolaevna*

*Perm State National Research University, 1<sup>st</sup> year Post-graduate Student, Perm,  
e-mail: kitregina Petrova@gmail.com*

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Karaseva Tatyana Vladimirovna*

**Abstract:** This paper presents an analysis of multiple regression as a method for quantifying the total organic carbon content according to geophysical research of wells using the example of lower Tutleim deposits of well No.1.

**Keywords:** Data of GIS, total organic carbon, multiple regression, lower Tutleim formation.

Согласно общепринятой концепции поиска нефти в породах нефтематеринских свит одним из ключевых факторов оценки перспективности является содержание органического вещества. Величина общего содержания органического углерода (Сорг) характеризует насыщение органикой нефтематеринских пород, степень зрелости органического вещества, его способность к генерации углеводородов. Кроме этого, определение содержания Сорг в нефтематеринских толщах необходимо для более точного выделения нефтематеринской свиты и корректной оценки ресурсного потенциала объемно-генетическим методом. Как известно, при бурении далеко не всегда удается добиться 100 % выхода керна. Аномально высокое пластовое давление (АВПД) и хрупкость нефтематеринских пород приводят к тому, что породы часто разрушаются и не выносятся на поверхность или разрушаются при проведении исследований керна. Поэтому представительность данных о содержании Сорг в породах, полученных аналитическими методами существенно ограничивается.

Западными исследователями начиная с 40-ых гг. прошлого столетия было разработано несколько методик количественного содержания Сорг по данным геофизических исследований скважин (ГИС). В настоящей работе рассмотрена методика многомерной линейной регрессии, впервые опробованная J.D. Mendelson при изучении нефтематеринских пород позднеюрского возраста на одном из месторождений британской части Северного моря [6]. В своей работе автор предлагает рассматривать широкий комплекс ГИС и также показал, что результаты многомерной линейной регрессии часто могут превосходить результаты двумерный.

Проанализировав опубликованные данные о влиянии органического вещества на результаты промысловых геофизических методов, можно сделать некоторые выводы:

1. *Радиоактивные методы.* Данные многочисленных исследований указывают на хорошую корреляцию между радиоактивностью и содержанием органического вещества [4,5]. Высокое содержание органического вещества в нефтематеринских породах выделяют по аномалиям естественной радиоактивности, фиксируемой на кривой гамма-каротажа (ГК). Говоря о спектральной модификациям гамма-каротажа (ГК-С), наибольший вклад в радиоактивность нефтематеринских пород вносит уран (U), в меньшей степени торий (Tr) и калий (K40) [9]. Также органическое вещество характеризуется низкой плотностью, которая обуславливает занижение показаний гамма-гамма-плотностного каротажа (ГГК-п) [8].

2. *Акустические методы.* Анализ акустического метода скорости аналогичен подходу, используемому для гамма-гамма плотностного каротажа. В силу низкой акустической жесткости органического вещества, показания акустического каротажа (АК) также имеют низкие показания скорости интервального пробега волн.

3. *Нейтронные методы.* Каротаж нейтронной пористости обычно реагирует на присутствие органического вещества в породах. В частности, на кривой водородосодержания (НГКВ) в зонах насыщенных органическим веществом, происходит замедление нейтронов. Нейтронные методы в свою очередь показывают общее содержание глинистости, что завышает определение содержания органического вещества в глинистых интервалах.

4. *Электрические методы (сопротивления).* Для высокоуглеродистых нефтематеринских пород обычно характерны высокие показания удельного электрического сопротивления (УЭС), что обусловлено сильной гидрофобизацией пород, тонкослоистым строением, а также содержанием кремнистого и карбонатного материала. Содержание органического вещества на кривой бокового каротажа (БК) также приводит к увеличению УЭС, но в силу неоднородного строения для его определения количественного содержания использование одного метода не эффективно, его следует рассматривать в

комплексе с ГК и НГКВ в наиболее глинистых интервалах с высокими сопротивлениями и радиоактивностью [7].

5. *Ядерно-магнитный метод.* В настоящее время ядерно-магнитный каротаж (ЯМК) очень часто используется при изучении нефтематеринских толщ. Метод позволяет определить содержание органического вещества, его состав и степень зрелости, а также пористость и проницаемость вмещающих пород [2]. Можно отметить, что вычисленное по ЯМК водородосодержание в зонах, насыщенных органическим веществом, дает более точные результаты, чем нейтронные методы.

В настоящей работе объектом исследования является нижнетутлеймская подсвита скв. №1, расположенной в Елизаровском прогибе Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. Известно, что нижнетутлеймская подсвита, распространенная в западном направлении к приуральской части осадочного бассейна, является стратиграфическим аналогом высокоуглеродистой нефтематеринской баженовской свиты [1,3]. В силу высокой разрушаемости пород не весь интервал подсвиты был охарактеризован керном. С целью восстановления содержания Сорг в бескерновых интервалах для полной характеристики разреза была проведена его количественная оценка методом множественной регрессии. В изучаемой скважине имелись данные широкого комплекса ГИС, что дает предпосылки для нахождения устойчивой зависимости керн-ГИС. Нижнетутлеймская подсвита в скважине №1 имеет сложное строение, обусловленное седиментационными наложенными неоднородностями, которые связаны с изменением по разрезу в осадках глинистого, кремнистого, карбонатного, органогенного вещества. В результате в разрезе исследуемой скважины наблюдается чередование литологически разных толщ, представленные глинисто-карбонатно-битуминозными породами, глинисто-кремнисто-битуминозными породами, глинисто-битуминозными породами и битуминозными аргиллитами. По соотношению емкостных и фильтрационных параметров подсвита характеризуется порово-трещинными и трещинными типами коллекторов. На каротажных диаграммах она выглядит достаточно неоднородным геологическим образованием. Породы подсвиты отличается от вмещающего песчано-глинистого разреза по комплексу признаков: аномально-высокими показаниями методов сопротивления и гамма-каротажа, пониженными значениями плотности и повышенными – интервального времени и др., а также ярко выраженной изменчивостью этих параметров по разрезу. Концентрация органического вещества в породах достигает до 25%, значениями сопротивления пород изменяются от 300 до 2000 Ом\*м, естественной радиоактивности от 35 до 100 мкР/ч.

С целью реконструкции содержания Сорг в бескерновых интервалах первоначально был проведен корреляционный анализ для выявления парных зависимостей между фактическим содержанием Сорг в породах и показаний выбранного комплекса ГИС. Выбранный комплекс ГИС включает: БК, АК, ГК, ГГК-п, НГКВ, ГК-С. Полученные результаты отражены в таблице ниже и указывают на тесную связь концентрация Сорг с радиоактивными методами (ГК, НГКВ, ГГК-п, ГК-С) и в меньшей мере с акустическим методом (АК). Для метода сопротивления (БК) и массового содержания калия полученные коэффициенты корреляции указывают на отсутствие связи. Для дальнейшего проведения множественной регрессии эти два параметра были исключены.

Таблица

Корреляционная матрица зависимостей показаний ГИС и фактического содержания Сорг

	БК	АК	ГК	ГГК-п	НГКВ	Уран	Торий	Калий	Сорг
БК	1.0	-0.22	0.26	-0.18	-0.26	0.18	-0.34	-0.17	-0.02
АК	-	1.0	-0.32	0.18	0.33	-0.27	0.17	0.15	-0.24
ГК	-	-	1.0	-0.85	-0.85	0.95	0.25	0.1	0.71
ГГК-п	-	-	-	1.0	0.67	-0.85	-0.33	0.04	0.79
НГКВ	-	-	-	-	1.0	-0.80	-0.07	-0.02	0.61
Уран	-	-	-	-	-	1.0	0.25	0.07	0.70
Торий	-	-	-	-	-	-	1.0	0.63	0.46
Калий	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.09
Сорг	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0

Регрессионный анализ был выполнен по методу наименьших квадратов. Общий смысл оценивания по данному методу заключается в минимизации суммы квадратов отклонений наблюдаемых значений зависимой переменной от значений, предсказанных моделью. По результатам проведенного регрессионного анализа, была выявлена зависимость, описанная следующим уравнением (1):

$$Сорг(расчит.) = 64.17 - 0.09(АК) - 17.00(ГГК-п) - 0.00002(ГК) - 0.15(НГКВ) - 0.02(У) + 0.40(Т) \quad (1)$$

Множественный коэффициент корреляции, характеризующий линейную связь между фактическим содержанием Сорг и показаний выбранного комплекса ГИС составил 0,84. При проверке с помощью F-критерия Фишера на уровне значимости 95% полученный коэффициент является статистически значимым. Среднеквадратическое отклонение составило 2,3. Следует отметить, что множественный коэффициент корреляции значительно выше результатов парной корреляции отдельно взятых методов ГИС с данными лабораторных исследований керна, как следствие, применение многомерной линейной регрессии является наиболее эффективнее.

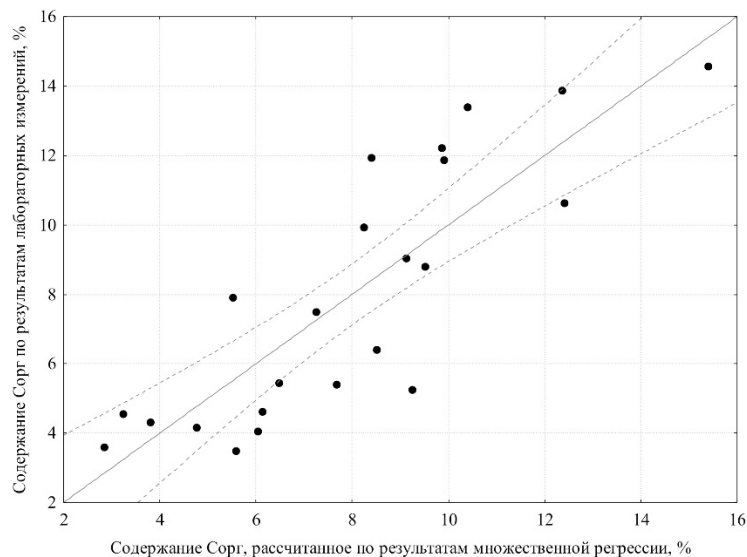


Рис. Зависимость параметра Сорг, полученная по керновым исследованиям от непрерывного распределения по методу множественной регрессии

Количественная оценка содержания Сорг в нефтематеринских породах по данным ГИС является достаточно простым и надежным способом, основанным на индивидуальной реакции каждой из кривых в зонах повышения содержания органического вещества. Анализ результатов косвенной оценки концентрации Сорг в нижнетутлеймских отложениях скв. №1 по методу множественной регрессии показывает на достаточно хорошее соответствие с лабораторными результатами и позволяет охарактеризовать верхнюю часть подсыты не представленную керном. Таким образом, методика позволяет рассчитать непрерывную кривую содержания Сорг для скважин с различным набором ГИС и лабораторных измерений по керну.

### Литература

1. Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Тр. Ин-та геологии и геофизики СО РАН. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1986. Вып. 649. 216 с.
2. Вахин А.В., Иванов Д.С., Онищенко Я.В. и др. Перспективы использования ЯМР-релаксации для оценки состава и степени зрелости органического вещества сланцевых пород // Нефть. Газ. Новации, 2019. №. 2. С. 38-42.
3. Стратиграфический словарь мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности // Под редакцией Ростовцева Н.Н. Ленинград, Недра, 1978. 172 с.
4. Leventhal, J.S., Pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry to characterize organic matter and its relationship to uranium content of Appalachian Devonian black shales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1981, Vol. 45, P. 883-889.
5. McKelvey, V.E., J.M. Nelson. Characteristics of marine uranium bearing sedimentary rocks // *Econ. Geol.*, 1945, Vol. 6. P. 35-53.
6. Mendelson, J.D., The application of multivariate statistics to the detection of source rocks from well logs, MIT paper. 1984. Vol. 12(592). P. 253-330.
7. Passey, Q.R., Creaney, S., Kulla, J.B., Moretti, F.J. and Stroud, J.D. 1990. A Practical Model for Organic Richness from Porosity and Resistivity Logs. *AAPG Bulletin*. Vol. 74(12). P.1777-1794.
8. Schmoker J.W. Determination of organic-matter content of Appalachian Devonian shales from Gamma-ray logs. *AAPG Bulletin*. 1981. Vol. 65(7) P. 1285-1298.
9. Swanson, V.E., Oil yield and uranium content of black shales. *USGS Prof. Paper*. 1960. 356 p.

## ООЛИТЫ КАЗАНСКОГО ЯРУСА ВОСТОЧНОГО БОРТА МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ

*Мударисова Раушания Айдаровна*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, аспирант 3 года обучения, г. Казань,  
e-mail: rayshania@mail.ru*

*Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Успенский Б.В., г. Казань, borvadás@rambler.ru  
к.г.-м.н., доцент, Волков Ю.В., г. Казань, lyvolkoff@yandex.ru*

**Аннотация:** Все увеличивающиеся объемы добычи нефти в России, требуют наращивания минерально-сырьевой базы. Подобной базой в республике Татарстан могут служить отложения казанского яруса, которые до сих пор не находятся в разработке. В данной статье представлен краткий обзор распределения оолитовых карбонатов в отложениях казанского яруса.

**Ключевые слова:** сверхвязкие нефти, казанский ярус, Мелекесская впадина.

## KAZAN OOLITES OF THE EAST MARGIN OF THE MELEKESS DEPRESSION

*Raushaniia Mudarisova*

*1<sup>st</sup> year Student Post-graduate Student, Kazan, rayshania@mail.ru*

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Boris Uspensky, Kazan,  
borvadás@rambler.ru*

*Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Yuri Volkov, Kazan, lyvolkoff@yandex.ru*

**Abstract:** The ever-increasing volumes of oil production in Russia require an increase in the mineral-crystalline base. A similar base in the Republic of Tatarstan can serve as an application for the Kazan stage, which is still not available in development. This article provides a brief overview of the distribution of oolitic carbonates in Kazan sediments.

**Keywords:** heavy oil, Kazan stage, Melekess depression

Сверхвязкие нефти (СВН) пермского возраста на территории Республики Татарстан, залегают на небольших глубинах и в тектоническом отношении приурочены к восточному борту Мелекесской впадины и прилегающему склону Южно-Татарского свода.

Месторождения СВН в отложениях казанского яруса обычно представляют собой совокупность залежей, приуроченных к терригенным и карбонатным коллекторам, залегающим на разных стратиграфических уровнях. В их состав входят залежи камышлинского, красноярского слоев и серий «ядренный камень» и «слоистый камень» казанского яруса.

На территории восточного борта Мелекесской впадины (граница Республики Татарстан и Самарской области) оолитовые карбонатные породы (доломиты) приурочены к барбашинским (Аканское месторождение) и камышлинским слоям (Горское месторождение) нижнеказанского подъяруса. Оолитовые доломиты отличаются высокими коллекторскими свойствами: пористость изменяется от 18 до 34%, битумонасыщенность от 6 до 11% к весу породы. Горское месторождение СВН контролируется пологим поднятием. Характер распределения СВН на детально разведанных залежах свидетельствуют о том, что их концентрация тесно связана с локальными поднятиями. Образование скоплений битумов контролировалось двумя основными факторами: развитием емкого пласта-коллектора с надежным перекрытием в кровле и наличием положительной структуры. Особенно ярко сочетание этих факторов проявилось на Горском месторождении СВН. Пласт-коллектор (пласты 13, 13а по Эллерну С.С. и Виноходовой Г.В.) [1] сложен здесь оолитовым и органогенно-обломочным оолитом толщиной до 20 м, коллектор выдержан по площади и занимает приподнятое гипсометрическое положение. Покрышкой служат глинистые породы нижней части красноярского слоя. В случае значительной неоднородности пород и неравномерного развития коллекторов, характер битуминозности меняется. Скопления СВН в этом случае рассеяны по площади и разрезу, часто расположены на разных уровнях, имеют прерывистое распространение даже в контуре одного морфологически выраженного локального поднятия.[2]



По микроописанию керна (50 образцов) в разрезе камышлинского слоя карбонатные оолитовые породы представлены доломитом со сложной структурой: оолитовыми, органогенно-обломочными, комковато-обломочными, псевдоолитами. Наиболее типичные структуры по разрезу камышлинского слоя (слои 13, 13а) представлены ниже.

Образец 1. Доломит тонкозернистый, комковатый, комковато-обломочный, с примесью кварца до 10-15%. Слегка битуминозный, битуминозность локализована по порам, частично по порам, частично выполняя их, частично по микротрещинкам. Вокруг пор ареол раскрытия битуминозности, битум из середины, комковатый, комки размером 0,1-0,5 мм, округлые, и имеется широко развитая межкомковая пористость, до 20%. Поры отрытые, а местами выполнены кварцем. Кварц вторичен к основной карбонатной массе (рис. 1).

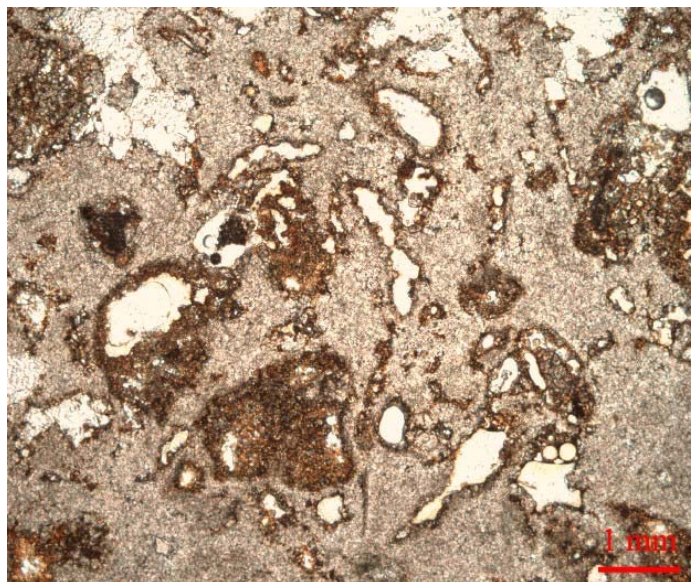


Рис. 1. Доломит тонкозернистый, комковато-обломочный.

Образец 2. Доломит комковатый, мелкокомковатый, комки сложены тонкозернистым карбонатным веществом, местами комки сцементированы тонкозернистым кальцитом, неравномерной цементации, типичных оолитов нет, встречаются круглые кусочки псевдоолиты (рис. 2).

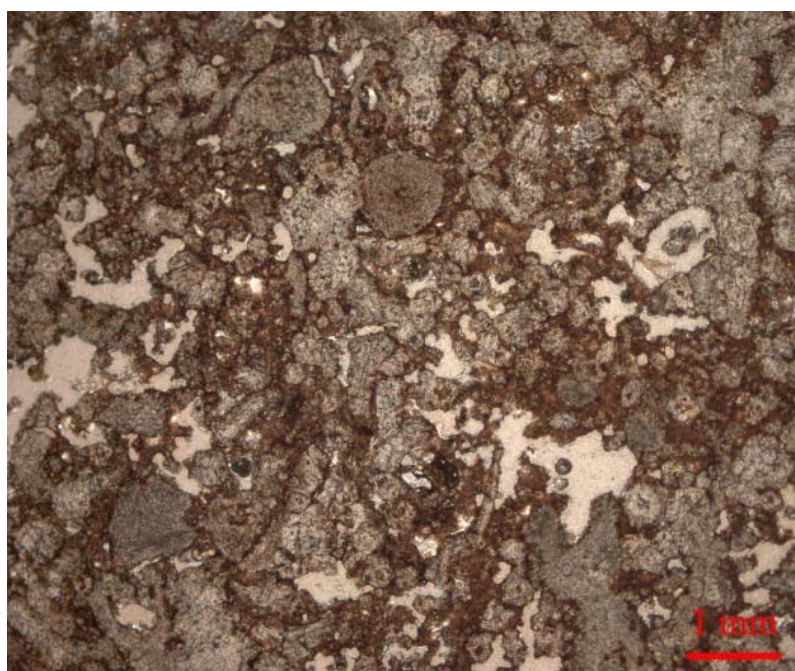


Рисунок 2. Доломит с включениями псевдоолитов.

Образец 3. Аналогичен вышеописанному образцу. Доломит комковатый, поры закристаллизованы доломитом, местами по периметру пор участки битуминозности. Присутствуют оолиты (круглые и концентрически зональные), типичные оолиты не все. Пиритизация присутствует. (Рис. 3)

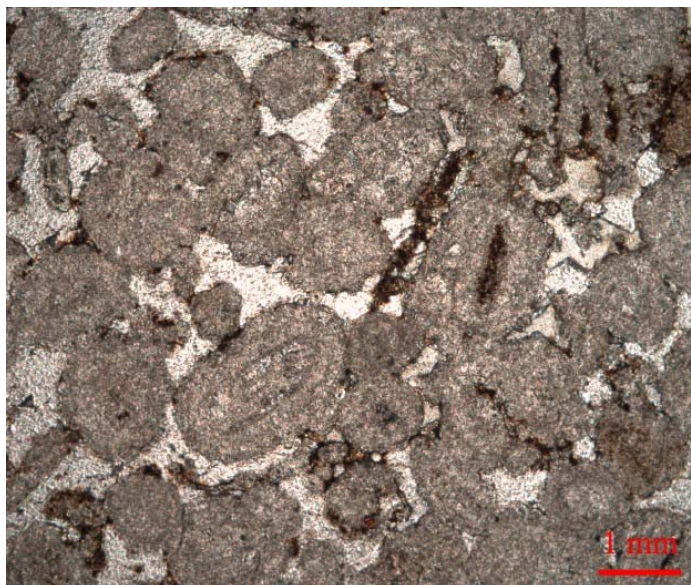


Рисунок 3. Доломит с включениями круглых и концентрически зональных оолитов.

Образец 4. Доломит тонкозернистый, с включениями комковатых псевдооолитовых выделений, размером сотые доли (0,01) мм (рис. 4).

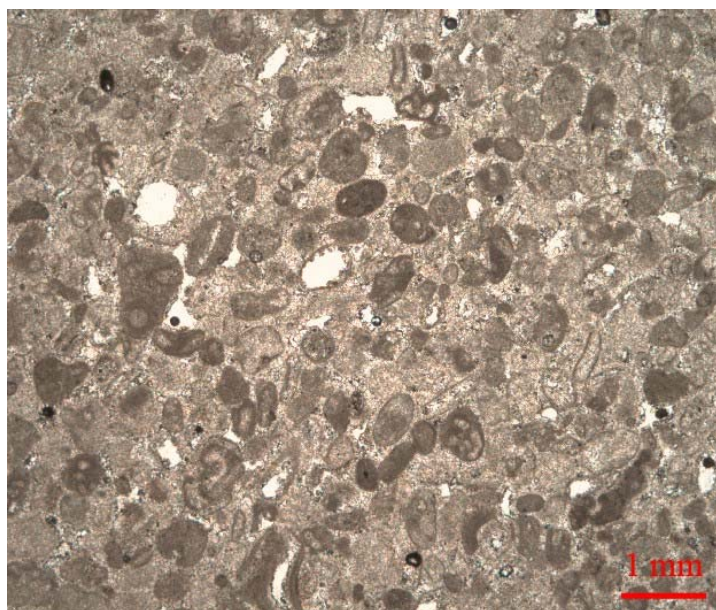


Рисунок 4. Доломит тонкозернистый, с включениями псевдооолитов.

Таким образом, по микроописанию керна заметно, неоднородное строение коллектора по площади и разрезу. Пористый оолитовый карбонат служит прямым признаком наличия углеводородов в этом литологическом комплексе. Дальнейший анализ обстановки осадконакопления позволит рекомендовать развитие поисково-разведочных работ для подтверждения нефтеносности территории.

*«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90060»*

### **Литература**

1. Виноходова Г.В., Эллерн С.С. О строении нижней части казанского яруса востока Мелекесской впадины и особенности распределения битумов. – В сборнике: Геология и геохимия нефтей и природных битумов. – К: Казанский университет, 1985 г. с. 8-24.
2. Войтович Е.Д. Пермские битумы. Отчет ТГРУ ОАО «Татнефть» - Казань, 1997 - 198 с.



УДК 550.849

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИМЕР-ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ НА ЗАБЕГАЛОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕФТИ

*Ведерников Роман Юрьевич*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2 года обучения, г. Казань,  
e-mail: romvedd@gmail.com*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Валеева Светлана Евгеньевна*

**Аннотация:** В статье рассматривается опыт применения модифицированной полимер-дисперсной системы на франско-фаменской залежи нефти Забегаловского месторождения. Приведены краткая геолого-физическая характеристика залежи, расчёт технологической эффективности данного метода увеличения нефтеотдачи на основе имеющихся геолого-промысловых данных, а также вывод о целесообразности его применения в рамках принятой системы разработки Забегаловского месторождения.

**Ключевые слова:** Обводнённость, потокоотклоняющие технологии, модифицированная полимер-дисперсная система, дополнительная добыча нефти, коэффициент извлечения нефти.

## THE EXPERIENCE OF A MODIFIED POLYMER-DISPERSION SYSTEM' APPLYING AT THE ZABEGALOVSKOE OILFIELD

*Vedernikov Roman*

*Kazan (Volga region) federal university, 2<sup>nd</sup> Master's Degree Student, city Kazan,  
e-mail: romvedd@gmail.com*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Valeeva Svetlana*

**Abstract:** The experience of a modified polymer-dispersion system's applying at the frasnian-famennian oil deposit of the Zabegalovskoe oilfield is considered in this article. There are the short geological-physical characteristic of the oil deposit, the assessment of the mentioned enhanced oil recovery method's technological efficiency which is based on gotten geological data and conclusion including its practicability in the frame of the Zabegalovskoe oilfield's approved production system.

**Keywords:** Watercut, flow diverting technologies, a modified polymer-dispersion system, incremental oil production, oil recovery factor.

В условиях нарастающего экономического кризиса актуальность застарелых проблем нефтегазовой отрасли России только увеличивается. В первую очередь речь идет о недопустимо низком коэффициенте извлечения нефти. Известно, что КИН в нефтяной промышленности РФ падает уже более 25 лет – с уровня 40 % в начале 1980-х годов до 30 % и ниже в последние годы. Решение проблемы повышения эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами связано с созданием новых и усовершенствованием существующих физико-химических методов, обеспечивающих более полное извлечение нефти и уменьшением добычи попутной воды.

В начале 80-х годов Газизовым А.Ш. с соавторами для регулирования процесса заводнения неоднородных пластов и увеличения конечной нефтеотдачи было предложено использовать полимер-дисперсные системы (ПДС) [3].

Для получения ПДС в раствор полиакриламида вводят твердый носитель (глинопорошок).

Механизм воздействия ПДС и ее модификаций заключается в уменьшении проницаемости обводненных интервалов пласта в результате осаждения полимер-минеральных комплексов на стенках пор вследствие флокуляции глинистых частиц полимера. Данная технология позволяет снизить проницаемость в 5-10 раз.

*Физико-химические основы применения технологии.*

Седиментационным анализом установлено:

- размеры частиц ПДС сопоставимы с размерами пор пласта;
- объем образующегося осадка ПДС превышает объем осевших глинистых частиц в отсутствии полимера в 1,5-2,5 раза;

- минерализация пластовых вод практически не влияет на характер распределения частиц ПДС по размерам;

- образующийся осадок ПДС, в отличие от глины, не размывается водой, что является гарантией надежной изоляции промытых прослоев.

При закачке компоненты ПДС фильтруются в основном в высокопроницаемый пропласток модели неоднородного пласта с образованием там полимер-глинистых комплексов, что приводит к увеличению фильтрационного сопротивления пористой среды и перераспределению скоростей фильтрации по пропласткам. Результатом этих процессов является повышение нефтеотдачи пласта по сравнению с обычным заводнением.

Прирост коэффициента нефтеотдачи зависит от степени неоднородности или соотношения проницаемостей пропластков. Чем больше неоднородность, тем выше прирост коэффициента нефтеотдачи.

Несмотря на закачивание в пласт глинистой суспензии проницаемость пористой среды призабойной зоны скважины не снижается в результате селективного повышения фильтрационного сопротивления высокопроницаемых зон пористой среды и сохранения фильтрации жидкости по низкопроницаемым зонам.

С целью применения ПДС на залежах с разными геолого-физическими условиями эта технология совершенствуется путем модифицирования различными химическими реагентами. В качестве модифицирующих добавок могут быть выбраны, например, алюмохлорид и комплекс солей поливалентных металлов. При совместной закачке с глинистой суспензией и полимером эти химреагенты внедряются в частицы последних, в результате чего происходит процесс и флокуляции, и сшивки с образованием полимер-дисперсной системы высокой прочности [1].

*Геолого-физическая характеристика залежи.*

Забегаловское поднятие впервые было выявлено в 1980 г. В 1990 г. на нём были пробурены поисковые скв.1098 и скв.1099, которые подтвердили промышленную нефтеносность отложений верхнего девона.

Нефтяная залежь приурочена к франско-фаменскому рифовому массиву, разрез которого разбит на три пачки: I ( $D_3f_m$ ), II ( $D_3f+fm$ ), III ( $D_3f$ ). Каждая пачка состоит из определённого количества проницаемых прослоев, которые имеют линзовидное строение и разделены ненадёжными покровными крышками. Нефтедержащими породами являются органогенные известняки с редкими прослоями доломита. Тип коллектора по геометрии пустотного пространства – преимущественно каверново-поровый. ВНК отсутствует: нижележащие водоносные пласты терригенного девона перекрываются плотными карбонатными породами речичского, семилукского и саргаевского горизонтов. Продуктивные отложения в краевой части рифа замещаются на непроницаемые глинисто-битуминозные известняки депрессионного типа. Отсюда, нефтяная залежь по характеру геологического строения относится к массивному, литологически экранированному (запечатанному) типу. Вся продуктивная толща представляется как единый гидродинамический объект с аномально низким пластовым давлением (АНПД).

Средние эффективные нефтенасыщенные толщины и коэффициенты расчленённости продуктивных пачек составляют: I – 24,57 м и 11,92; II – 54,36 м и 18,28; III – 21,36 м и 8,29. Усредненный коэффициент пористости равен 10,8%, проницаемости – 0,39 мкм<sup>2</sup> и нефтенасыщенности – 0,8. Начальные пластовые давление и температура составляют соответственно 13,2 МПа и 41 °С.

По товарной характеристике нефть Забегаловского месторождения – повышенной вязкости, средняя по плотности, высокосернистая, высокосмолистая и парафинистая [4].

Начальное АНПД и его значительное снижение при работе скважин на естественном режиме привело к необходимости организации системы поддержания пластового давления.

Учитывая очень высокую неоднородность продуктивных пачек залежи и систему разработки с применением заводнения, основными технологиями повышения нефтеотдачи и интенсификации притока должны быть технологии, направленные на выравнивание профилей приёмистости в нагнетательных и притока в добывающих скважинах.

На основе результатов исследования профилей приёмистости нагнетательных скважин 1303, 1304 и 1305 необходимыми являются работы по увеличению охвата пластов воздействием. В сложившейся ситуации предложено провести обработку вышеуказанных нагнетательных скважин по технологии с применением МПДС, принимая во внимание геологические критерии её применимости: приёмистость – не менее 200 м<sup>3</sup>/сут. при допустимом давлении закачки; вязкость нефти в интервале от 4 до 300 МПа·с; температура пласта от 15 до 50 °С; неоднородный или трещиновато-поровый пласт; обводненность >98%; пористость >16% [2].

*Технологическая эффективность.*

Был посчитан эффект от применения технологии (величина дополнительной добычи нефти) по добывающим скважинам 1312, 1345 (участок нагнетательных скважин 1303 и 1304), 1342, 1306, 1317 и 1340 (участок нагнетательной скважины 1305). В других окружающих добывающих скважинах были проведены иные геолого-технические мероприятия (ГТМ) или был низким процент обводнённости в этот период, что не позволило бы провести правильные расчёты.

Расчёт технологической эффективности проводился по трём характеристикам вытеснения (ХВ): Камбарова, Сазонова и Максимова (рис. 1-3), а определение эффекта усреднялось.

За базовый вариант принимался период предистории 6 месяцев, а за новый вариант разработки – 12 месяцев после применения метода воздействия (в данном случае после закачки в нагнетательные скважины МПДС).

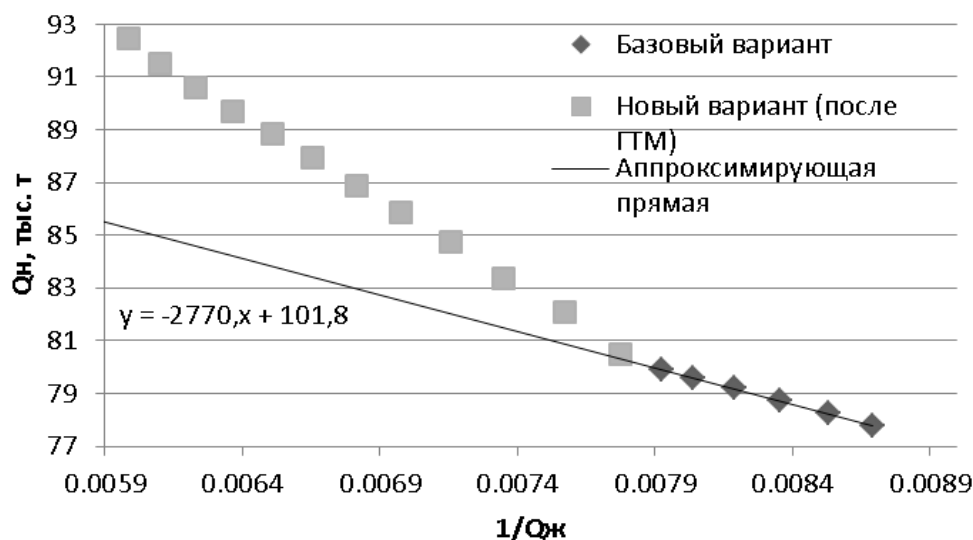


Рис. 1 График зависимости  $Q_n$  от  $1/Q_{ж}$  по ХВ Камбарова по скв.1340

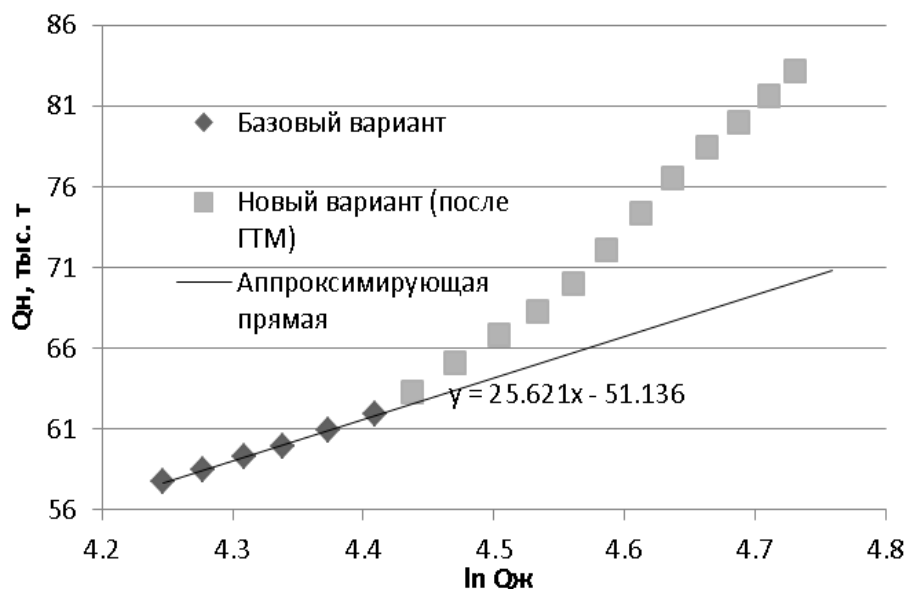


Рис. 2 График зависимости  $Q_n$  от  $\ln Q_{ж}$  по ХВ Сазонова по скв.1317

Таким образом, прирост добычи нефти по двум участкам нагнетательных скважин, где была применена технология с закачкой МПДС, составил 28005 т через 12 месяцев после воздействия.

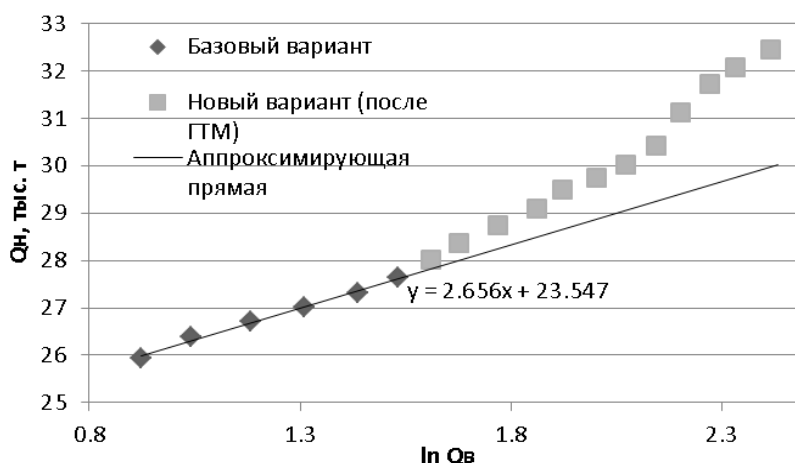


Рис. 3 График зависимости  $Q_n$  от  $\ln Q_v$  по ХВ Максимова по скв.1312

#### Выводы.

- Нефтяная залежь Забегаловского месторождения приурочена к франско-фаменскому рифовому массиву;
- Залежь характеризуется очень высокой расчленённостью и разрабатывается с применением заводнения; отсюда, основными технологиями повышения нефтеотдачи и интенсификации притока должны быть технологии, направленные на выравнивание профилей приёмистости в нагнетательных и притока в добывающих скважинах;
- По результатам исследования профилей приёмистости в три нагнетательные скважины была закачена МПДС, в результате чего дополнительная добыча нефти составила 28005 т через 12 месяцев после воздействия;
- Таким образом, применение МПДС технологически целесообразно и может рекомендоваться для дальнейшего применения.

#### Литература

1. Анализ разработки Забегаловского месторождения нефти. Ижевск: ПАО УНПП НИПИнефть, 2005. 73 с.
2. Газизов А.А. Увеличение нефтеотдачи неоднородных пластов на поздней стадии разработки. Москва: Недра, 2002. 639 с.
3. Ганеева А.Р., Батырбаева Р.А., Галактионова Л.А. Опыт применения модифицированных полимер-дисперсных систем на Никольском месторождении нефти // Георесурсы. Казань: Георесурсы, 2009. С. 46-48.
4. Мониторинг разработки Забегаловского месторождения Удмуртской Республики. Ижевск: ПАО УНПП НИПИнефть, 2013. 239 с.

УДК 550.822

## ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗРЕЗУ НА ПЛОЩАДИ ВОСТОЧНО-БЕЙСУГСКОЙ (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ)

**Ломонова Екатерина Витальевна**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, студентка 4 курса, г.Новочеркасск  
e-mail: [ekaterinalomonova@gmail.com](mailto:ekaterinalomonova@gmail.com)

**Научный руководитель:** к. г.-м. н., доцент, Бутенков Александр Александрович

**Аннотация:** В работе произведено исследование изменчивости и взаимосвязей коллекторских параметров по разрезу скважины №1 площади Восточно-Бейсугская

**Ключевые слова:** коллекторские свойства, корреляционный анализ

## VARIATIONS OF COLLECTOR PROPERTIES BY GEOLOGICAL SECTION IN THE EASTERN-BEYSUG SQUARE (KRASNODAR TERRITORY)

*Ekaterina Lomonova*

*South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova, 4<sup>th</sup> year student, city Novocherkassk*

*[e-mail: ekaterinalomonova@gmail.com](mailto:ekaterinalomonova@gmail.com)*

*Research Supervisor: Ph.D., associate professor, Alexander Butenkov*

**Abstract:** The study of the variability and interconnections of reservoir parameters along a section of well No. 1 of Vostochno-Beisugskaya area was performed

**Key words:** reservoir properties, correlation analysis

Материалом для данной статьи послужили данные, собранные во время прохождения научно-производственной практики.

Бейсугский лицензионный участок административно расположен на территории Приморско-Ахтарского, Каневского и Брюховецкого районов Краснодарского края и в орографическом отношении находится в западной части Прикубанской низменности. Последняя представляет собой равнину, осложненную грядами холмов широтного простирания и слабо понижающуюся в сторону Азовского моря. Основные населенные пункты (ст. Каневская, Привольная, Бриньковская) связаны между собой и с другими населенными пунктами автодорогами с асфальтированным покрытием.

На Бейсугском лицензионном участке вскрыты отложения палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов. Газоносность Бейсугского газового месторождения связана с отложениями нижнего мела, черкесской и тихорецкой свитами эоцена и отложениями майкопской серии.

Триас-нижне-среднеюрские отложения интенсивно смяты в складки с углами падения пород до 90° и представляют складчатый комплекс, который различными исследователями принимается за основание фундамента либо за переходную формацию.

С целью оценки перспектив нефтегазоносности площади была пробурена поисковая скважина №1. В ходе бурения производились испытания перспективных пластов, а также был выполнен комплекс ГИС, включающий различные виды каротажей – ННК, ГГК, АК, БК, ВИКИЗ. Их интерпретация позволила определить природу флюидонасыщения коллекторов (по каротажам БК и ВИКИЗ), а также такие параметры, как коэффициенты эффективной пористости (ННК, ГГК, АК) и глинистости.

Нейтрон-нейтронный каротаж (ННК) по тепловым нейтронам основан на облучении горных пород быстрыми нейтронами и регистрации нейтронов по разрезу скважины, которые в результате взаимодействия с породообразующими элементами замедлились до тепловой энергии. Регистрируемая интенсивность тепловых нейтронов зависит от замедляющей и поглощающей способности горной породы. Наибольшая потеря энергии нейтрона наблюдается при соударении с ядром, имеющего массу равную единице, т.е. с ядром водорода. Таким образом, по данным ННК можно определять водородосодержание, которое напрямую связано с пористостью для пластов-коллекторов.

Метод плотностного гамма-гамма каротажа (ГГК) основан на измерении интенсивности искусственного гамма-излучения, рассеянного породообразующими элементами в процессе их облучения потоком гамма-квантов. ГГК позволяет проводить детальное сплошное расчленение разреза по электронной плотности, которая тесно связана с объемной плотностью породы и эквивалентна ей после внесения поправок за эквивалентный номер и атомную массу породы. С помощью этого метода можно определять пористость коллекторов, в сочетании с другими методами каротажа.

Акустический каротаж (АК) основан на изучении упругих свойств горных пород, пройденных скважиной. Для возбуждения и наблюдения упругих волн в скважину опускают зонд, который может содержать один или несколько излучателей и приемников упругих волн. АК позволяет осуществлять литологическое расчленение разреза, выявлять локализацию трещиноватых пород. **Параметры АК, кроме литологического состава,** имеют тесную связь с пористостью горных пород, в связи с тем, что с увеличением пористости время распространения упругих волн увеличивается.



Боковой каротаж (БК) относится к дополнительным методам и проводится в тех поисковых и разведочных скважинах, где по данным стандартного и индукционного каротажа не решаются вопросы по достоверному определению электрических характеристик определенных пластов или участков разреза вследствие ограничений стандартного каротажа (зоны тонких чередований, пласты малой мощности). БК позволяет выделять пласты малой мощности, определять удельное электрическое сопротивление пластов и характер насыщения в комплексе с другими геофизическими методами.

Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ) – вид бокового каротажного зондирования. Достоинством метода является высокое пространственное разрешение, повышающее эффективность исследования маломощных пластов (вертикальная разрешающая способность метода - 40 см, горизонтальная – 200 см).

В ходе выполнения данной работы с помощью программы Microsoft Excel были построены графики изменчивости по разрезу скважины показателей всех определённых значений каротажей и интерпретируемых с их помощью параметров коллекторских свойств разреза (Рис.), а также матрица корреляции Пирсона (Табл.).

Анализ графиков позволяет увидеть их неравномерность, обусловленную прежде всего литологической неоднородностью, которая выражается через вариации значений коэффициента глинистости. По данному параметру отчетливо выделяются положительные пики на интервалах глубин 1727,3-1733,8 м, 1773,9-1784,0 м, 1787,1-1795,3 м, 2048,1-2052,6 м, 2066,6-2076,2 м, 2089,7-2092,1 м, 2146,3-2149,6 м, 2157,2-2159,4 м, 2366,6-2367,5 м, 2399,0-2400,3 м, 2404,0-2405,3 м, 2414,7-2417,9 м, 2428,8-2430,8 м, а на остальном интервале их значения относительно низкие. Характерно, что этому положительному пику соответствуют отрицательные пики практически всех остальных параметров.

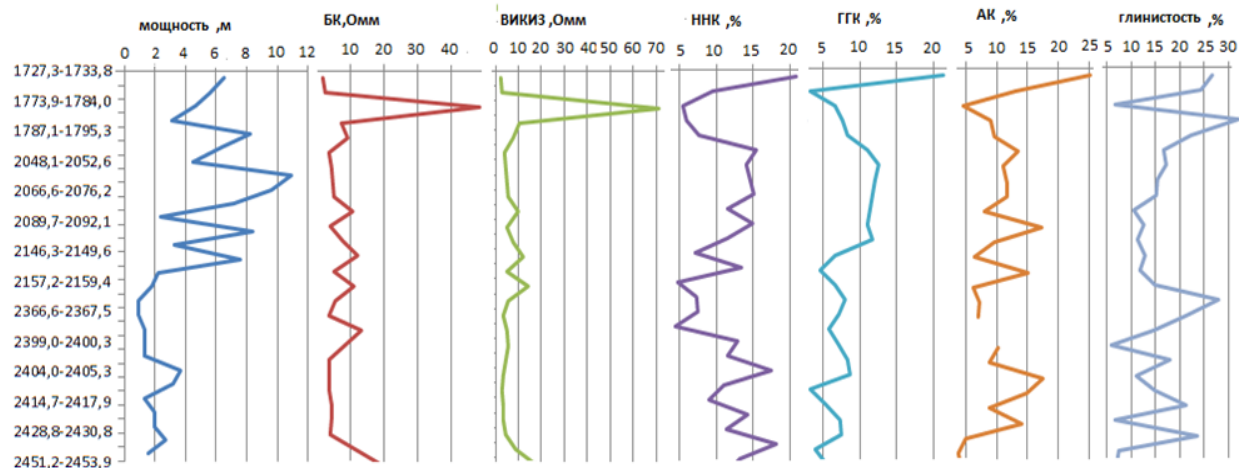


Рис. Графики изменчивости коллекторских свойств

Анализ матрицы корреляции Пирсона позволил определить взаимосвязи между различными изучаемыми параметрами (Табл.).

Таблица

Матрица корреляции Пирсона

	Мощность	БК	ВИКИЗ	ННК	ГГК	АК	Глинистость
Мощность	1,00	-0,09	-0,04	0,23	0,46	0,24	0,08
БК		1,00	0,97	-0,36	-0,28	-0,48	-0,44
ВИКИЗ			1,00	-0,34	-0,21	-0,40	-0,35
ННК				1,00	0,48	0,60	-0,23
ГГК					1,00	0,53	0,24
АК						1,00	0,15
Глинистость							1,00

Значения каротажей, отражающих пористость (ННК, ГГК, АК), в целом образуют группу, имеющую положительные связи между собой, что выражается в высоких значениях коэффициентов корреляции (0,60, 0,53, 0,48). Также закономерна высокая положительная связь между значениями каротажей БК и ВИКИЗ, отражающими характер флюидонасыщенности пластов (коэффициент кор-

реляции 0,97). Подобные соотношения являются закономерными, т. к. эти каротажы не должны друг другу противоречить, чтобы с их помощью было корректно интерпретировать коллекторские свойства.

Обращает внимание отрицательная корреляционная связь коэффициента глинистости с каротажми БК и ВИКИЗ (коэффициенты корреляции, соответственно, -0,44 и -0,35), что так же иллюстрируется графиками распределения их значений. Т. е. возрастание глинистости сопровождается снижением значений удельного сопротивления пород. Это обстоятельство можно связать с наличием воды, которую сорбирует глинистая составляющая изучаемых отложений, что приводит к возрастанию их токопроводящей способности.

При этом глинистость не обнаруживает ярко выраженной связи со значениями пористости, определённой по каротажам ННК, ГГК и АК (коэффициенты корреляции имеют низкие значения, как положительные, так и отрицательные). Подобное можно объяснить спорадически неравномерным заполнением порового пространства пород глинистым материалом.

Так же примечательна отрицательная корреляционная связь между значениями каротажей пористости (ННК, ГГК и АК) и флюидонасыщенности (БК и ВИКИЗ). Особенно это проявлено для каротажа АК (коэффициенты корреляции, соответственно, равны -0,48 и -0,40). Т. е. возрастание значений пористости сопровождается снижением сопротивления пород. Это можно объяснить присутствием в поровом пространстве воды.

### *Литература*

1. Отчет «Поисково-оценочные работы на скважинах №1 и №2 площади Восточно-Бейсугская, включающие бурение, геофизические исследования и испытание скважины, отбор керна и камеральные работы». А.М.Игнатов, г. Краснодар, 2012г.

УДК 550.8

## **ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАПКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Рюмина Кристина Владимировна**  
ФГБОУ ВО Пермский государственный  
национальный исследовательский университет,  
молодой ученый, 2015 – 2019 г.г., г. Пермь,  
e-mail: [Kristina.burtseva.2015@mail.ru](mailto:Kristina.burtseva.2015@mail.ru)

**Научный руководитель:** кандидат геолого-минералогических наук, доцент,  
Кочнева Ольга Евгеньевна

**Аннотация:** рассмотрены общие сведения о Капканском месторождении. Изучено геологическое строение месторождения: стратиграфия и литология, тектоника. Проанализирована нефтегазонасыщенность продуктивных пластов.

**Ключевые слова:** нефть, коллектор, покрышка, геологическое строение, структура, терригенный, продуктивный пласт.

## **FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE KAPKAN FIELD**

**Riumina Kristina Vladimirovna**  
Perm State University, Russia, Young Researcher, 2015 - 2019, City of Perm,  
e-mail: [Kristina.burtseva.2015@mail.ru](mailto:Kristina.burtseva.2015@mail.ru)

**Kochneva Olga Yevgenyevna**  
Perm State University, Russia, Candidate of Geology and Mineralogy, Reader,  
e-mail: [kochnevae@mail.ru](mailto:kochnevae@mail.ru)

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Kochneva Olga Yevgenyevna

**Abstract:** general information is considered about the Kapkan field. The geological structure of the Deposit was studied: stratigraphy and lithology, tectonics. Oil and gas potential is analyzed productive formations.

**Keywords:** oil, reservoir, tire, geological structure, terrigenous, productive formation.

Капканское месторождение в административном отношении расположено на территории Чернушинского района Пермского края в 140 км к югу от города Пермь. Месторождение открыто в 1971 году. Действующим проектным документом является «Дополнение к технологической схеме разработки Капканского нефтяного месторождения Пермского края» от 2016 года. В настоящий момент месторождение находится в начальной стадии разработки.

Геологический разрез Капканского месторождения изучен по результатам структурного и глубокого бурения до глубины 2230 м – от пород вендского комплекса до четвертичных отложений. Разрез осадочного чехла Капканского месторождения по литологическому составу терригенно-карбонатный, прослеживается чередование покровов и коллекторов, что создает благоприятные условия для возможности образования залежей УВ и является типичным для Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [2].

В тектоническом отношении месторождение приурочено к одноименному поднятию Чернушинского вала, расположенного в пределах юго-восточного борта Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП). Чернушинский вал четко прослеживается по всем горизонтам верхнего палеозоя, имеет субмеридиональное простирание и обладает асимметричным строением.

По основным отражающим горизонтам достаточно четко прослеживается антиклинальное поднятие с повторением структурных планов и выполаживанием вверх по разрезу. Каких-либо разрывных нарушений в пределах рассматриваемой площади – не выявлено.

В результате проведения поисково-разведочного и эксплуатационного бурения [2] в разрезе Капканского месторождения промышленная нефтеносность в стратиграфическом отношении приурочена к терригенным отложениям тимано-пашийского горизонта нижнефранского подъяруса верхнего девона (*пласт* D<sub>3ps</sub>-D<sub>3tm</sub>), тульскому горизонту визейского яруса нижнего карбона (*пласт* Тл<sub>2</sub>) и карбонатным отложениям каширо-верейского горизонта (*пласт* KB<sub>1</sub>) среднего карбона. Залежи нефти пластов D<sub>3ps</sub>-D<sub>3tm</sub>, Тл<sub>2</sub>, KB<sub>1</sub> совпадают в плане [1].

Залежь нефти тимано-пашийских отложений открыта скважиной № 251. Глубина залегания кровли пласта D<sub>3ps</sub>-D<sub>3tm</sub> в среднем составляет 2075 м. Пласт сложен аргиллитами, переслаивающимися с алевролитами и глинистыми песчаниками. Залежь по типу – пластовая сводовая. Размеры залежи – 2,6×5,7 км, высота – 14,7 м. Общая толщина пласта в среднем равна 32,7 м, эффективная толщина изменяется от 3 м (№№ 403, 406) до 5,9 м (№ 405), в среднем – 6,5 м. Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 1,7 м (№ 403) до 4,9 м (№ 401). Коэффициент песчаности – 0,358, расчлененность – 3.

Пласт D<sub>3ps</sub>-D<sub>3tm</sub> имеет сложное строение, невысокую песчаность и достаточно высокую степень неоднородности (рис. 1).

Тимано-пашийский пласт обладает следующими значениями фильтрационно-емкостных свойств: пористость 13 %, проницаемость 0,07 мкм<sup>2</sup>. Показатели неоднородности имеют значения: коэффициент песчаности 0,358 д.ед; расчлененность 3,2 ед. Давление насыщения нефти газом 11 МПа, начальное пластовое давление 20,7 МПа, текущее пластовое давление 12,3 МПа, начальная пластовая температура 43,6°C. Нефть пласта D<sub>3ps</sub>-D<sub>3tm</sub> тяжелая 0,875 г/см<sup>3</sup> и незначительной вязкости (3,8 мПа.с).

Пласт характеризуется достаточно высокой литологической и фильтрационно-емкостной изменчивостью.

Залежь нефти пласта Тл<sub>2</sub> по типу – пластовая сводовая. Пласт сложен песчаниками и алевролитами. Размеры залежи 3×1,8 км, высота – 5 м.

Общая толщина тульского пласта изменяется в пределах от 10,7 до 14,9 м, в среднем – 13,1 м, эффективная толщина – 1,9 м. Нефтенасыщенная толщина коллектора по скважинам изменяется от 1,5 м (скв. № 404) до 3,2 м (скв. № 251), в среднем – 1,7 м. В разрезах скважин выделяется, в основном, по два пропластка. Толщина нефтенасыщенных пропластков менее 2 м. Коэффициент песчаности – 0,523, расчлененность – 2,2. Пористость песчаных пород здесь характеризуется невысокими значениями 0,17 %. Продуктивные отложения пласта Тл<sub>2</sub> представлены высокопроницаемым коллектором, среднее значение проницаемости по скважинам – 0,351 мкм<sup>2</sup>. Средний коэффициент нефтенасыщенности по скважинам по ГИС – 0,76. По физико-химическим свойствам нефть пласта Тл<sub>2</sub> тяжё-

лая, маловязкая, высокосмолистая, парафинистая, сернистая. Физико-химические свойства нефти: газосодержание нефти – 37 м<sup>3</sup>/т; плотность нефти – 0,879 т/м<sup>3</sup>; объемный коэффициент – 1,072.

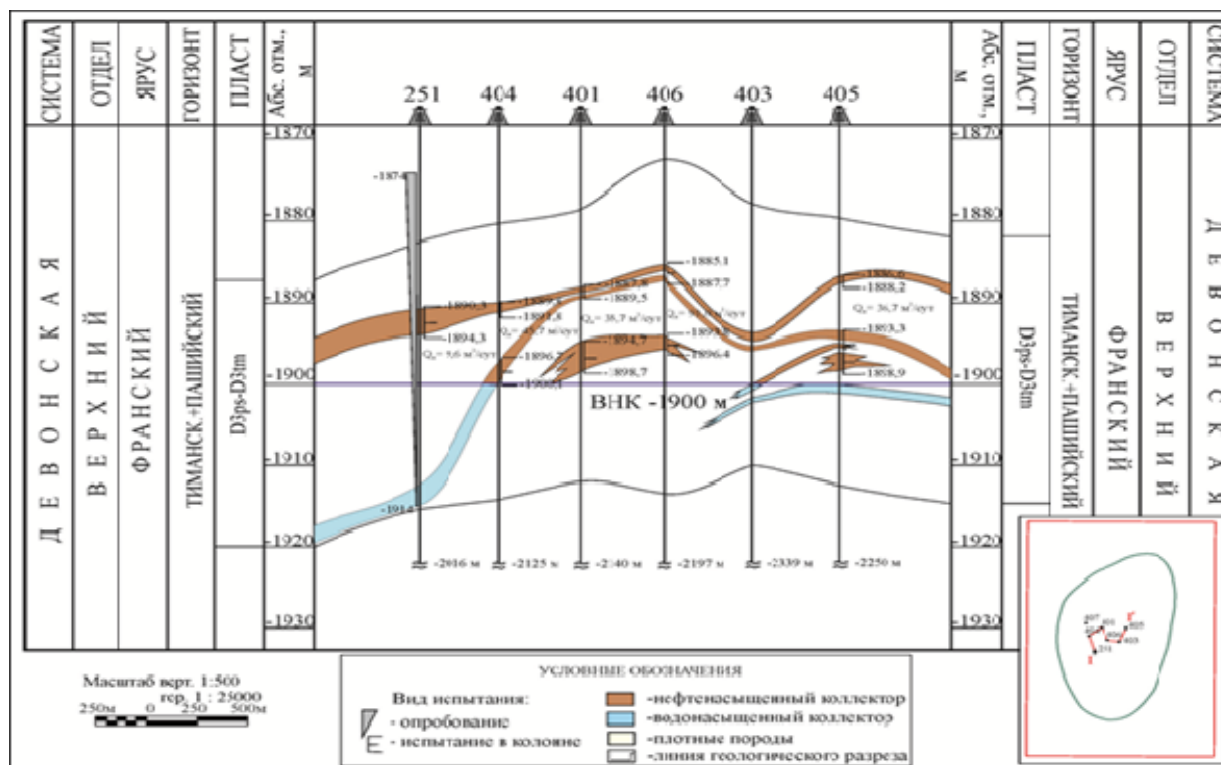


Рис. 1. Геологический профиль пласта D3ps-D3tm по линии скважин №№ 251, 404, 401, 406, 403, 405

Залежь пласта KB<sub>1</sub> приурочена к нижней части каширского и верхней части верейского горизонтов. Коллекторами служат пористые разности известняков. По типу залежь – пластовая сводовая. Размеры залежи – 7,7×3 км, высота – 16 м. В пределах пласта выделяется два проницаемых пропластка толщиной 0,8-2,4 м.

Общая толщина каширо-верейского горизонта изменяется в пределах от 19,4 до 25,5 м, в среднем – 22,8 м. Эффективная толщина в среднем – 6,1 м, нефтенасыщенная изменяется от 2 до 3,2 м, в среднем – 2,4 м. Коэффициент песчанистости – 0,14, расчленённость – 2.

Нефть объекта KB<sub>1</sub> лёгкая – 0,843 г/см<sup>3</sup>, маловязкая – 6,95 мПа\*с, газосодержание при дифференциальном разгазировании – 46,5 м<sup>3</sup>/т, давление насыщения – 7,06 МПа. Разгазированная нефть тяжёлая, маловязкая, высокосмолистая, парафинистая, сернистая.

Таким образом, в разрезе Капканского месторождения промышленно нефтеносны три продуктивных пласта D3ps-D3tm, Тл<sub>2</sub>, KB<sub>1</sub>. Залежи нефти по типу относятся к пластово-сводовым, приурочены к локальным куполовидным поднятиям и в плане перекрывают друг друга. По геологическому строению месторождение относится – к сложным.

### Литература

1. Дополнение к технологической схеме разработки Капканского месторождения. Тюмень: ПБ «ТЭРМ», 2013.
2. Максимов М.И. Геологические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 1975. С. 534.
3. Положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ. М.: ВНИГНИ, 2001. С. 11.

УДК: 553.98

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТАЛАКАНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Сеничев Дмитрий Андреевич*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, магистрант  
1 курса (года обучения), г. Томск e-mail: senichevd@gmail.com*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Янкович Елена Петровна*

**Аннотация:** В данной статье рассматривается геологическое строение Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения Республики Саха (Якутия). Представлена общая информация о месторождении. Особое внимание уделяется коллекторским свойствам залежей.

**Ключевые слова:** месторождение, антеклиз, продуктивный горизонт, залежь, пористость, проницаемость.

## FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE TALAKAN FIELD

*Senichev Dmitry Andreevich*

*National research Tomsk Polytechnic University, 1st year master's student (year of study), Tomsk  
e-mail: senichevd@gmail.com*

*Research Supervisor: Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, Associate Professor,  
Yankovich Elena Petrovna*

**Abstract:** This article discusses the geological structure of the Talakan oil and gas condensate field located in the south-west of the Republic of Sakha (Yakutia). Provides general information about the field. Particular attention is paid to the reservoir properties of the deposits.

**Keywords:** field, antecline, production horizon, reservoir, porosity, permeability.

Талаканское нефтегазоконденсатное месторождение (Талаканское НГКМ) находится в юго-западной части Республики Саха (Якутия) в Ленском районе. Населенные пункты в районе месторождения отсутствуют, ближайший город Ленск находится приблизительно на расстоянии 200 км на северо-восток от месторождения, до г. Киренска Иркутской области 300 км (рис. 1.) [1].

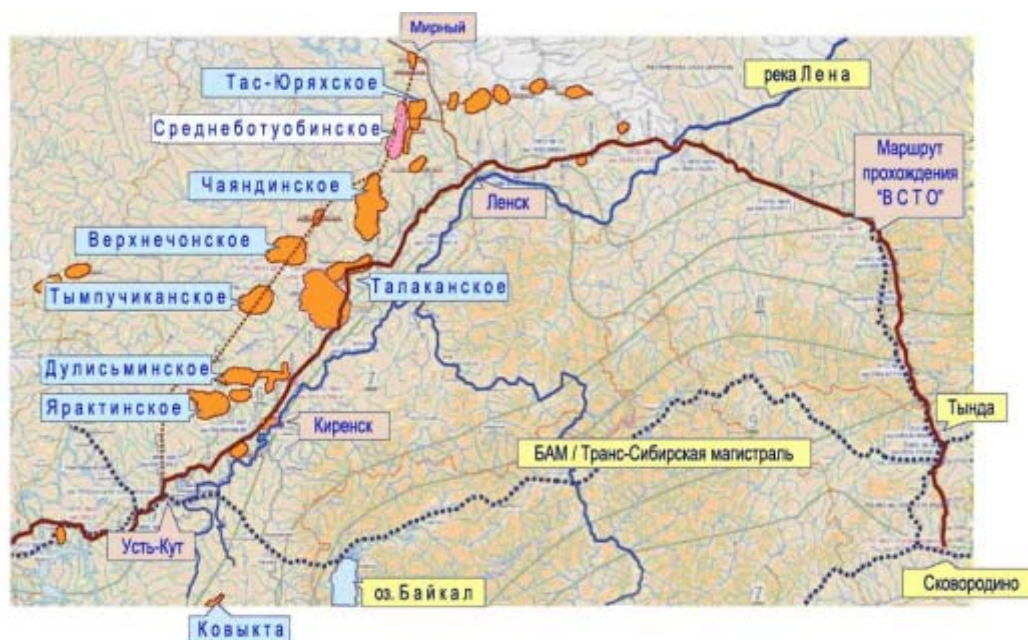


Рис.1. Схема расположения Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения



Талаканское НГКМ, открытое в 1987 году, является одним из основных месторождений на территории республики по добычи нефти и относится к разряду крупных месторождений [5]. Разработка месторождения началась 1990-х годах, лицензия ЯКУ14683НЭ принадлежит ПАО «Сургутнефтегаз».

Климат территории Галаканского НГКМ резко-континентальный. Температуры воздуха в течение года изменяется от  $-61^{\circ}\text{C}$  (в январе) до  $+35^{\circ}\text{C}$  (в июле), перепад температур достигает  $45-65^{\circ}\text{C}$ . Долгая холодная зима с относительной влажностью воздуха 72-80% способствует образованию островной многолетней мерзлоты. Осадков в течение года выпадает от 358 до 575 мм.

Талаканское НГКМ принадлежит к Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, в пределах Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области [4]. Нефть Талаканского месторождения залегает в карбонатных отложениях относительно неглубоко от поверхности земли (интервал от 1000 до 1200 метров), однако залежь имеет сложное геологическое и тектоническое строение.

В тектоническом отношении площадь Талаканского месторождения приурочена к Непско-Ботубинской антеклизе, имеет блоковое строение, серией разрывных нарушений раздробленное на три блока: Центральный, Таранский и Восточный (рис. 2.) [3].

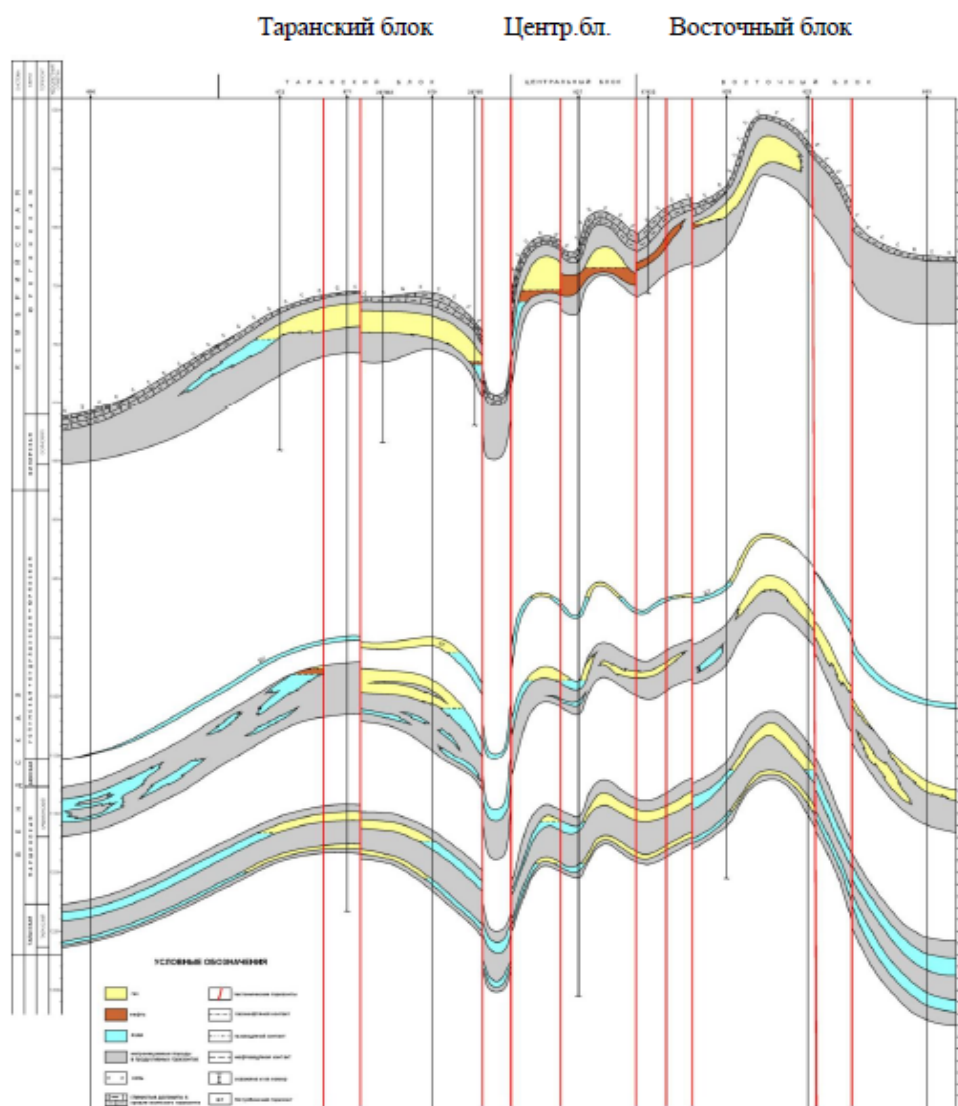


Рис.2. Субширотный геологический разрез Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения[4]

В геологическом строении выделяются два структурных этажа: нижний – кристаллический фундамент, представленный метаморфическими образованиями архея-нижнего протерозоя; верхний – осадочный чехол, включающий четвертичные, юрские, кембрийские и вендские отложения залегающие на конгломератовой толще верхнего рифея [2, 3].

В разрезе осадочной толщи района выделены вендский терригенный и кембрийский карбонатно-соленосный комплексы с обоснованной нефтегазоносностью. Вендский комплекс представлен

толщей переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов непской свиты. Пористость песчаных горизонтов-коллекторов достигает 22 %, проницаемость  $2 \cdot 10^{12} \text{ м}^2$ . В свою очередь, кембрийский комплекс состоит из двух частей – подсолевой и межсолевой. Карбонатные пласты-коллекторы этого комплекса имеют пористость от 5 до 10, реже до 18%, и довольно высокую проницаемость [3].

Наибольший интерес на площади Талаканского месторождения представляет осинский горизонт кембрийского комплекса межсолевой его части. Мощность горизонта изменяется от 50 до 70 метров. Толща представлена карбонатами с зонами развития пород-коллекторов порово-кавернозного и кавернозно-трещиноватого типов. Горизонт перекрыт соленосно-карбонатной толщей юрегинской свиты нижнего кембрия.

По литолого-фациальному составу в осинском горизонте выделено два пласта: верхний и нижний. В верхнем пласте, сложенным в основном нефтегазонасыщенными известняками, серыми, коричневато-серыми с прослоями доломитов, доломитизированными известняками и доломитами, пористость коллекторов изменяется в пределах 5,5 – 23,3%, коэффициент нефтегазонасыщенности – 68,2 – 94%. В строении нижнего пласта преобладают плотные доломиты с пористостью 9,2 – 10,9% и коэффициентом нефтенасыщенности 66,9 – 86,2% [3].

Особенностями геологического строения Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения являются:

- Нефть залегает в карбонатных породах (доломиты);
- Наличие обширных чисто нефтяных зон;
- Распространение многолетнемерзлых пород в продуктивном горизонте;
- Относительно неглубокое расположение к поверхности земли пород-коллекторов;
- Высокая послойная неоднородность нефтяного пласта;
- Сложная форма структуры порового пространства;
- Большая засоленность пород и пластовых вод.
- Низкая пластовая температура.

### **Литература**

1. Овчинников В.П., Аксенова Н.А., Резанова Е.В. Геологические особенности строительства скважин на Талаканском месторождении // Тюмень, 2011. – 31-33 с.
2. Ахметшин Р.Р. Геология и нефтегазоносность Талаканского месторождения // Издательство: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга". – 2018. – С. 50-53.
3. Гафуров Д. О. Методика комплексной интерпретации геолого-геофизических данных обучаемыми нейронными сетями на примере Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения: на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук : спец. 25.00.16 / Д. О. Гафуров; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; науч. рук. А. В. Ежова. — Томск : Б. и., 2013..
4. Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук АЛ., Шемин Г.Г. и др. / Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. // Вып.7. Непско-Ботубинский регион. Н.: 1994.
5. Уралов Е. И. Нефтяные месторождения Якутии. М.: Аспект-Пресс, 2016. – 310 с.

УДК 553.98

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФЕС ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОКА ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

**Карнаушенко Лада Дмитриевна**

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,

студент 3 курса, г.Пермь,

e-mail: karnaushenkol@gmail.com

**Научный руководитель:** к. тех. н, доцент, Мелкишев Олег Александрович



**Аннотация:** В статье рассматривается распределение пластового давления в толще пород, расположенных на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

**Ключевые слова:** Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, фильтрационно-емкостные свойства, пластовое давление, начальное пластовое давление, текущее пластовое давление.

## FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF THE FILTRATION-CAPACITIVE PROPERTIES OF RESERVOIR ROCKS IN THE TERRITORY OF THE SOUTHEAST OF THE VOLGA-URAL PETROLEUM PROVINCE

*Karnaushenko Lada*

*Perm national research polytechnic university, 3<sup>rd</sup> year student, Perm,  
e-mail: karnaushenkola@gmail.com*

*Research supervisor: Candidate of engineering science, Reader, Melkishev Oleg*

**Abstract:** The article focuses on the filtration-capacitive properties of reservoir rocks, which situate in Volga-Ural petroleum province.

**Keywords:** Volga-Ural oil and gas province, porosity and permeability formation pressure, initial formation pressure, current formation pressure

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция расположена на территории Восточно-Европейской платформы и Предуральяского краевого прогиба и занимает площадь около 700 км<sup>2</sup>. С середины XX века эта провинция является основой для развития промышленности в Европейской части России. Первая нефть на изучаемой территории была получена в 1929 году около Верхнечусовских Городков на берегу реки Рассошки.

В Волго-Уральской нефтегазоносной провинции открыто 1504 месторождений различного размера, в которых по данным на начало 2014 года количество извлекаемых запасов составляет 12 156,6 млн. т. [2].

Продуктивные горизонты рассматриваемой провинции сложены терригенными и карбонатными породами девонской, каменноугольной и пермской систем, которые залегают на глубинах от 1,5 до 2,5 тыс. м. [5]. Изучением отложений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции еще с середины XIX века занимались такие ученые как Г. Д. Романовский, Р. И. Мурчисон, П. И. Преображенский, а также А. А. Блохин, И. Х. Абрикосов и В. Д. Наливкин.

Для исследования особенностей распределения нефтегазоносности особенно важно изучение распределения по разрезу и по площади фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), что связано с возможностью образования природных резервуаров. Такой анализ необходимо проводить в пределах пластов одного возраста или в пределах одного нефтегазоносного комплекса. Одновозрастные породы могут быть представлены отложениями различных фаций, и из-за этого будет происходить изменение пористости и проницаемости породы. По разрезу отложения тоже могут иметь различный минералогический и гранулометрический состав и степень метаморфизации. Важно отметить, что многие рассматриваемые процессы сильно связаны с температурой и пластовым давлением.

Обычно при оценке нефтегазонасыщенности разреза наблюдается уменьшение насыщенности углеводородами (УВ) снизу-вверх, [4] то есть количество и размер скоплений нефти и газа в относительно древних породах больше, чем в молодых, так как в первых органическое вещество дольше находится под влиянием высокой температуры и давления, а породы-покрышки не позволяют флюидам мигрировать в более молодые отложения. В восточной части Волго-Уральской провинции глинистые покрышки девонского и каменноугольного возраста в сводовой части опесчанены, что позволяет флюидам мигрировать в вышележащие породы под действием одного из важнейших факторов – пластового давления – а также температуры и гравитационного фактора.

Под пластовым давлением ( $P_{пл}$ ) принято понимать давление, при котором в продуктивном пласте флюиды находятся в пустотах пластов-коллекторов [1]. Во время разработки залежи пластовое давление обычно понижается, поэтому выделяют начальное и текущее пластовое давление. Начальное пластовое давление – внутреннее давление, при котором флюиды находятся в пустотном пространстве пород-коллекторов до начала разработки пласта.

По данным справочника [3] для карбонатных и терригенных отложений тульского, бобриковского горизонта каменноугольной системы и франско-фаменских отложений девонской системы, расположенных на территории юго-востока Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в Пермском крае, Республике Удмуртия, Башкортостане, Татарстане и Оренбургской области было проведе-

но исследование зависимостей между таким показателями как абсолютная отметка ВНК (*а. о. ВНК*, м), глубина кровли пласта (*гл. кр. пл.*, м), коэффициент пористости (*Коп*, %), коэффициент проницаемости (*Кпр*,  $10^{-15} \text{ м}^2$ ), пластовое давление (*Рпл*, МПа) и температуры (*тпл*, °С) (табл. 1). База данных включает в себя значения по 412 объектам.

Анализ зависимостей проведен по средствам корреляционного анализа с расчетом парного коэффициента корреляции Пирсона *r* по пластам. Корреляционная матрица для тульских и бобриковских отложений представлена в таблице.

Таблица

Корреляционная матрица для тульских и бобриковских отложений

	<i>гл. кр. пл.</i>	<i>а. о. ВНК</i>	<i>Коп</i>	<i>Кпр</i>	<i>Рпл</i>	<i>тпл</i>
<i>гл. кр. пл.</i>	1					
<i>а. о. ВНК</i>	-0,978	1				
<i>Коп</i>	-0,254	0,258	1			
<i>Кпр</i>	-0,203	0,203	0,213	1		
<i>Рпл</i>	0,954	-0,964	-0,229	-0,207	1	
<i>тпл</i>	0,589	-0,596	-0,026	-0,064	0,589	1

По корреляционной матрице (табл) наиболее сильные зависимости установлены между пластовым давлением и абсолютными отметками ВНК, пластовым давлением и глубиной кровли пласта, пластовой температурой и абсолютной отметкой ВНК, пластовой температурой и глубиной кровли пласта. Остальные значения *r* находятся в диапазоне от -0,4 до +0,4.

Зависимости пластового давления от глубины и абсолютных отметок залегания продуктивных отложений по всем рассматриваемым отложениям представлены на рисунках 1 и 2.

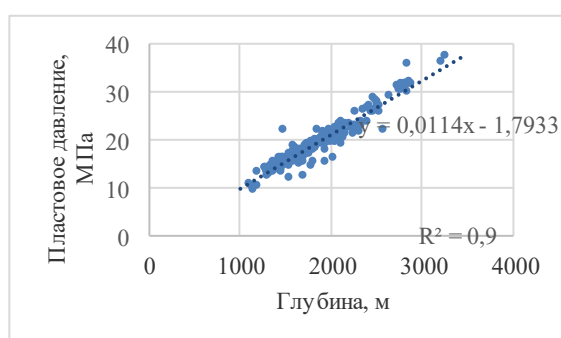


Рис. 1. График зависимости пластового давления от глубины

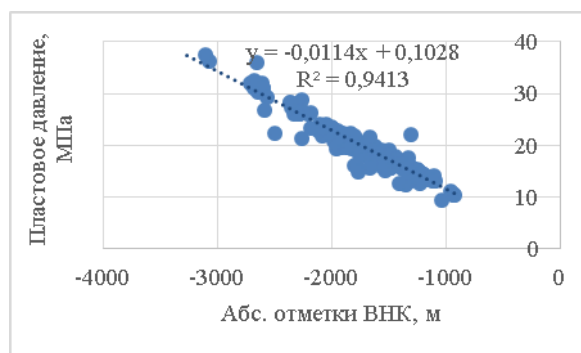


Рис. 2. График зависимости пластового давления от абс. отметок ВНК

На графике (рис. 1) видно наличие зависимости между данными параметрами, значение коэффициента детерминации  $R^2$  принимает высокое значение – 0,94. В интервале глубин от 1140 м до 3250 м  $P_{пл}$  принимает значения от 9,4 МПа до 37,4 МПа. Большинство месторождений с  $P_{пл}$  от 15 МПа до 24 МПа расположено в интервале глубин от 1292 м до 2400 м. Наибольшее значение  $P_{пл} = 37,4$  МПа на глубине 3250 м наблюдается на Гаршинском месторождении. Минимальное значение  $P_{пл} = 9,4$  МПа на глубине 1140 м – на месторождении Ивашкино-Малосульчинское. Величина  $P_{пл}$  увеличивается вместе с глубиной.

На графике (рис. 2) тоже прослеживается зависимость между пластовым давлением и абсолютными значениями ВНК, значение коэффициента детерминации  $R^2$  в данном случае принимает значение – 0,94.  $P_{пл}$  увеличивается при уменьшении значений абсолютных отметок ВНК. В интервале абсолютных отметок от -918 м до -3067 м  $P_{пл}$  изменяется от 9,4 МПа до 37,4 МПа. Основная часть месторождений с  $P_{пл}$  от 10 МПа до 24 МПа имеют значение абсолютной отметки ВНК от -1100 м до -2176 м. Наибольшее значение  $P_{пл} = 37,4$  МПа наблюдается на абсолютной отметке ВНК -3099 м также на Гаршинском месторождении. Наименьшее значение  $P_{пл}$  встречено при абсолютной отметке ВНК -1100 м на месторождении Ивашкино-Москульчанское.

Проведенные исследования установили, что на территории юго-востока Волго-Уральской нефтегазоносной провинции отчетливо видна прямая зависимость между пластовым давлением и глубиной залегания породы. Зависимость между *Коп* и *Кпр* для тульских и бобриковских отложений

не прослеживается, вероятно, из-за того, что диапазон залегания отложений изменяется от 1140 м до 3250 м, и данного расстояния недостаточно для выявления зависимости.

### *Литература*

1. Иванова М.М. Нефтегазопромысловая геология: Учеб. для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 414 с: ил.
2. Конторович А. Э. Новые методы оценки, особенности структуры и пути освоения прогнозных ресурсов нефти зрелых нефтегазоносных провинций (на примере Волго-Уральской провинции) // Геология и геофизика, 2017, т.58, №12. С. 1835-1852.
3. Нефтяные и газовые месторождения СССР: справочник: в 2 кн. / под ред. С.П. Максимова. – Кн. 1. Европейская часть СССР. – М.: Недра, 1987. – 358 с.
4. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР. – М., «Недра», 1973. – 304 с.
5. Чернова О.С. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных территорий. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 256 с.

УДК 553.98

## **ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КАМСКО-КИНЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ ВПАДИН**

*Зиганшин Дмитрий Андреевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,*

*студент 3 курса, г.Пермь,*

*e-mail: ericgor69@gmail.com*

*Научный руководитель: ассистент, Красильников Виталий Павлович*

**Аннотация:** Камско-Кинельская система впадин является важной зоной генерации углеводородов на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Высокое обилие органического вещества в породах рифовых фаций способствует аккумуляции значительных объемов нефти и газа. Однако, месторождения углеводородов, приуроченные к системе, эксплуатируются уже достаточно длительное время, и вопрос об их истощаемости, приобретает высокую степень актуальности. Одним из потенциальных решений проблемы является поиск новых перспективных источников нефти на изучаемой территории, что невозможно без детализации знаний о глубинном строении данной области.

**Ключевые слова:** Камско-Кинельская система впадин, девонские отложения, каменноугольные отложения, тектоника, нефтегазоносность, Волго-Уральская нефтегазоносная провинция.

## **FEATURES OF THE STRUCTURE AND OIL AND GAS CONTENT OF THE KAMSKO-KINEL DEPRESSION SYSTEM**

*Ziganshin Dmitry*

*Perm State University, 3<sup>rd</sup> year Student, city Perm*

*e-mail: ericgor69@gmail.com*

*Research Supervisor: Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy Pavlovich*

**Abstract:** The Kamsko-Kinel depression system is an important area for generating hydrocarbons in the Volga-Ural oil and gas province. The high abundance of organic matter in rocks of reef facies contributes to the accumulation of significant volumes of oil and gas. However, the hydrocarbon deposits associated with the system have been exploited for quite a long time, and the issue of their depletion is becoming highly

relevant. One of the potential solutions to the problem is to search for new promising oil sources in the studied area, which is impossible without detailed knowledge of the deep structure of this area.

**Keywords:** Kamsko-Kinelskaya system of depressions, Devonian deposits, Carboniferous deposits, tectonics, oil and gas content, Volga-Ural oil and gas province.

Камско-Кинельская система впадин (ККСВ) простирается от Прикаспийской впадины до берегов Баренцева моря, проходя через Печорскую впадину, тем самым, протягиваясь через всю Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию (НГП). Прослеживается от Пермского Приуралья (рис.1) через Нижнее Прикамье, Самарское, Ульяновское Заволжье до западной части Оренбургской области. Еще в начале 50-х годов прошлого века к ККСВ проявляли особый интерес. Прежде всего появилась необходимость выяснения стратиграфического объема, расчленения и корреляции разрезов, чему и были посвящены первые исследования. [2,4]



Рис. 1. Ориентировка осевых впадин в Камско-Кинельской и Уткинско-Серебрянской системах прогибов. [3]

Размещение месторождений нефти и газа напрямую зависит от структурно-тектонического плана ККСВ: структуры облекания служат ловушками для нефти и газа, также они связаны с прибортовыми зонами впадин. Например, Вятско-Тарасовская, Москудьинская (южный борт ККСВ), Ягано-Гремхнинская, Киенгопская, Ножовская (северный борт ККСВ). К этим зонам приурочены современные месторождения нефти в терригенных и карбонатных отложениях каменноугольной системы, в карбонатных отложениях турнейского яруса и верхнего девона в Пермском крае, Башкирии, Удмуртии, а также других регионах Волго-Уральской НГП (Рис.2). Появление структур облекания произошло благодаря наличию мощных рифовых массивов верхнефранского, фаменского и местами турнейского возраста. Рифы контролируют морфоструктурные особенности как прикровельной части турнейского яруса, так и залегающего выше продуктивного пласта визейского терригенного комплекса, из чего следует, что они играют структурообразующую роль. Поэтому рифы и другие органогенные постройки – это важный фактор, определяющий распределение нефтеносности в пределах данной местности. Особенности размещения рифогенных построек посвящали свои работы Ф. Мирчинк, О.М. Мкртчян, Р.Х. Муслимов, А.А. Трохова, Р.О. Хачатрян, С.М. Аронова, И.Г. Гассано-

ва, Е.Д. Войтович, Н.С. Гатиятуллин, И.А. Ларочкина, В.Г. Кузнецов, В.П. Маслов, В.П. Шуйский и другие. [1,4,6]

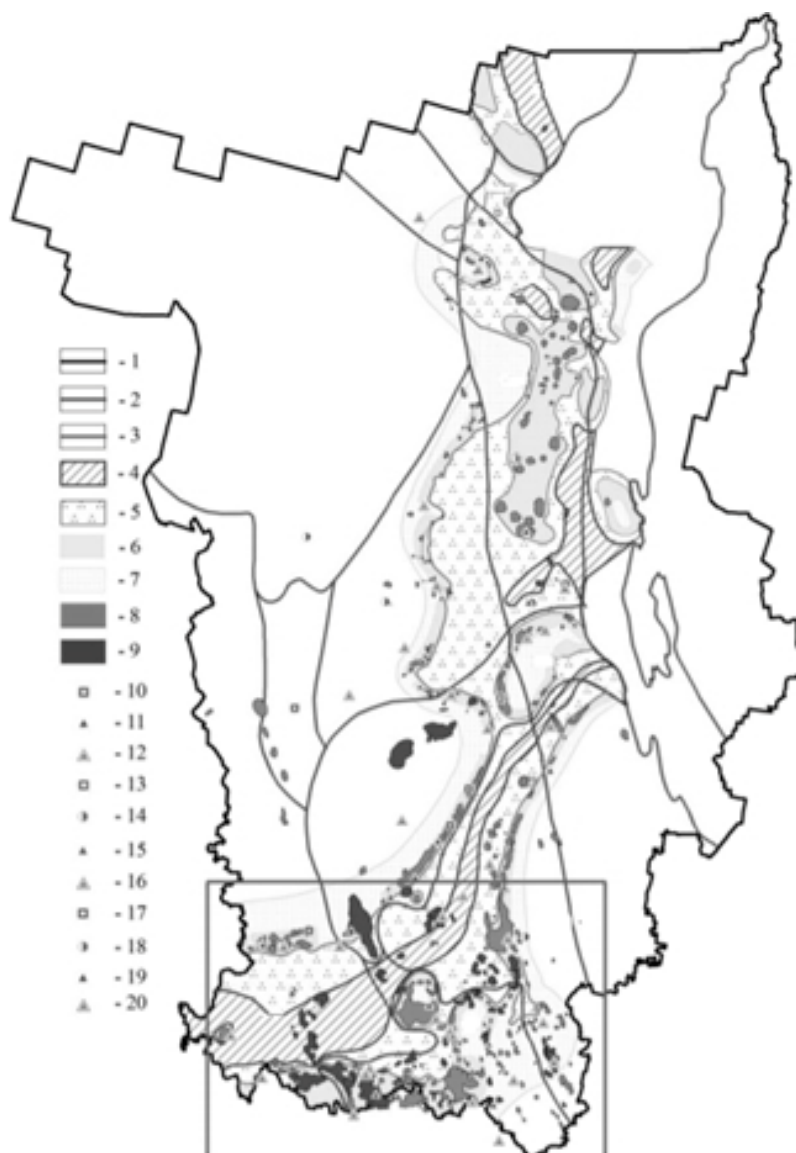


Рис.2. Тектоническая схема Пермского края [5]

1 - граница Пермского края; 2 - границы крупных тектонических структур; 3 - границы исследуемой территории; Камско-Кинельская система впадин: 4 - осевая зона, 5 - внутренняя прибортовая, 6 - бортовая, 7 - внешняя прибортовая; 8 - месторождения углеводородов; 9 - месторождения углеводородов с залежами нефти в терригенном девоне; нефтепроявления по керну в живецких породах: 10 – битуминозность, 11 – обильные нефтепроявления, 12 – слабые нефтепроявления; нефтепроявления по керну в пашийских породах: 13 – битуминозность, 14 – непромышленная залежь, 15 – обильные нефтепроявления, 16 – слабые нефтепроявления; нефтепроявления по керну в тиманских породах: 17 – битуминозность, 18 – не промышленная залежь, 19 – обильные нефтепроявления, 20 – слабые нефтепроявления.

На сегодня ККСВ имеет важнейшее значение в распределении зон генерации и аккумуляции нефти и газа в северо-восточной части Волго-Уральской НГП. Данная территория является наиболее изученной, но некоторые отдельные прогибы и прочие тектонические структуры, приуроченные к территории, были изучены не в полной мере, что на фоне проблематики истощения эксплуатируемых месторождений придает потенциальным перспективам обнаружения новых зон генерации углеводородов определенную актуальность. Дополнительный интерес подробного изучения данной локации обусловлен её складчато-надвиговым строением. Известно, что надвиговые структуры обладают высоким коллекторским потенциалом наряду с флювиогляциальными равнинами и шельфовыми рифами. Так как ККСВ является складчато-надвиговой областью, отсюда следует, что её малоизученные тектонические структуры, в частности надвиги, могут являться потенциальными зонами скопления коллекторов нефти и газа. Для выдвижения более конкретных выводов необходимо проведение широкого спектра геологоразведочных работ (ГТР), а также привлечение современных методов, обеспе-

чивающих возможность моделирования процессов развертки складчато-надвиговых структур и построения карт палеогеографических обстановок.

### **Литература**

1. Валеева И.Ф. Геологические аспекты нефтегазоносности верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложений Актаныш-Чишминского прогиба ККС // Казань, Георесурсы. 2015. С. 37-42.
2. Волков Д. С. Особенности и методы изучения геологического строения верхнедевонско-каменноугольных отложений северо-востока Республики Татарстан и поиск органических построек в осевой зоне Камско-Кинельской системы прогибов: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минер. наук (25.00.12) / Волков Дмитрий Сергеевич. – Мос. гос. университет, Москва, 2008. 262 с. <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1181182&uri=index.html>
3. Геологические памятники Пермского края: Энциклопедия/Под общ. ред. И. И. Чайковского; Пермь, Горный институт УрО РАН, 2009. С.20.
4. Камско-Кинельская система прогибов, история образования, связь с нефтегазоносностью. Типы разрезов ККСП, их характеристика. // Поиск лекций. [Электронный ресурс]. URL: <https://poisk.ru.ru/s68326t1.html> (дата обращения 15.03.2020).
5. Кожевникова Е.Е. Оценка перспектив нефтеносности девонских терригенных отложений южных районов Пермского края: дис. ... на соиск. уч. степ. канд. геол.-минер. наук: 25.00.12. – Перм. гос. университет, Пермь, 2014 – 138 с. <https://pstu.ru/files/file/adm/dissertacii/kozhevnikova/dissertaciya.pdf>
6. Проворов В.М. Тектоно-седиментационные особенности северных и западных районов Волго-уральской нефтегазоносной провинции: дис. ... на соиск. уч. степ. д-ра геол.-минер. наук: 04.00.17. – Перм. гос. университет, Пермь, 1994- 57 с.

УДК 622.276

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ БОКОВЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАВОЛЖСКОГО ГОРИЗОНТА (НА ПРИМЕРЕ ВУКОШУРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ)**

**Кагарманов Ринат Иршатович**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2-го года обучения,  
г. Казань, [kagarmanov1633@mail.ru](mailto:kagarmanov1633@mail.ru)

**Научный руководитель:** – старший преподаватель, Фахрутдинов Эдуард Ирекович

**Аннотация:** Многие месторождения Удмуртской республики характеризуются завершающей стадией разработки и имеют высокую обводненность добываемой продукции, ухудшение технико-экономических показателей добычи. Для выполнения проектных показателей на месторождениях применяются различные методы повышения нефтеотдачи. Анализ их применения показывает, что наибольший средний прирост начального дебита скважин по нефти достигается путем зарезки боковых стволов и боковых горизонтальных стволов.

**Ключевые слова:** Боковой ствол, горизонтальный скважина, бурение, нефтеотдача, остаточные извлекаемые запасы.

## THE ASSESSMENT OF APPLYING'S EFFICIENCY OF DRILLING'S TECHNOLOGY OF LATERAL HORIZONTAL WELLS AT THE ZAVOLZHSKIAN DEPOSITS (BY THE CASE OF THE VUKOSHURSKOE OILFIELD)

**Kagarmanov Rinat Irshatovich**

*Kazan (Volga region) Federal University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student,  
Kazan,*

*kagarmanov1633@mail.ru*

**Research Supervisor:** *senior lecturer Fakhrutdinov Eduard Irekovich*

**Abstract:** Many deposits of the Udmurt Republic are on the final stage of its development, and they have a high watercut of extracted product, and a deterioration of the technical and economic production factors. In order to achieve target parameters at the oil-fields, various enhanced oil recovery methods are applied. The application analysis demonstrates that the largest average increase in the initial well flow rate is attained by sidetracking and horizontal sidetracking.

**Keywords:** sidetrack, horizontal well, drilling, oil recovery, remaining recoverable reserves.

В России как один из эффективных методов увеличения нефтеотдачи пластов в условиях падающей добычи нефти и перехода многих месторождений на позднюю стадию разработки является бурение дополнительных, боковых и горизонтальных стволов в скважинах с незначительными остаточными запасами [4].

Следует отметить, что бурение новых скважин приводит к чрезмерному увеличению затрат, что делает дальнейшую разработку месторождений нерентабельной. Поэтому в данных условиях наиболее эффективных методов увеличения нефтеотдачи являются мероприятия по восстановлению малодебитных, обводненных, аварийных, нерентабельных скважин с помощью бурения боковых стволов (БС) и боковых горизонтальных стволов (БГС).

В связи с этим, важное значение приобретают методы, позволяющие диагностировать геологическую и гидродинамическую неоднородность разрабатываемой залежи, находить участки, которые чрезмерно или недостаточно дренируются существующим фондом добывающих скважин, оценить неравномерность распределения остаточных запасов нефти по площади залежи [3].

Нельзя не отметить того, что выбор длины горизонтальных стволов скважин зависит от геологического строения и коллекторских свойств пласта; вопросы регулирования объемов закачки агентов, воздействия и отбора нефти из залежи являются также очень важными. От правильного их решения будет зависеть текущая добыча нефти, и в итоге – величина конечного нефтеизвлечения [2].

Бурение БС и БГС перспективно и актуально для старых нефтедобывающих районов, каковым является Республика Удмуртия (РУ). Для его развития имеются все необходимые условия: большой пробуренный фонд скважин, отработанность основных пластов и объектов. Опыт и эффективность бурения, эксплуатации боковых стволов на месторождениях РУ [1].

В данной статье представлен анализ шести скважин с боковыми стволами и три скважины боковыми горизонтальными стволами (длина горизонтального участка скважин составляет от 50-до 90 м) Вукошурского месторождения пробуренных на заволжский горизонт. Каждая скважина имеет свои определенные причины зарезки БС и БГС и распределяется следующим образом: 1) выход из зоны низкопроницаемых коллекторов в зону более проницаемые (Скважина № 13\*4 (БС), № 6\*2 (БС), № 2\*2(БГС), № 5\*9 (БГС) 2) по причине аварии на забое (Скважина № 6\* (БС)) 3) Зарезка БС и БГС в нерентабельных скважинах связанных с высоким обводнением (Скважина № 17\*\* (БС), № 16\* (БГС), № 1\*6 (БС), № 7\* (БС))

Анализируя данные зарезки БС и БГС за первое полугодие 2019 года, установлено снижение обводненности добываемой продукции и увеличение дебита нефти. К примеру в скважине № 2\*2 горизонтальным стволом до зарезки обводненность составляла 60 %, а дебит нефти не превышал 1 т/сут, после проведения КРБ дебит нефти составил 10,4 т/сут., обводненность 32 %. Изменения дебита нефти и обводненности представлены на рисунках 1.1 -1.2.



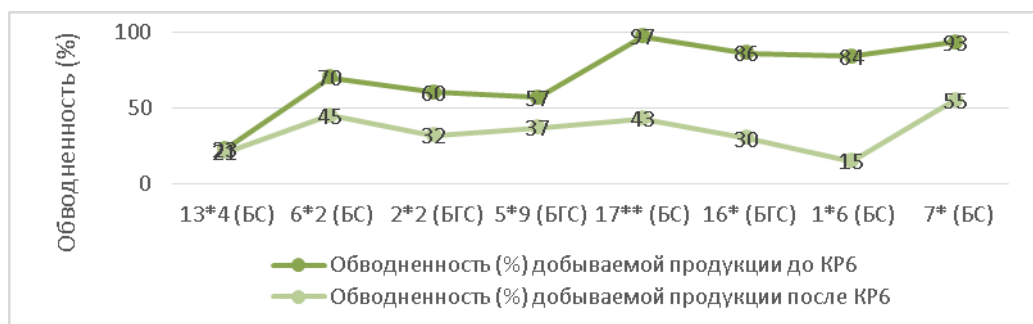


Рисунок 1.1 – Изменение обводненности в скважинах до и после зарезки БС и БГС

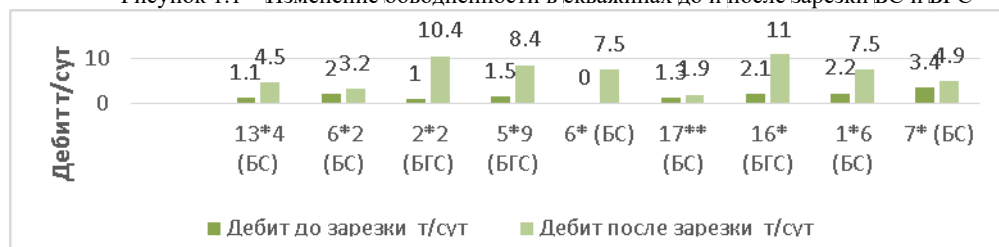


Рисунок 1.2 – Изменение дебита в скважинах до и после зарезки БС и БГС

Данные, демонстрирующие технологическую эффективность забуривания боковых стволов и боковых горизонтальных стволов на Вукошурском месторождении за первое полугодие 2019 года, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Данные скважин до и после зарезки БС и БГС.

№ п/п	№ Скважин	Дебит до зарезки т/сут	Дебит после зарезки т/сут	Время работы	Текущий дебит нефти т/сут	Объем добытой нефти после КР6	Обводненность (%) добываемой продукции до КР6	Обводненность (%) добываемой продукции после КР6
1	13*4 (БС)	1,1	4,5	77	4,7	361,9	23	21
2	6*2 (БС)	2	3,2	77	3,1	238,7	70	45
3	2*2 (БГС)	1	10,4	46	10,3	473,8	60	32
4	5*9 (БГС)	1,5	8,4	66	8,8	580,8	57	37
5	6* (БС)	нет данных	7,5	7	7,5	52,5	нет данных	20
6	17** (БС)	1,3	1,9	29	2,1	60,9	97	43
7	16* (БГС)	2,1	11	54	10,6	572,4	86	30
8	1*6 (БС)	2,2	7,5	33	7,5	247,5	84	15
9	7* (БС)	3,4	4,9	65	5	325	93	55

После зарезки боковых стволов во всех скважинах, кроме 6\* (БС) был проведен ГДИС. Анализ гидродинамических исследований скважин Вукошурского месторождения показал увеличения гидропроводности и пьезопроводности на скважинах боковыми стволами, так и на скважинах боковыми горизонтальными стволами.

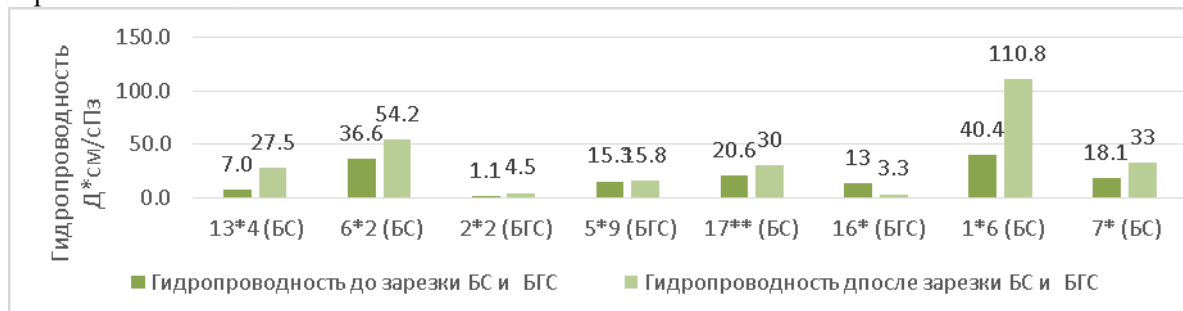


Рисунок 1.3 – Гидропроводность до и после зарезки БС и БГС

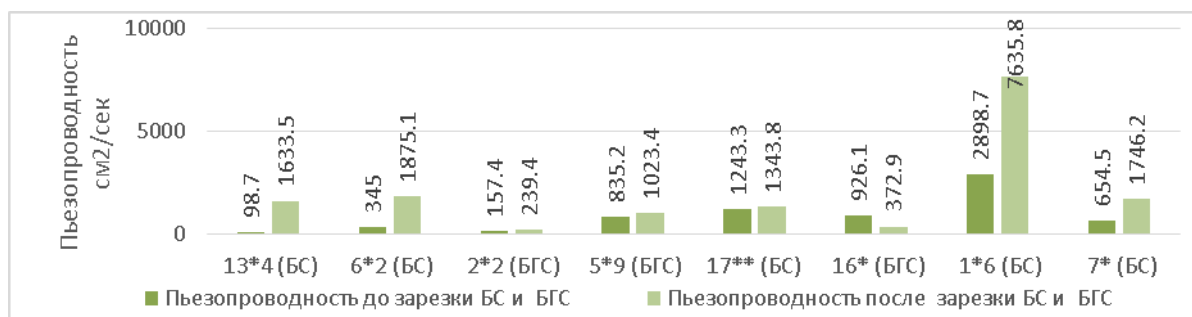


Рисунок 1.4 – Пьезопроводность до и после зарезки БС и БГС

Скин-эффект после зарезки БС и БГС не превышает нуля, это свидетельствует о качественном вскрытии пласта. В пяти скважинах наблюдается его снижение, это объясняется тем, что фильтрационные емкостные свойства новой призабойной зоны лучше, чем в старой ПЗ.

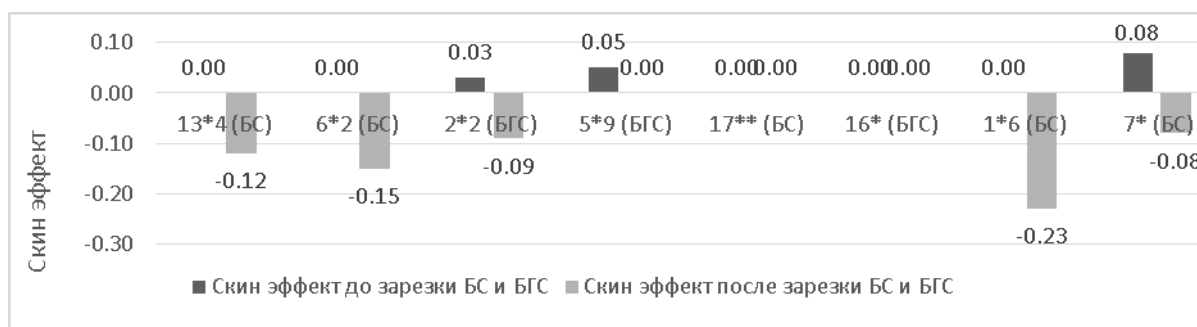


Рисунок 1.5 – Скин-эффект до и после зарезки БС и БГС

Был проведен анализ влияния на дебит нефти пластового давления, пористости, проницаемости нефтенасыщенности, депрессии и длины ствола, вскрывшего продуктивный пласт. В ходе анализа установлено влияние длины ствола и дебита нефти, а связь остальными факторами выявить не удалось.

Для того чтобы оценить степень влияния каждого фактора в отдельности был проведен дисперсионный анализ. Результаты анализа подтвердили связь длины ствола и дебита нефти. Также удалось выявить влияния длины ствола в скважинах с БС дисперсии и проницаемости, а в скважинах БГС существенное влияние оказывает сочетание длины ствола и дисперсии. В меньшей степени оказывает влияние сочетание длины ствола и фазовой проницаемости.

По анализу результатов технологических показателей можно сказать, что для карбонатной залежи заволжского горизонта верхнего девона Вукошурского месторождения зарезка БС и БГС является эффективным методом увеличения нефтеотдачи, так как данное месторождение имеет незначительные остаточные запасы нефти.

### Литература

1. Гилязов Р.М. Бурение нефтяных скважин с боковыми стволами // ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. С.13
2. Кажабегенов М.М., Зайцев В.М. Анализ эффективности методов воздействия на продуктивные пласты Узеньского месторождения // Нефтепромысловое дело, 2005. №5. С. 12-16
3. Салманов А. М. Геологоматематические аспекты выбора перспективных зон для применения методов увеличения нефтеотдачи пластов // Естественные и технические науки, 2007. № 4. С. 221-226.
4. Токарева Т.В. Опыт и эффективность бурения, эксплуатации боковых стволов на завершающей стадии разработки нефтяных месторождений // Нефтегазовое дело, 2011. №2. С. 1

## ПЕРСПЕКТИВЫ БИТУМОНОСНОСТИ САКМАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

**Хазиев Радмир Римович**

*научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ  
г. Казань*

*e-mail:radmir361@mail.ru*

**Фахрутдинов Ильмир Рафаилович**

*младший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования  
ИПЭН АН РТ г. Казань*

**Колузаева Ксения Юрьевна**

*младший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования  
ИПЭН АН РТ г. Казань*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н. заведующий лабораторией геологического и экологического  
моделирования ИПЭН АН РТ Успенский Борис Вадимович

**Аннотация:** В настоящей работе рассмотрены особенности геологического и тектонического строения территории северо-восточного склона Южно-татарского свода (ЮТС). Выявлены благоприятные факторы для формирования скоплений углеводородов на исследуемой территории: наличие положительных структур, наличие пород-коллекторов в отложениях сакмарского яруса, наличие пород-покрышек, обеспечивающих сохранность залежей. Полученные выводы позволяют дать благоприятный прогноз при проведении геолого-разведочных работ на углеводороды в пределах исследуемого района.

**Ключевые слова:** сверхвязкие нефти (СВН), карбонатный коллектор, фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС), нефтяной пласт, южно-татарский свод (ЮТС)

## PROSPECTS OF BITUMEN CONTENT OF SAKMAR DEPOSITS OF THE SOUTH-EAST OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

**Khaziev Radmir Rimovich**

*researcher, laboratory of geological environmental modelling of IPEN AN RT, Kazan  
e-mail:radmir361@mail.ru*

**Fahrutdinov Ilmir Rafailevich**

*associate researcher, laboratory of geological environmental modelling of IPEN AN RT, Kazan*

**Koluzayeva Ksenia Yurievna**

*associate researcher, laboratory of geological environmental modelling of IPEN AN RT, Kazan*

**Scientific supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, headmaster of laboratory geological and  
environmental modeling IPEN AN RT Uspensky Boris Vadimovich

**Annotation:** This paper deals with the features of the geological and tectonic structure of the territory of the north-eastern slope of the South Tatar Vault (STV). Favorable factors have been identified for the formation of hydrocarbon accumulations in the investigated territory: the presence of anticlinal structures, the presence of reservoir rocks in the deposits of the Sakmar strata, the presence of tire-rocks ensuring the safety of deposits. The obtained conclusions allow to give a favorable forecast during geological exploration for hydrocarbons within the investigated area.

**Keywords:** extra-viscous oil (SVO), carbonate collector, filtration-capacitive properties (FCP), oil formation, South Tatar Vault (STV)

Планомерное истощение запасов традиционных (легкоизвлекаемых) нефтей из отложений девонской и каменноугольной системы на территории Татарстана вызывает необходимость ввода в эксплуатацию нетрадиционных углеводородов - сверхвязких нефтей (СВН). Основные продуктивные

горизонты, где сосредоточены запасы СВН числящиеся на Госбалансе, это уфимские (терригенные) и казанские (карбонатные) отложения на территории юго-востока Республики Татарстан[1].

На территории Татарстана уже более 10 лет ведется экспериментальная добыча СВН из отложений уфимского яруса на Ашальчинском месторождении [3]; и с каждым годом наблюдается устойчивая тенденция роста годовой добычи СВН (в настоящее время 4 млн т. в год). Помимо экспериментальной добычи проводится бурение разведочных скважин на перспективных территориях юго-восточного склона Южно-Татарского свода с высоким углеводородным потенциалом (в частности ведется приращение запасов СВН).

Однако, перспективы дальнейших геолого-разведочных работ распространяются также на территорию северо-восточного склона ЮТС, где по данным поискового и разведочного бурения выявлены нефтепроявления в сакмарских отложениях[4].

Как известно, благоприятными факторами для формирования залежей нефти (в том числе и залежей СВН) являются: 1) наличие положительных структур как потенциальных ловушек для скоплений углеводородов (сводов, валов, локальных поднятий); 2) наличие пород-коллекторов -резервуаров для углеводородов; 3) наличие пород-покрышек, сохраняющих залежь от разрушения.

При рассмотрении тектонического строения территории северо-востока ЮТС, видно, что на всей территории имеются линейно-вытянутые в субмеридианальном направлении положительные структуры (рис.1), протяженность которых составляет несколько десятков километров. Одной из перспективных является Муслумовская положительная структура, приуроченная к одноименной разведочной площади.

В 1998-2000 годах на территории Муслумовской площади проводилось бурение скважин с полным отбором керна из отложений нижнепермского отдела, в частности из отложений сакмарского яруса. При рассмотрении образцов керна авторами установлено, что сакмарские отложения представлены карбонатным коллектором с довольно крупными кавернами размером от 1 до 3 мм (рис.2), что позволяет оценить известняки сакмара как потенциальный коллектор для скопления залежей СВН.

Немаловажным фактором при формировании нефтяных залежей является наличие пород-покрышек запечатывающих залежь и препятствующих миграции углеводородов в выше- и нижележащие горизонты. При рассмотрении образцов керна вышележащих отложений артинского яруса, установлено что отложения представлены загипсованными доломитами и известняками (рис. 3). Данные литологические особенности позволяют оценить артинские отложения как потенциальную покрышку при формировании залежей углеводородов.

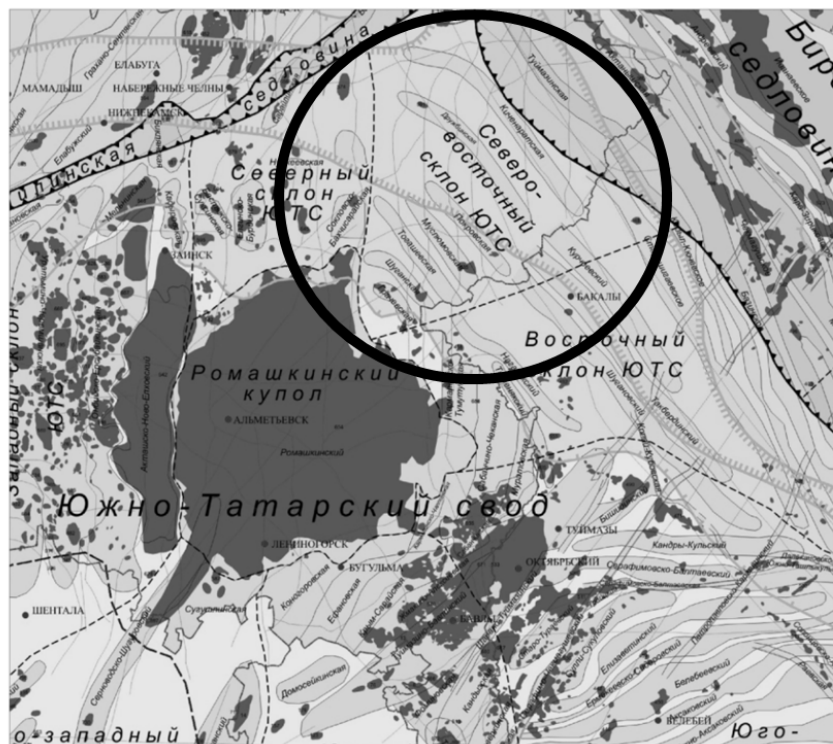


Рис. 1 Фрагмент тектонической карты юго-восточного региона Республики Татарстан(северо-восточный склон отмечен кругом)[2]

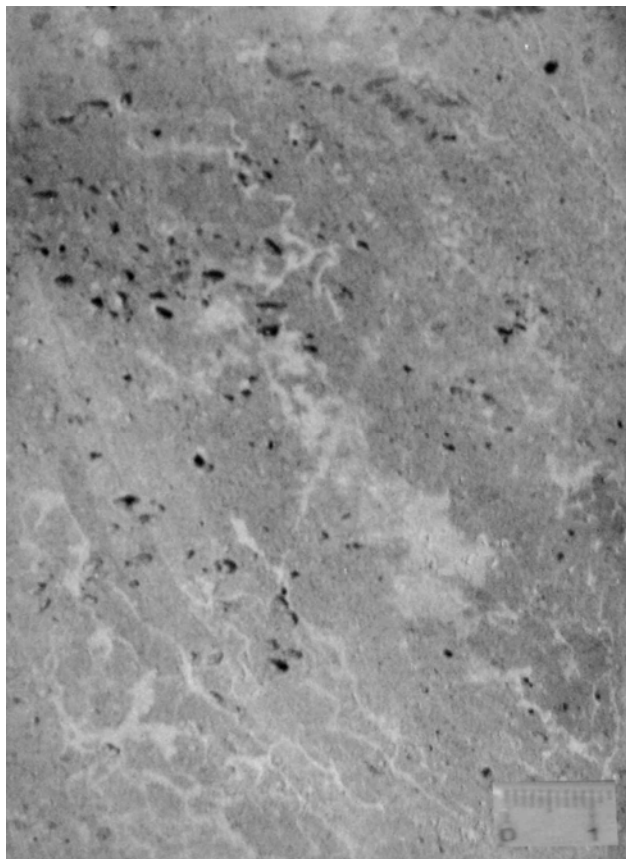


Рис. 2 Фотография образца керна из Сакмарских отложений на территории Муслюмовской площади (на фотографии кавернозный известняк, глубина отбора 223,4 м)

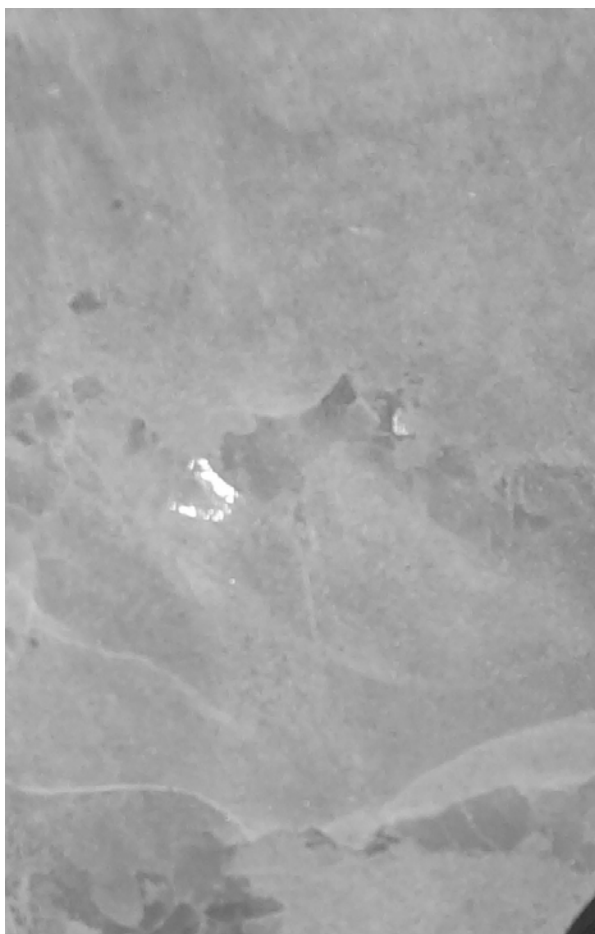


Рис. 3 Фотография образца керна из Артинских отложений на территории Муслюмовской площади (на фоторграфии загипсованный доломит, глубина отбора 159,6 м)

Всего было рассмотрено 3 скважины с отбором керна из нижепермского отдела; все три скважины пробурены на разных участках территории Муслумовской разведочной зоны; и во всех трех случаях наблюдается постоянство литологического состава в отложениях сакмарского и артинского ярусов, что позволяет всю территорию Муслумовской положительной структуры оценить как потенциально перспективную с наличием природного резервуара в нижепермских отложениях.

Следует учесть, что на территории северо-восточного склона ЮТС находятся открытые нефтяные месторождения, где ведется промышленная добыча из продуктивных пластов, приуроченных к отложениям каменноугольной системы. Устойчивая тенденция роста годовой добычи тяжелых и сверхвязких нефтей вызывает необходимость вовлечения в разработку уже открытых месторождений с запасами СВН, а также поиска и открытия новых месторождений на перспективных территориях для приращения запасов. Территорию северо-восточного склона по рассмотренным литологическим и тектоническим особенностям так же можно рассмотреть как потенциально перспективную.

### ***Литература***

1. Вафин Р.Ф., Николаев А.Г., Валеева Р.Д. Породы-коллекторы сверхвязких нефтей уфимского комплекса Большие-Каменского месторождения. // Ученые записки Казанского Государственного университета. Серия: Естественные науки, 152(1), 2010. с. 216-225.
2. Ларочкина И.А. Геологические основы поисков и разведки нефтегазовых месторождений на территории Республики Татарстан, Казань, издательство ООО «ПФ «Гарт», 2008. – 210 с
3. Хазиев Р.Р., Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Анисимова Л.З., Вафин Р.Ф., Салахова М.Ф. Оценка возможности применения технологии SAGD на месторождении СВН Республики Татарстан // Экспозиция нефть газ. – 2018. – №2(62). – С.28-32
4. Хазиев Р.Р., Э.И. Фахрутдинов Э.И., Нургалиева Н.Г. Литохимическая зональность и циклическое строение пермских отложений на северо-восточном склоне Южно-Татарского свода // Георесурсы. - 2015. - 3(62). - С.27-32.

УДК 550.8.05

## **ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ФРАНКО-ТУРНЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ВПАДИНЫ ВОЛГО- УРАЛЬСКОГО НГБ**

***Гумеров Арсен Ранисович***

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, магистрант  
1 года обучения, г. Москва  
e-mail: arsen\_7@list.ru*

***Научный руководитель:*** к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, Сулова Анна Анатольевна

**Аннотация:** В статье рассмотрено и проиллюстрировано на сейсмических профилях геологическое строение франко-турнейских отложений Благовещенской впадины. Представлена карта, на которой выделены наиболее перспективные зоны с точки зрения нефтегазоносности.

**Ключевые слова:** Волго-Уральский бассейн, Благовещенская впадина, верхнедевонские отложения, рифы, проградационные тела.

## **OIL AND GAS PROSPECTS OF THE FRANSIAN-TOURNAISIAN DE- POSITS OF THE BLAGOVESHCHENSK DEPRESSION OF THE VOLGA- URAL BASIN**

***Arsen Gumerov***

*Lomonosov Moscow State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Moscow  
e-mail: arsen\_7@list.ru*

***Research Supervisor:*** Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Lecturer, Anna Suslova

**Abstract:** The geological structure of the fransian-tournaisian sediments of the Blagoveshchensk depression is considered and illustrated on seismic profiles in the article. A thickness map is presented on which promising zones are identified from the point of view of oil and gas potential.

**Keywords:** Volgo-Ural basin, Blagoveshchensk depression, Upper Devonian deposits, reefs, progradational wedge.

В последние годы запасы нефти в традиционных резервуарах Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (НГБ) стабильно сокращаются. Практически весь фонд традиционных ловушек, представленный пластовыми сводовыми залежами антиклинального типа находится на завершающих стадиях разработки. Актуальной становится задача восполнения или прироста запасов нефти за счет выявления новых перспективных поисковых объектов, сформированных стратиграфическим, тектоническим или литологическим фактором. Одними из таких объектов в данном регионе являются органические постройки позднедевонского возраста. Известно, что среднефранско-турнейская толща характеризуется сложным строением, следовательно, необходимы новые подходы к ее изучению. В данной статье прогноз нефтегазоносности основан на изучении геологического строения и анализе условий формирования исследуемого комплекса.

Формирование франско-турнейского комплекса происходило в различных палеофациальных условиях (рис. 1) и связано с развитием Камско-Кинельской системой некомпенсированных прогибов (ККСП). Начиная со среднефранского времени осадконакопление происходило в прибрежной лагуне, на мелководно-морском шельфе, на карбонатной платформе, в области склона, а также в зоне относительно глубоководного шельфа. Следовательно, каждой палеогеографической зоне соответствует собственная ассоциация пород.

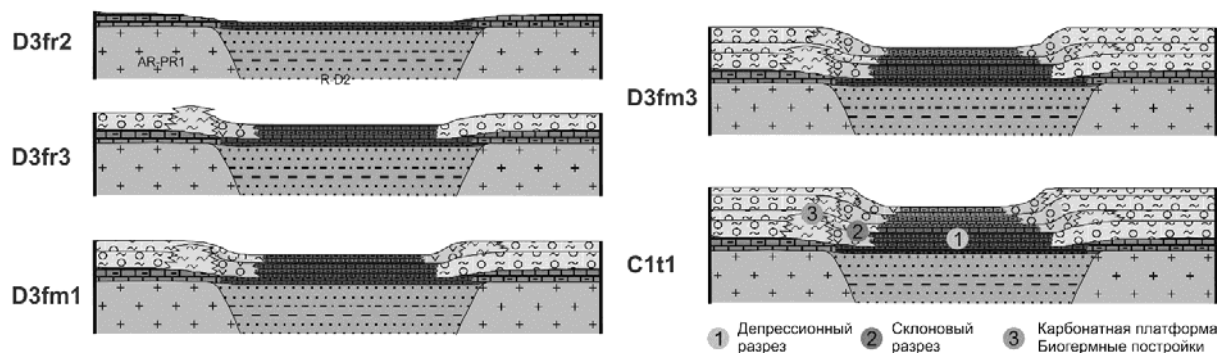


Рис. 1. Схема условий формирования среднефранско-турнейского комплекса (по данным Ступаковой А.В. с дополнениями автора)

Разрез мелководно-морского шельфа, как правило, характеризуется известняками биотурбированными, с биокластами одиночных кораллов и прослоями водорослевых известняков.

Склоновый тип разреза представлен обломочными разностями – это интракластовые брекчии и обломочные известняки. Также, отмечаются интервалы чередования известняков со смешанными керогеново-карбонатно-кремнистыми породами.

Депрессионные отложения представлены чередованием керогеново-карбонатно-кремнистых пород и известняков, обладающих, как правило, высоким генерационным потенциалом.

В бортовых частях впадин получили широкое развитие одиночные органические постройки.

Формирование сложных ловушек также связано с историей палеотектонического и палеогеографического развития. Помимо накопления высоко углеродистых формаций, данный комплекс характеризуется широким развитием органических построек, включая как барьерные и одиночные рифы, так и шельфовые биогермы и биостромы [1]. Данные тела могут характеризоваться средними и хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) и, при наличии покрывки, представлять собой интересные природные резервуары. Распространение органических построек в пространстве связано с бортами палеопрогибов. Данные области представляют наибольший интерес с точки зрения нефтегазоносности, т.к. они находятся в непосредственной близости с зоной развития нефтематеринских пород.

Таким образом, при поисковых работах важно учитывать палеогеоморфологический и палеогеографический факторы.

В районе Благовещенской впадины Волго-Уральского НГБ на сейсмических 2D профилях были отмечены характерные особенности строения верхнедевонско-раннекаменноугольного комплекса:



прогибы, склоны, отличающиеся своим строением и наличием проградационных структур, а также множество одиночных рифов.

В данном районе открыто несколько месторождений в рифах исследуемого комплекса. Органогенные образования имеют поверхности размыва, которые несогласно перекрываются слабопроницаемыми породами визейского возраста, и формируют небольшие ловушки. Подобная залежь в Благовещенской впадине характеризует Шакшинское месторождение, а Ново-Узыбашевское нефтяное месторождение представлено тремя верхнефранско-фаменскими рифами, достигающими в длину 7 км при ширине 2 км [4]. Данное месторождение в тектоническом отношении приурочено к бортовой части Актаныш-Чишминского прогиба ККСП.

На сейсмических 2D профилях в пределах юго-западной части Благовещенской впадины отмечается множество предполагаемых рифовых построек (рис. 2). В основном это одиночные тела, высота которых в редких случаях достигает 100 м.

На сеймопрофилях данные объекты были выделены по следующим критериям: заметное ухудшение корреляции отражающих горизонтов внутри рифогенной постройки при переходе от нерифового разреза, в зонах, расположенных под рифом, часто отмечается плохая корреляция отражающих горизонтов, аномальное увеличение скорости прохождения сейсмических волн на границе рифового тела и вмещающих пород, а также изменение как скоростной, так и частотной характеристик в теле рифа по отношению к вмещающим толщам [3].

Одиночные органогенные постройки в данном районе разновозрастные, они начали свое развитие преимущественно в позднефранское время и развивались включительно до турнейского времени. На представленном ниже сейсмическом профиле наглядно прослеживается эволюция развития и возраст таких построек. На профиле 1007s002 определяется относительно крупный одиночный риф, который начал свое развитие в бортовой зоне впадины. От этого рифа по направлению к погруженной части прослеживаются проградационные тела, вероятно, являющиеся его обломочным шлейфом. Образованные клиноформные структуры сокращают площадь депрессионной части, тем самым смещают бортовую зону в сторону впадины. Далее, на смещенной бровке начинает свое развитие более молодое органогенное тело. Таким образом, происходит латеральная миграция рифовых построек с их омоложением в сторону депрессионной части (рис. 3).

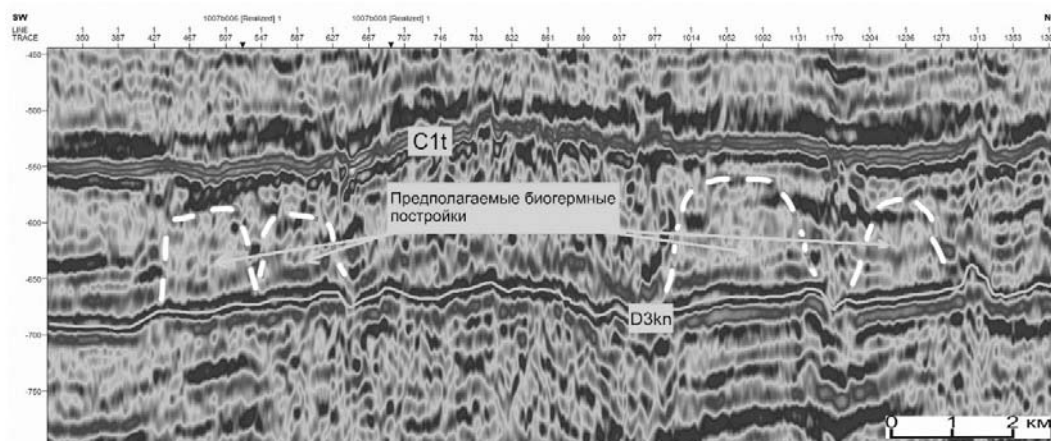


Рис. 2. Сейсмический профиль 1007b005 с выделенным интервалом D3kn-C1t и отмеченными предполагаемыми рифовыми постройками

Помимо органогенных построек, на склонах получили развитие различные по масштабам клиноформные тела. В плане проградационные тела окаймляют органогенные постройки со стороны впадины, по направлению к центральным частям которых отмечается омоложение клиноформ. По отношению к тренду развития рифов по бортам склонов, карбонатные конуса выноса располагаются ортогонально. Источником материала для формирования данных тел являются карбонатные породы, накапливающиеся в более мелководных зонах, а также органогенные постройки, попавшие в зону активной деятельности абразионных процессов в следствии изменения уровня моря. Именно поэтому на сеймопрофилях часто наблюдается следующая последовательность: рифогенная постройка и протягивающийся от нее пострифогенный шлейф карбонатных обломков. Области развития проградационных тел разномасштабные – в ширину могут достигать 60-100 км. Более молодые клиноформы характеризуются существенно более узкими областями развития и достигают в ширину лишь первые километры. Такие небольшие тела являются структурно-литологическими ловушками и самостоя-

тельными объектами для поисковых работ. Также отмечается, что как правило, показания пористости и насыщения флюидом в пределах обломочного шлейфа выше, чем в теле самой органогенной постройки. Именно поэтому карбонатные обломочные шлейфы являются достаточно перспективными объектами для поиска, но пока слабо изученными по причине своего очень сложного строения, изучение которого требует использование большого комплекса методов [2]. Данные структуры, как правило, хорошо отображаются на сейсмических профилях (рис. 3).

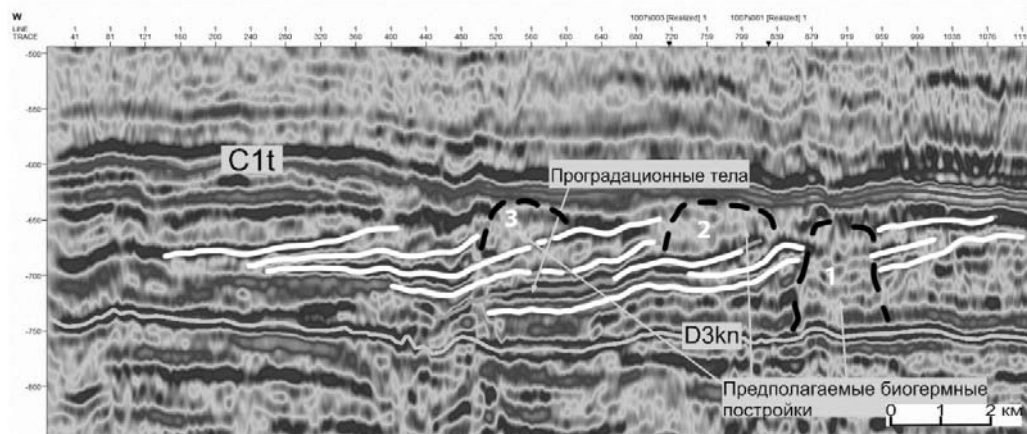


Рис. 3. Сейсмический профиль 1007s002 с выделенным интервалом D3kn-C1t и отмеченными предполагаемыми рифовыми постройками и проградационными телами. 1 – наиболее древний риф, 2 и 3 – соответственно более молодые

Для характеристики обстановок осадконакопления в позднедевонское время построены карты мощностей. На карте толщин интервала D3fm-D3kn депрессионным впадинам соответствуют области с наименьшими мощностями. Склоновые области находятся по периферии депрессий, характеризуются увеличивающейся мощностью и, как правило, более близким расположением изопахит. Мелководно-морской шельф на данной карте соответствует зоне максимальных толщин. Рифы, главным образом, связаны с бортовыми частями. На основе карты толщин D3fm-D3kn построена схема палеофациальных обстановок для данного интервала (рис.4).

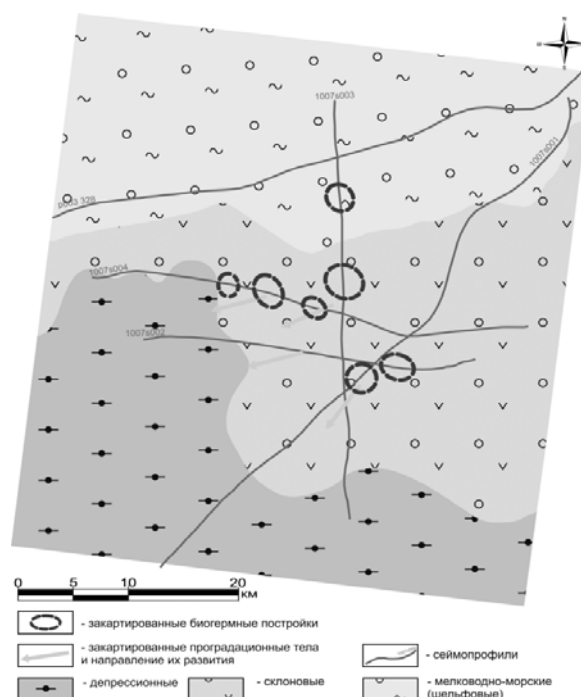


Рис. 4. Палеофациальная карта интервала D3f2-D3fm с отмеченными органогенными постройками и направлениями развития проградационных тел

Оценка перспектив нефтегазоносности среднефранско-турнейских отложений Благовещенской впадины Волго-Уральского НГБ проведена на основе доступной информации об открытых месторождениях в данном комплексе, а также благодаря найденными и закартированным рифам и програ-

дационным телам, которые предполагают развитие генетически однотипных ловушек в едином комплексе, с учетом всех закономерностей их развития и палеофациальных условий. К тому же, принимая во внимание наличие материнских толщ, способных генерировать углеводородные флюиды [5], можно определить наиболее перспективные объекты с точки зрения нефтегазоносности и повысить эффективность геологоразведочных работ.

### *Литература*

1. Амельченко Н. Б. Зоны нефтенакпления и типы ловушек нефти в верхнедевонско-турнейском карбонатном нефтегазоносном комплексе Башкортостана //Мат. научно-технической конф. молодых ученых и специалистов БашНИПИнефть. Уфа. – 1995. – С. 4-5.
2. Волков Д. С. Особенности и методы изучения геологического строения верхнедевонско-каменноугольных отложений северо-востока Республики Татарстан и поиск органогенных построек в осевой зоне Камско-Кинельской системы прогибов. – 2008.
3. Вязовкина А. О., Гусев В. В. Повышение эффективности геологоразведочных работ путем комплексного анализа геологических особенностей рифогенных залежей франско-фаменского возраста и их флюидоупоров //Экспозиция Нефть Газ. – 2018. – №. 6 (66).
4. Лозин Е.В. Атлас нефтяных и газовых месторождений, разрабатываемых ПАО АНК «Башнефть». - Уфа, БашНИПИнефть, 2015. С. 270.
5. Ступакова А. В. и др. Поисковые критерии нефти и газа в доманиковых отложениях Волго-Уральского бассейна //Георесурсы. – 2015. – №. 2 (61).

УДК: 551.83

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА FAULT-PARALLEL-FLOW ПРИ ПАЛИНСПАСТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВЫХ ЗОН**

**Красильников Виталий Павлович**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Ассистент кафедры региональной и нефтегазовой геологии геологического факультета, г. Пермь  
e-mail: trait969@gmail.com*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Карасева Татьяна Владимировна

**Аннотация:** На фоне постепенного оскудения реализуемых месторождений нефти и газа все более остро встает вопрос поиска новых районов нефтегазоносности. Складчато-надвиговые области потенциально могут стать теми самыми перспективными территориями. Однако ввиду сложного строения, исследования данных зон сопровождается известными трудностями. Для наиболее точного и детального анализа необходимо подключать не только широко признанные методы ГРП, но и математические модели реконструкций пространственно-временных изменений. Одним из таких приоритетных методов можно считать алгоритм Fault-Parallel-Flow.

**Ключевые слова:** кинематическое моделирование, палинспастические реконструкции, складчато-надвиговые зоны, надвиги, углеводороды, нефтегазоносность, Fault-Parallel-Flow.

## **PROSPECTS OF APPLICATION OF THE FAULT-PARALLEL-FLOW ALGORITHM FOR PALINSPASTIC RECONSTRUCTIONS OF FOLDED-THRUST ZONES**

**Vitaly Krasilnikov**

*Perm State National Research University, Assistant Lecturer of the Department of Regional and Petroleum Geology, Geological Faculty, city Perm  
e-mail: trait969@gmail.com*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Karaseva Tatyana

**Abstract:** Against the background of the gradual impoverishment of realized oil and gas fields, the issue of searching for new areas of oil and gas potential is becoming more acute. Folded-thrust areas can potentially become the most promising areas. However, due to the complex structure, the study of these zones is accompanied by certain difficulties. For the most accurate and detailed analysis, it is necessary to connect not only widely recognized GGR methods, but also mathematical models of reconstructions of space-time changes. One of these priority methods is the Fault-Parallel-Flow algorithm.

**Keywords:** kinematic modeling, palinspastic reconstructions, fold-thrust zones, thrusts, hydrocarbons, oil and gas, Fault-Parallel-Flow.

Земная кора представляет из себя сложно дисциплинированную систему, состоящую из огромного количества компонентов. Исходя из общего представления о системе как о определенном множестве взаимосвязанных элементов, образующих устойчивое единство и целостность, можно закономерно утверждать что наиболее достоверное изучение форм залегания тел горных пород, расположение месторождений полезных ископаемых и многое другое, невозможно без восстановления их взаимосвязей, переходов между ними и пространственно-временных изменений. [1]

Актуальность историко-геологической модели высока и в вопросах поиска месторождений углеводородов и оценке перспектив нефтегазоносности исследуемых районов. Данная модель может строиться благодаря большому количеству методов и алгоритмов на основании литолого-фациального, палеогеографического анализов, материалов сейсморазведки, данных ГИС и другой информации. Однако существует проблематика того, что на данный момент основные массивы геологических исследований проводятся на этапах поиска и разведки в районах отдельных участков добычи нефти и газа, что не способно сформировать целостную картину потенциала региона. К тому же основные приемы исследований, такие как палеорекострукции структурных карт и сейсмических разрезов, анализ мощностей седиментационных тел и многое другое, эффективны для регионов с относительно простым строением, в ситуации же изучения территорий с более сложным геологическим строением, таких как передовые прогибы и складчато-надвиговые зоны актуальность использования данных методов сильно снижается. [2]

В то же время ГРП других стран, таких как США, Венесуэла, Ирак, Сирия указывают на перспективность нефтегазоносности в зонах складчато-надвигового строения. Исходя из этого, вопрос поиска наиболее продуктивных методов для изучения регионов со сложной структурой становится все более приоритетным. [3]

Наиболее оптимальным методом для решения возникшей проблемы можно считать использование палинспастических реконструкций складчато-надвиговых зон. Однако классические методы палинспастических реконструкций, такие как: метод «аппликаций» и метод «сдвигек» обладают рядом недостатков, основным из которых является высокая доля субъективности, что не позволяет использовать их при ситуациях, в которых необходима высокая точность и детальность полученных данных. [4].

Таким образом возникает необходимость использования метода, базирующегося на строгих методах математического анализа, что будет гарантировать высокую достоверность получаемых результатов. Одним из наиболее приоритетных способов решения данной проблемы следует считать использование алгоритма Fault-Parallel-Flow, разработанного компанией Midland Valley Exploration Ltd в сотрудничестве с Кильским университетом [5]

Основным постулатом данного алгоритма является мысль о том, что все материальные объекты внутри висячего блока движутся параллельно поверхности разлома, по виртуальным путям потока (рис.1). Это теоретически применимо к большому диапазону геометрий разломов.

Линия может быть представлена любой материальной направляющей, будь то линия складко-осевой плоскости или длинная ось ископаемого объекта. Если два участка разлома определяются углами  $\theta_1$  и  $\theta_2$  (относительно вертикали), то  $\eta$  равняется биссектрисе. Изменение углов траектории потока напрямую зависит от изменения угла поверхности разлома; различные области потока делятся на дефлектор потока (fd), который делит пополам угол вершины изгиба разлома ( $2\eta$ ). Материальная линия – это отсечка по разлому под углом  $\alpha$ . Для каждого узла на линии существует соответствующий путь потока параллельный разлому. Длина линии до и после деформации равна  $l_0$  и  $l_1$ , соответственно. Также важно различать выпуклый и вогнутый изгибы разлома, так как это в значительной мере изменяет геометрию потока, а следовательно и характеристику движения. Линия укорачивается, если изгиб разлома вогнутый (при  $\eta < 90^\circ$ ) и удлиняется если изгиб разлома выпуклый (при  $\eta > 90^\circ$ ). Более высокие углы изгиба разлома вызывают большее удлинение, изменение толщины слоя и деформацию (рис. 2). Для большей точности алгоритма Fault-Parallel-Flow результаты деформационно-

го кинематического геометрического моделирования должны быть сопоставлены со значениями коэффициента естественной деформации, предпочтительно из самой рассматриваемой структуры, либо обнажения или скважины. Геометрия плоскости разлома является решающим фактором в создании деформации в висячем блоке. По мере того как изменяется угол расщечения  $\eta$ , изменяется и деформация висячего блока (рис.3) [6].

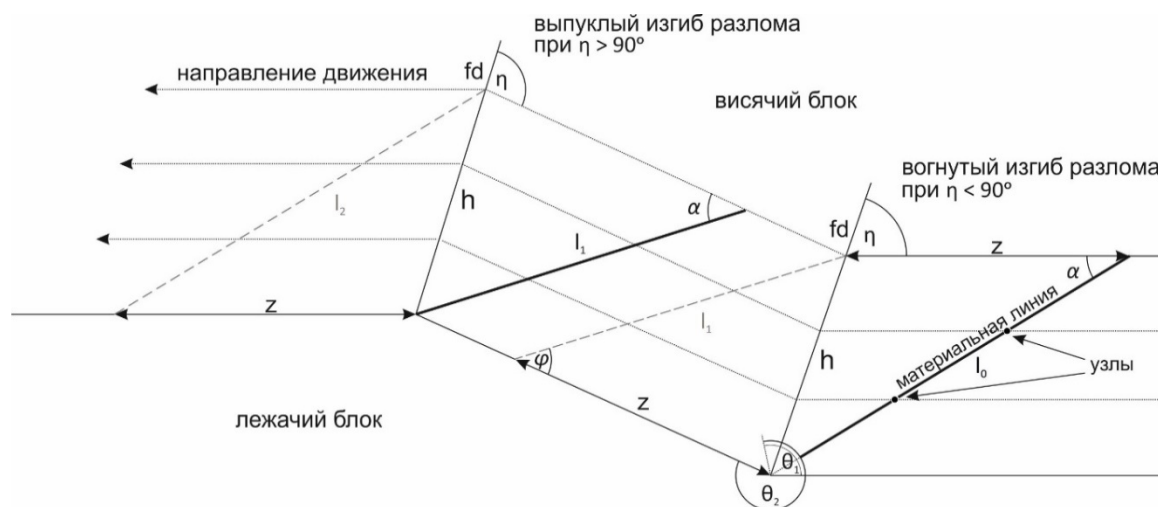


Рис. 1. Схематическое изображение линии, проходящей через параллельный разлому поток по плоскости кривой

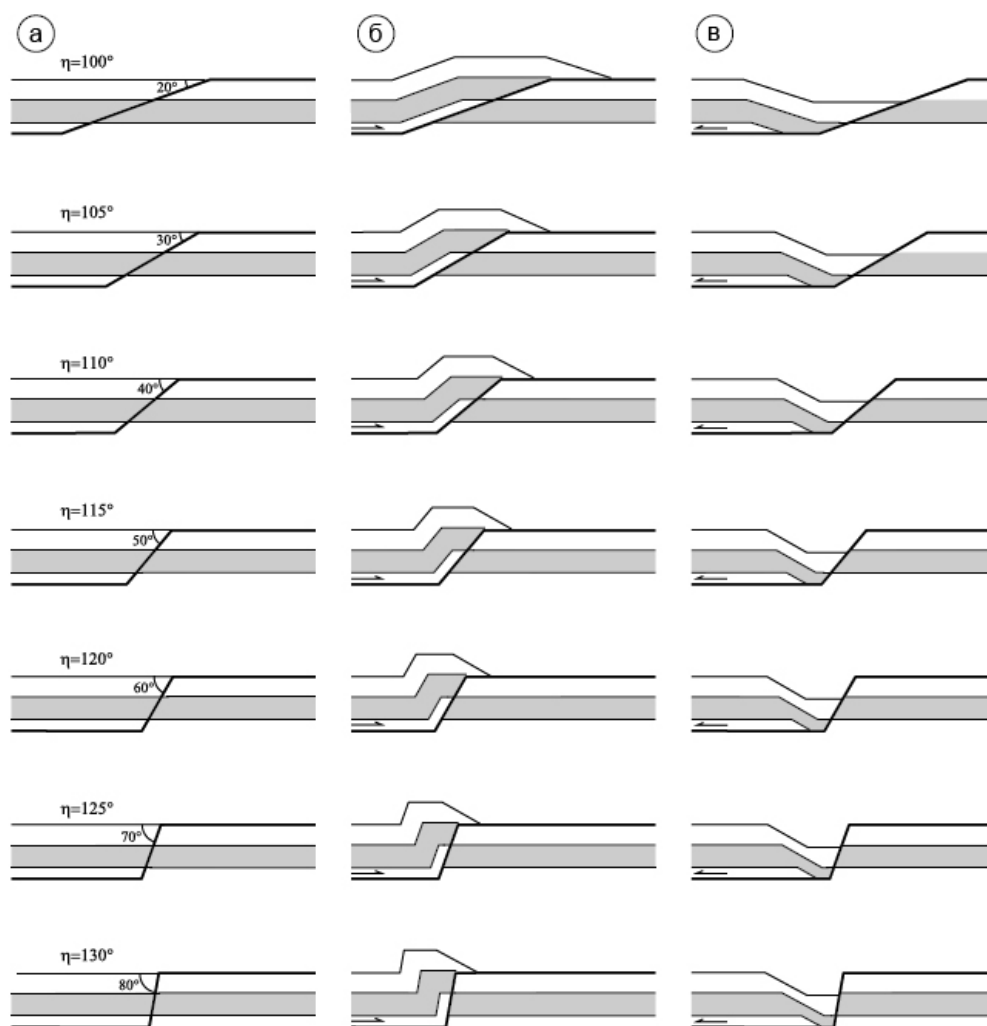


Рис. 2. Схематическое изображение слоев, деформированных алгоритмом Fault-Parallel-Flow для: а – углов  $\eta$  между 100° и 130°, б – сжатия, в – растяжения

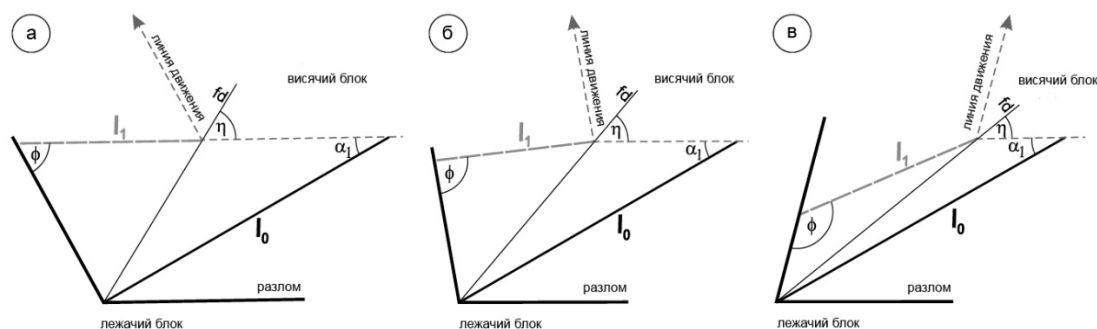


Рис. 3. Увеличение длины  $l_1$  в зависимости от изменения  $\eta$ , для случаев когда: а –  $\eta = 60^\circ$ ; б –  $\eta = 50^\circ$ ; в –  $\eta = 40^\circ$

Таким образом, грамотное использование всего потенциала алгоритма Fault-Parallel-Flow обеспечивает детальное и точное исследование, а также моделирование пространственно-временных изменений зон со сложным строением. Дополнительную актуальность алгоритму Fault-Parallel-Flow обеспечивает способность определять деформацию вокруг разлома путем восстановления изначального положения исследуемых слоев, что в свою очередь является косвенным показателем пористости, вызванной разрушением и по итогу позволит идентифицировать области повышенной и пониженной пористости, что характерно для пород коллекторов и покрышек соответственно, а это в свою очередь является важным аспектом при поиске нефти и газа.

#### Литература:

1. Волкова, В.Н. Основы теории систем и системного анализа : учебник для вузов / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 3-е изд. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2003.
2. Мунасыпов Н. З. Компьютерное структурно-тектоническое моделирование в пакете Paradigm TM GeoSec R для контроля качества интерпретации сейсмических данных // Технологии сейсморазведки. 2010. №2. С 49-54.
3. Соборнов К. О. Возможности наращивания ресурсной базы газодобычи в складчатых поясах России // Вести газовой науки. 2014. №3(19). С. 56-61
4. Юдин В. В. Послойные срывы в чехле востока Печерской плиты – возможный объект поиска углеводородов // Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР. 1985. Вып. 52. С. 38-45
5. Egan SS, Buddin TS, Kane SJ, Williams GD. Three-dimensional modelling and visualisation in structural geology: New techniques for the restoration and balancing of volumes. Proceedings of the 1996 geoscience information group conference on geological visualization // Electron Geology. 1997. №1. С. 67–82
6. Ziesch J, Krawczyk CM., Tanner DC. Strain Associated with the Fault-Parallel Flow Algorithm During Kinematic Fault Displacement // Mathematical geosciences. 2013. №46(1). С. 59-73

УДК 553.98:622.06

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА

Калимуллин Айдар Альбертович

Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2 года обучения,  
г. Казань,

e-mail: calimullin\_aidar@mail.ru

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Мухаметишин Рустам Закиевич

**Аннотация:** Проанализированы особенности строения и нефтеносности месторождений УВС западного склона Южно-Татарского свода. Совпадение структурных планов разновозрастных отложений «верхних» продуктивных горизонтов (регионально нефтеносные позволяет обоснованно подойти к использованию технологии одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) объектов разработки не только одного и того же подкомплекса, но и разных нефтегазоносных комплексов. Рассмотрен опыт применения ОРЭ на месторождениях высоковязкой нефти Татарстана и выполнена оценка эффективности видов этой технологии.

**Ключевые слова:** Одновременно-раздельная эксплуатация, высоковязкая нефть, оценка эффективности, однолифтовая установка, продуктивный горизонт, западный склон Южно-Татарского свода.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SIMULTANEOUS- LY-SEPARATE OPERATION TECHNOLOGY AT THE DEPOSITS OF THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTH TATAR DOME

*Kalimullin Aidar*

*Kazan (Volga region) federal university, 2nd Master's Degree Student,  
Kazan city,*

*e-mail: calimullin\_aidar@mail.ru*

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, professor Mukhametshin Rustam*

**Abstract:** The structural and oil features of the hydrocarbon deposits of the western slope of the South Tatar dome are analyzed. The coincidence of the structural plans of deposits of different ages of “upper” productive horizons (regional oil-bearing allows us to reasonably approach the use of technology for simultaneous and separate operation (SSO) of the development objects of not only the same subcomplex, but also different oil and gas complexes. The experience of using the SSO in oil fields of Tatarstan is considered and an analysis of the effectiveness of the types of this technology.

**Keywords:** Simultaneous and separate operation, high viscosity oil, single-lift installation, productive horizon, western slope of the South Tatar arch.

**Особенности геологического строения.** Небольшие месторождения, которых в Татарстане насчитываются более 130 и которые большей частью выявлены на западном склоне Южно-Татарского свода (ЮТС) и прилегающей части Мелекесской впадины многопластовые и многообъектные. Большая часть запасов (около 60 %) приурочена (Р.С. Хисамов и др., 2006) к регионально нефтеносным карбонатным пластам нижнего (турнейский ярус) и среднего (башкирский ярус и верейский горизонт) карбона, залегающим на глубинах 980-1100 м и 680-760 м соответственно. Карбонатные коллекторы данных так называемых верхних горизонтов с низкой либо пониженной пористостью и проницаемостью насыщены преимущественно высоковязкой нефтью (от 30 до 530 мПа·с) это обусловило низкую продуктивность эксплуатирующих карбонатные пласты скважин. Значительная часть запасов приурочена также к пластам терригенной толщи нижнего карбона (ТТНК), которые в республике являются вторыми по значимости объектом разработки. Пласты ТТНК, как правило, представлены алевропесчаниками небольшой толщины, каждый из которых обычно до 2-3 м, однако в зонах развития эрозионных врезов появляются дополнительные продуктивные пласты слабосцементированных песчаников увеличенной толщины с высокими фильтрационно-емкостными свойствами. В верхней, каменноугольной части разреза общее число пластов-коллекторов достигает 10 и более, что обусловлено еще и тем, что представляемые ранее залежи нефти в отложениях турнейского и башкирского ярусов как массивные, как показали дополнительные исследования [6], на самом деле являются объектами двух- или даже трехпластовыми, при этом их фильтрационно-емкостные свойства могут иметь значительные отличия.

Характерной чертой залежей нефти в верхних горизонтах является их почти полное плановое совпадение (обычно в пределах структур III-го порядка), что уже само по себе делает прогноз применения технологии одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) весьма благоприятным. Этому способствует также наличие регионально выдержанных разделов между продуктивными горизонтами. Так, в нижнем карбоне пласты нижнего и верхнего турне разделяются как минимум пачкой 2-3 м глинистых известняков, а верхнего турне и радаевско-бобриковского горизонтов - аргиллитами косьвинского горизонта толщиной 2-4 м. Между последними и залегающими выше пластами тульского горизонта аргиллитов и глинистых алевролитов – мощностью до 10 м. В зонах эрозионного размыва карбонатов турнейского яруса в разрезах скважин полностью отсутствуют образования косьвинского



горизонта, и коллекторы радаевско-бобриковского возраста непосредственно залегают на отложениях турнейского яруса, что обуславливает гидродинамическую связь между вмещающими карбонатами и выполняющими врез песчаниками. [4,7] С разрезами эрозионного типа связано как наибольшее число пластов (до 4-5 и более), так и их максимальная суммарная эффективная толщина (до 33-37 м и даже более) [2,4-5,7]. В среднекаменноугольном комплексе карбонатные пласты-коллекторы башкирского яруса и верейского горизонта разделяются, как правило, пачкой плотных строматолитовых известняков башкирского яруса до 3-5 м и глинистыми известняками верейского горизонта мощностью до 4-6 м.

Ввиду многоэтажности и многопластовости месторождения высоковязкой нефти рассматриваемой территории, содержащие продуктивные пласты с существенно отличающимися друг от друга коллекторскими характеристиками, послужили своеобразным полигоном для проведения исследований и анализа результатов технологии применения ОРЭ.

**История возникновения технологии одновременно-раздельной эксплуатации.** Основной целью использования ОРЭ является повышение технико-экономической эффективности разработки при совмещении эксплуатационных объектов и осуществления при этом посредством специального оборудования контроля и регулирования процесса отбора запасов раздельно по каждому объекту. Применение технологий ОРЭ двух объектов позволяет существенно улучшить расходы на добычу нефти; по каждому пласту вести раздельный учет добычи нефти; на открытых месторождениях позволяет сократить капитальные вложения на бурение. Техника и технология одновременно раздельной эксплуатации дают возможность формирования сеток скважин, обеспечивающей рациональную добычу всех пластов с высоковязкой нефтью многопластового объекта [9].

К 1970 г. были разработаны основные схемы ОРЭ (ОРД и ОРЗ) для работы в двух пластах, вскрытых одной скважиной: «фонтан-фонтан», «фонтан-насос», «насос-фонтан», «насос-насос», «газлифт-газлифт», «закачка-закачка», «закачка-отбор», «отбор-закачка» [3]. Принципы и критерии и подбора скважин под рассматриваемые модификации технологии детально рассмотрены в работах [2,3].

Технология ОРЭ имеет множество схем применения, их использование зависит от технических (условия эксплуатации скважины) и природных (геологических) факторов. Как известно, условия эксплуатации (величина газового фактора, содержание газового конденсата, уровень пластовых давлений и температур, состав добываемой или закачиваемой продукции, наличие агрессивных примесей, песка, парафина, минеральных солей и т.д.) влияют на конструктивные особенности установок и технологические схемы одновременно-раздельной эксплуатации скважины.

Основной предпосылкой применения ОРЭ является существенное различие геолого-физических параметров залежей (продуктивных горизонтов). Важным геологическим критерием применимости ОРЭ является также разница отметок кровли пластов: при незначительной разнице глубины залегания объектов целесообразность этой технологии возрастает. Проницаемость пластов, предусмотренных для скважин с точки зрения целесообразности применения ОРЭ, должна различаться не менее чем на 20 % [1].

**Анализ эффективности одновременно-раздельной эксплуатации скважин на месторождениях высоковязкой нефти Татарстана.** Исследование динамики технологических показателей разработки многопластовых объектов с использованием оборудования ОРЭ особенно актуально при изучении комплексного воздействия на каждый пласт. Для этого добывающие скважины оборудуются установками для одновременно раздельной добычи (ОРД); нагнетательные – установками для одновременно-раздельной закачки (ОРЗ). В ПАО «Татнефть» по состоянию на 01.01.2015 г. всего эксплуатируются с оборудованием ОРД 1508 скважин, с ОРЗ – 659 скважин [8]. Динамика ввода скважин с оборудованием ОРД и ОРЗ по годам показана на рис. 1.

Суммарная дополнительная добыча по всем скважинам с ОРД с начала эксплуатации установок составила около 7 млн т-нефти, средний прирост дебита по 23 ?нефти на одну скважину составил 3,6 т/сут. Накопленная дополнительная добыча за счет внедрения оборудования ОРД и ОРЗ составила около 8,4 млн т нефти, при этом количество работающих скважин с данными технологиями составляет 2486 ед. [8]



Рис. 1. Динамика прироста дебита и накопленной добычи нефти по скважинам с ОРД в ПАО «Татнефть»[8]

В качестве также одного из наглядных примеров можно привести Мартовский участок Соколкинского месторождения, где для ОРЭ в целом низкопродуктивных карбонатных пластов, или частей турнейского яруса, выбраны скважины №№ 5272 и 5294, в которых к пластам верхнего и нижнего турне соответственно приобщены упинско-малевские и кизеловско-черепетские пласты (рис. 2).

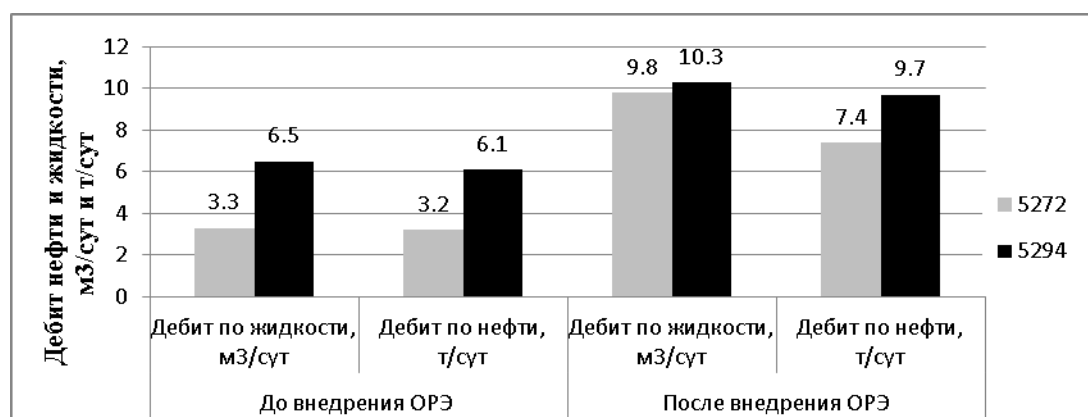


Рис. 2. Показатели работы скважин Соколкинского месторождения до и после внедрения ОРЭ

Из рисунка видно, что после внедрения ОРЭ существенно увеличился дебит по нефти — 7,4 т/сут на скважине № 5272 и 9,7 т/сут на скважине № 5294. В целом внедрение ОРЭ на этих скважинах дало положительный результат, суммарный прирост дебита нефти по двум скважинам составил 7,8 т/сут. Таким образом, в результате анализа эффективности внедрения технологии ОРЭ максимальный прирост дебита нефти (+ 4,2 т/сут) ожидаемо получен на скважине № 5272, поскольку продуктивность упинско-малевских пластов существенно выше [6]. Суммарный прирост дебита нефти по двум скважинам составил 7,8 т/сут. Дополнительная добыча нефти за первые 12 месяцев их эксплуатации 2321 т.

Применяемое оборудование ОРЭ для пластов турнейского яруса и тульского горизонта использовалась установка однотипная – ЭЦН+ШГН. Выбор объясняется возможностью данной установки добычи продукции верхнего горизонта штанговым насосом.

Таким образом, оборудование для ОРЭ пластов в первую очередь должно применяться для эффективного регулирования разработки залежей (объектов) многоярусных месторождений нефти. Кроме того, рекомендуется [8] использование оборудования ОРЭ при эксплуатации многозабойных горизонтальных скважин (МЗГС) и подбирать оборудование в зависимости от режимов их работы.

**Выводы.** На западном склоне Южно-Татарского свода и прилегающей территории Меллекесской впадины месторождения содержат в «верхних горизонтах» малопродуктивные объекты с высо-

ковязкой нефтью, эксплуатация которых общим фильтром неизбежно приведет в итоге к сокращению конечной нефтеотдачи (Р.Х. Муслимов, Р.Г. Абдулмазитов, 1987), равно как и вынужденное в силу обычно невысокой плотности запасов по отдельно взятому объекту применение недостаточно плотных сеток скважин. Техничко-экономические показатели при эксплуатации многоэтажных и многопластовых месторождений в условиях пластовых систем с высоковязкой нефтью существенно могут улучшиться именно с применением технологии ОРЭ.

Реализация технологии ОРЭ способствует оптимизации системы разработки на всех этапах эксплуатации многоэтажных месторождений с резко различающимися ФЕС эксплуатационных объектов, что повышает эффективность освоения месторождений углеводородного сырья при минимальных затратах средств и времени.

Расширение области применения технологии ОРЭ на месторождения высоковязкой нефти позволит и в дальнейшем вести эффективную эксплуатацию скважин и залежей, обеспечивая поддержание пластового давления и сокращение затрат – капитальных на строительство новых скважин и эксплуатационных при добыче нефти. Обычно для данных условий целесообразно применение однолифтовых ОРЭ.

### **Литература**

1. Гарифов К.М. Рекомендации по выбору скважин для одновременно-раздельной эксплуатации двух объектов. – Бугульма, ТатНИПИнефть, 2005. 32 с.
2. Делёв А.Н., Ахметов А.Н., Мухаметшин Р.З., Шарипов Б.Р. Совершенствование системы разработки сложнопостроенных залежей нефти и технологии их эксплуатации // Георесурсы. № 3(62) Т. 1. 2015. С. 36-41.
3. Ивановский В.И. Одновременно-раздельная эксплуатация и «интеллектуализация» скважин: вчера, сегодня, завтра // Инженерная практика. 2010. № 1. С. 4-15.
4. Мухаметшин Р.З. Геологические основы эффективного освоения и извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти.: автореф. дисс. ... д-ра геол.-минер. наук. М., 2006. 51 с.
5. Мухаметшин Р.З., Булыгина Н.Ф., Горюнова С.М. Корреляция продуктивных пластов терригенной толщи нижнего карбона в зонах эрозионных врезов // Тр. ТатНИПИнефть. Вып. 56. Бугульма, 1985. С. 79–86.
6. Мухаметшин Р.З., Назмеев Т.Г., Камалетдинова Д.И. Повышение эффективности разработки массивно-пластовых залежей вязкой нефти в карбонатных коллекторах // Особенности разведки и разработки месторождений нетрадиционных углеводородов: матер. Междунар. науч.-практич. конфер. Казань: Изд-во «Ихлас», 2015. С. 101-103.
7. Мухаметшин Р.З., Рамазанов Р.Г., Сулейманов Э.И. Влияние латеральной гидродинамической связи между залежами турнейского и визейского ярусов на их разработку // Геология нефти и газа. 1985. № 3. С. 36-40.
8. Петров В.Н., Исследования способов выработки запасов нефти из неоднородных и сложнопостроенных коллекторов для различных систем размещения скважин: на примере нефтяных месторождений Республики Татарстан: дисс. ... канд. техн. наук. Бугульма, 2016. 165 с.
9. Хисамов Р.С., Евдокимов А.М, Султанов А.С. Совершенствование системы разработки нефтяных месторождений с использованием оборудования для одновременной раздельной эксплуатации скважин // Нефтепромысловое дело. 2009. № 5. С. 33–39.

УДК:552.513.1

## ПЕСЧАНИКИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ СУРГУТСКОГО СВОДА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОЛЛЕКТОРА УГЛЕВОДОРОДОВ

*Хуснуллин Тимур Рашитович*

*Институт геологии УФИЦ РАН, аспирант 2 года обучения, г. Уфа khusnullintr@mail.ru*

*Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук*

*Мустафин Сабир Кабирович*

**Аннотация:** Баженовская свита является одним из наиболее изучаемых, но при этом наименее предсказуемых объектов нефтегазовой геологии в России. Исследования проводятся постоянно, появляются новые публикации, однако это не делает баженовскую свиту более предсказуемой.

**Ключевые слова:** Баженовская свита, Сургутский свод, песчаники, углеводороды, геолого-технологические исследования.

## SANDSTONES OF THE BAZHENOV FORMATION OF THE SURGUT ARCH AS PROMISING HYDROCARBON RESERVOIRS

*Khusnullin Timur Rashitovich*

*Institute of Geology UFIC RAS, post-graduate student 2 years of study*

*Ufa*

*khusnullintr@mail.ru*

*Scientific adviser: Doctor of Geology and Mineralogy Sciences*

*Mustafin Sabir Kabirovich*

**Abstract:** The Bazhenov Formation is one of the most studied, but at the same time, the least predictable objects of oil and gas geology in Russia. Research is ongoing, new publications appear, but this does not make the Bazhenov suite more predictable.

**Keywords:** Bazhenov Formation, Surgut arch, sandstones, hydrocarbons, mudlogger.

Баженовская свита — группа нефтематеринских горных пород (свита), выявленная Ф. Г. Гура-ри в 1959 году на территории около миллиона квадратных километров в Западной Сибири. Свита за-легалает на глубинах 2-3 километров и имеет небольшую толщину: обычно 20-30 метров, не более 60 метров.

Баженовская свита накапливалась примерно 145 млн. лет назад: породы образовались в связи с осаджением фитопланктона и глинистого материала. Главная особенность баженовской свиты — вы-сокое содержание органического вещества. В статье рассмотрены песчаники Сургутского свода, что в условиях снижения объемов добычи становится актуальной рассмотрением новых источников углево-дородов.

В свите песчаники аккумулярованы в основном в центральной, в меньшей степени в нижней части. Прослойки песчаника небольшие по мощности, порядка 1 - 4 метра. Надо отметить, что про-пластки не прослеживаются на всем протяжении баженовской свиты, что вероятно указывает на лин-зовидную форму залегания. Наиболее ярко выражены песчаники в центральной и северо-западной части Сургутского свода, здесь их мощность достигает максимума, до 5 - 6 метров.

Условия и механизм образования «аномальных» песчано-алевролитовых разрезов баженовской толщи остаются одним из самых дискуссионных вопросов в современной стратиграфии Западной Сибири. В настоящее время есть несколько мнений на условия образования песчаников. Например, «подводно-оползневая» модель образования аномальной баженовской свиты. Оползни приводили к расщеплению битуминозных пород на отдельные слои, промежутки между которыми заполнялись терригенным материалом, и к увеличению мощности баженовской свиты [2].

Ачимовские песчаники являются первой коллекторской толщей на пути миграции нефти и газа из нефтематеринских пород Баженовской свиты в шельфовые комплексы неоккома. Это подтвержда-ется статистическими данными, только на территории ХМАО, согласно Госбалансу, в отложениях ачимовской толщи выявлено свыше 500 залежей нефти с суммарным извлекаемыми запасами около 1

млрд. т. [1]. Можем предположить, что для формирования в песчаниках Баженовской свиты коллекторов нефти и газа имеются идентичные условия. Углеводороды будут вытесняться из нефтематеринских отложений в песчаники.

Методы изучения вещественного состава геологического разреза разнообразны, одним из методов исследований является анализ шлама или выбуренной породы. Степень изучения керна из Баженовской свиты не высока – в связи с высокой хрупкостью пород и малым выносом керна при отборе. Шлам является источником первичной геологической информации, по сравнению с другими методами имеет ряд преимуществ. Во-первых это первичная информация по вскрываемому разрезу, менее подверженная негативному воздействию времени изучения.

По данным геолого-технологических исследований (ГТИ) пропластки песчаника можно определить по результатам анализа шлама (рис. 1,2), другие методы ГТИ, такие как, газовый каротаж и детальный механический каротаж в этом случае мало информативны. Связано это с влиянием битуминозных аргиллитов на газовый каротаж и небольшой мощностью пропластков песчаника, которые не выделяются по детальному механическому каротажу. Требуется дополнительные исследования песчаников используя новые методы и подходы к изучению.



Рис. 1. Результаты геолого-технологических исследований по скважине 5748Л Кочевское месторождение.

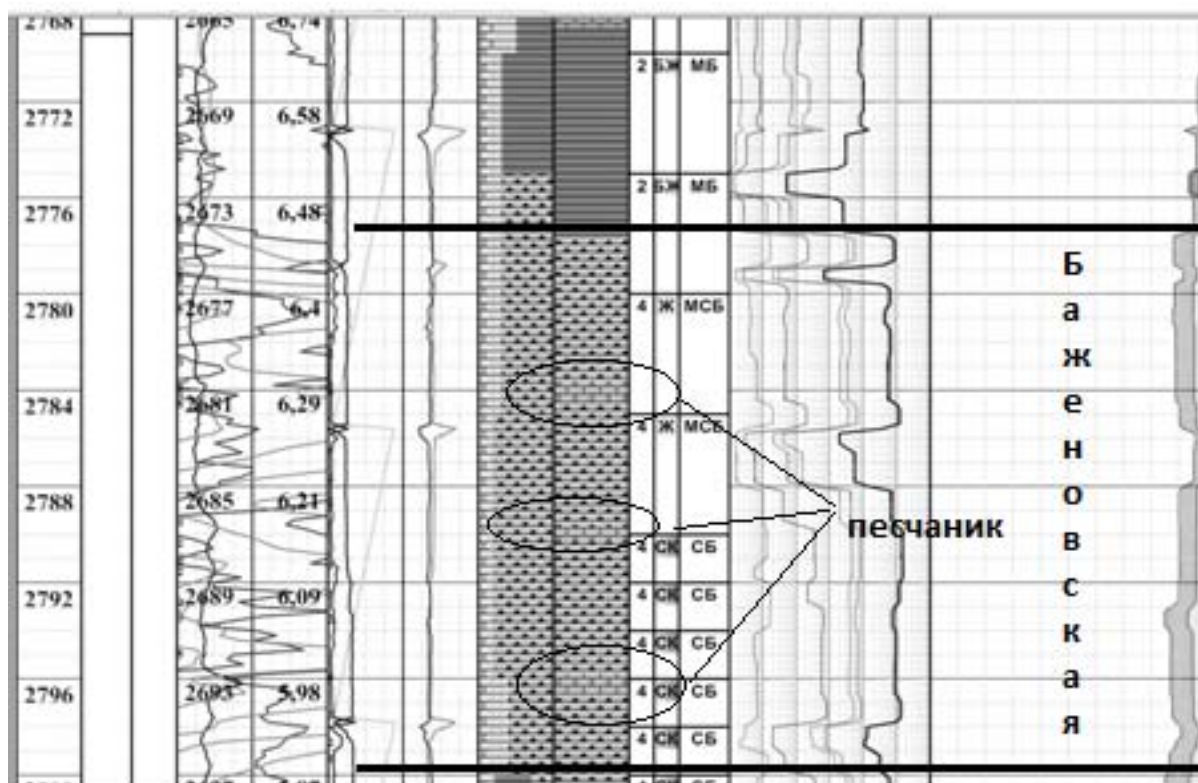


Рис. 2. Результаты геолого-технологических исследований по скважине 2055 Тевлинско-Русскинское месторождение.

### Литература

1. Жарков А.М. Особенности геологического строения и прогноз распространения залежей углеводородов в ачимовской толще Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2016. — Т.11. - №4. — URL: [https://www.ngtp.ru/rub/4/51\\_2016.pdf](https://www.ngtp.ru/rub/4/51_2016.pdf) (дата обращения 26.02.2020).
2. Нежданов А.А., Туманов Н.Н., Корнев В.А. Аномальные разрезы баженовской свиты и их сейсмогеологическая характеристика. // Сейсморазведка для литологии и стратиграфии. / Тр. ЗапСибНИГНИ. - Тюмень. - 1985.

УДК 550.832

## ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ВОСТОЧНО-ПЕРЕВОЗНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

**Горяшина Анастасия Владимировна**

Пермский государственный научный исследовательский университет, студент 3 курса  
г.Пермь

e-mail: [nastgord2499@gmail.com](mailto:nastgord2499@gmail.com)

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Некрасов Александр Сергеевич

**Аннотация:** статья о вторичной оценке запасов углеводородов турнейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы Восточно-Перевозного месторождения Ямало-Ненецкого а.о. Архангельской области. Проводился подсчёт площадей территории по нефтенасыщенному и водонасыщенному контурам, перерасчёт коэффициентов пористости и нефтенасыщенности по данным комплекса «НК-АК».

**Ключевые слова:** запасы углеводородов, подсчётные параметры, пористость, проницаемость, площадь нефтеносности.



## CALCULATION OF HYDROCARBON RESERVES OF THE VOSTOCHNO-PEREVOZNY FIELD OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

**Goriashina Anastasiia Vladimirovna**

Perm State University, 3<sup>rd</sup> year student

Perm

e-mail: nastgord2499@gmail.com

**Research supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor A.S.Nekrasov

**Abstract:** article on the second assessment of hydrocarbon reserves of the tournaishian tier of the lower division of the East-Perevozny field of the Yamalo-Nenets Autonomous district of the Arkhangelsk region. We calculated the area of the territory according to the oil-saturated and water-saturated contours, recalculated the porosity and oil saturation coefficients according to the data of the NK-AK complex.

**Keywords:** hydrocarbon reserves, calculation parameters, porosity, permeability, oil-bearing area.

Восточно-Перевозное нефтяное месторождение открыто в 1992-1993 гг скважиной №6, затем пробурены скважины № 7 (2014 г.) и скв.№1 (2012-13 гг.) подсчет запасов произведен в 2017 г., В административном отношении месторождение расположено на территории Ненецкого автономного округа Архангельской области. Месторождение находится в пределах Медынского полуострова в прибрежной части Баренцева моря, часть месторождения выходит в Хайпудырскую губу Баренцева моря. Геологический разрез типичен для Верхнеадзвинского нефтегазоносного района, входящего в состав Варандей-Адзвинской нефтегазоносной области. В тектоническом отношении месторождение расположено в зоне сочленения Печорской плиты и внешней части Пайхой -Новоземельского складчато-надвигового пояса, в центральной части Западно-Матвеевской структурной зоны (рис.1).

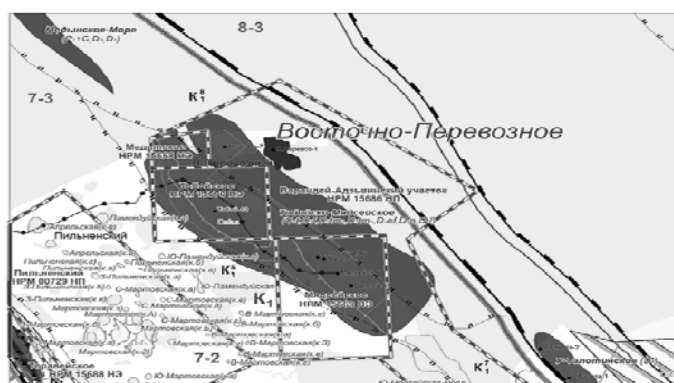


Рис.1. Тектоническая карта территории

Восточно-Перевозная структура подготовлена к глубокому бурению по каменноугольным, ниже - и верхнедевонским отложениям сейсморазведкой 2D (2001-2002 гг.) и 3D (2010 г.) [2] (рис.2).

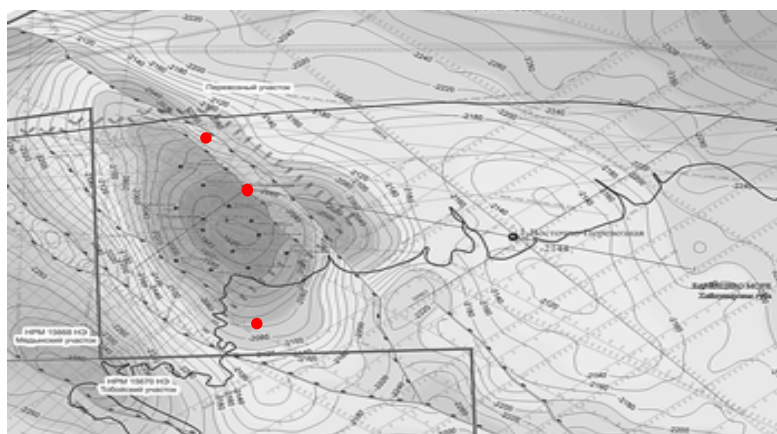


Рис.2. Структурная карта по ОПКs, отождествленному с кровлей турнейских отложений



Рекомендовано бурение поисковых скважин 1,6,7. в своде структуры (рис.2). Автором выполнена переинтерпретация материалов ГИС скв. №1 первооткрывательницы месторождения. Пористость (Кп) коллекторов по ГИС авторами отчета определялась по теоретическим палеткам [1], заложенным в программном комплексе «ПРАЙМ», в то время как автором использована зависимость  $\Delta T_{пл} = f(Kп)$  и результаты исследований ядерно-магнитного каротажа (ЯМК). Зависимость  $\Delta T_{пл} = f(Kп)$ , предложенная автором построена на основе 104 определений пористости по керну и данным измерений  $\Delta T_{пл}$ , описывается уравнением вида (1):

$$\Delta T_{пл} = 467 * K_{к} + 158, \quad R = 0,83 \quad (1)$$

Определение Кп по ЯМК осуществлялось по зависимости, полученной сопоставлением эффективной пористости (Кпэфф), определенной по ЯМК с 63 определениями Кп по керну (2):

$$K_{эфф} = 0,87 * K_{к} - 1,3, \quad R = 0,96 \quad (2)$$

Расчёт нефтенасыщенности выполнен по методу сопротивлений [3,4], осуществлялся по зависимостям:  $R_{п} = f(Kп)$ ;  $R_{н} = f(Kов)$ , составленных соответственно по 97 и 623 образцам керна. Уравнения связи имеют следующий вид (3,4):

$$R_{ккк} = 3,15 * K_{ккк}^{-1,51} \quad (3)$$

$$R_{к} = 1,33 * K_{к}^{-1,51} \quad (4)$$

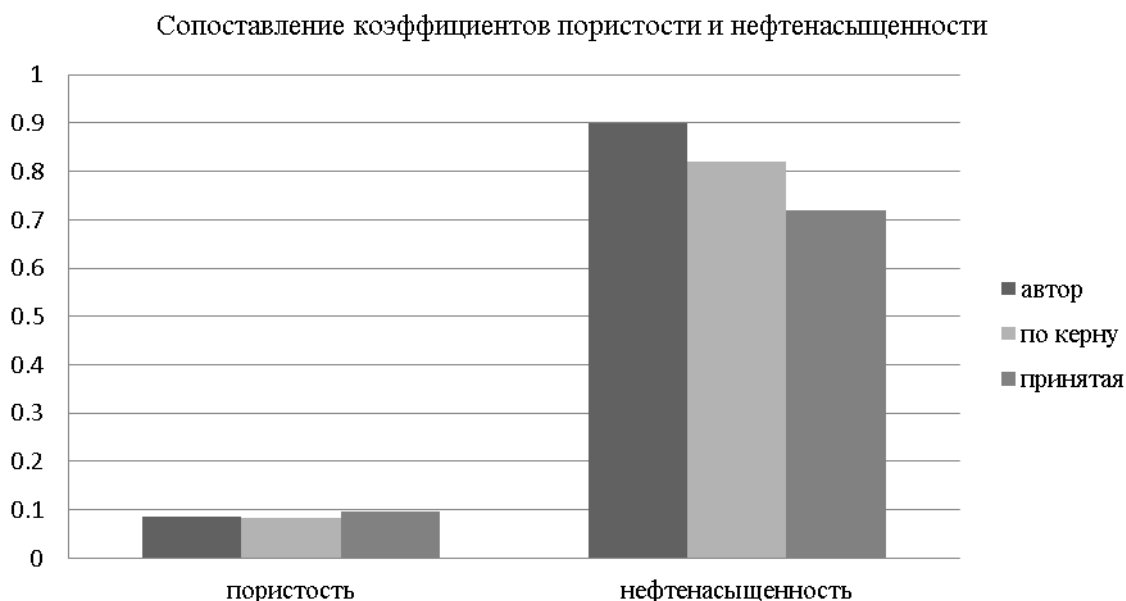
В таблице представлено сравнение пористости коллекторов по данным керна, ГИС («ПЗ») и автора.

Таблица  
Сопоставление пористости определенной автором с пористостью и принятой в отчете по подсчету запасов

НК-АК		НК-ГГКп		ЯМК (автор)		T пл = f(Kп) (автор)		Принятое в ПЗ	
абс.расх.,от/ до, %	отн.погр. от/до, %	абс.расх.,от/ до, %	отн.погр. от/до, %	абс.расх. от/до, %	отн.погр. от/до, %	абс.расх.,от/ до, %	отн.погр. от/до, %	Отчет	Автор
-1,7/3,3	-17,7/50,1	-1,0/2,4	-9,1/35,7	-1,3/2,8	-14,1/42,5	0,17/1,4	2,4/15,8	0,097	0,085

Сопоставление коэффициентов пористости и нефтенасыщенности, определенных автором, с данными по керну, представлено на диаграмме 1.

Диаграмма 1



Из диаграммы 1 видно, что расхождение пористости и нефтенасыщенности, определенное по ГИС в среднем составляет соответственно 0,014 и 0,12, расхождение между автором и значениям по керну соответственно 0,001 и 0,1.

Таким образом, пористость и нефтенасыщенность, определенная автором, ближе кернам определениям.

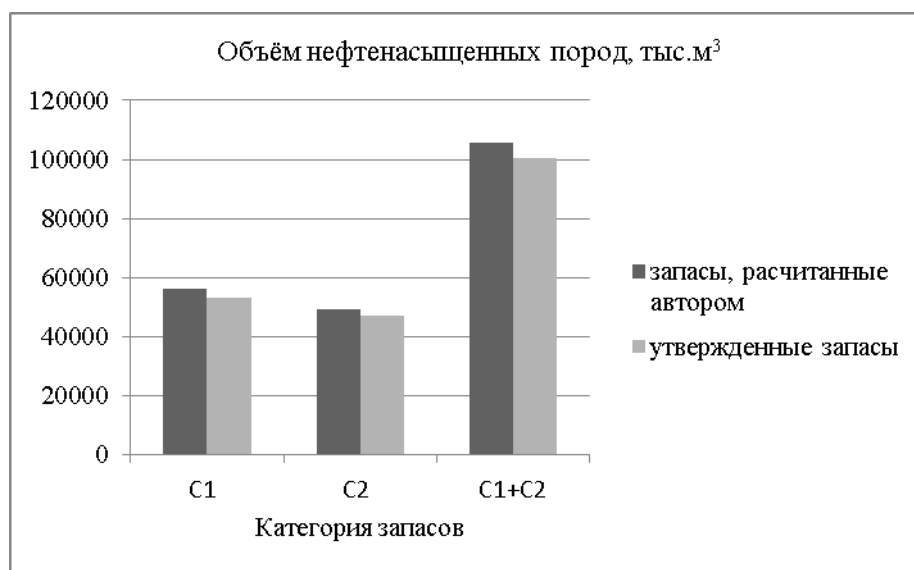
На основании выполненных исследований выполнен подсчет запасов в турнейской залежи Восточно-Перевозного месторождения по формуле (5):

$$Q_n = S * h_{эфф} * K_p * K_n * \frac{1}{b} * \gamma_n * K_{ИН} \quad (5)$$

где S-площадь залежи, м<sup>2</sup>, h эфф.-толщина эффективная, м; K<sub>п</sub> и K<sub>н</sub> соответственно пористость и нефтенасыщенность, д.ед, b-пересчетный коэффициент, д.ед., γ<sub>н</sub>-плотность нефти, т/м<sup>3</sup>, K<sub>ИН</sub>-коэффициент нефтеизвлечения, д.ед.

Расхождение в запасах (диаграмма 2), подсчитанных автором и утвержденных составляет 0,085%.

Диаграмма 2



Таким образом, основная причина расхождения—изменение площади залежи, пористости и нефтенасыщенности, рассчитанных автором и утвержденных на 0,085%.

### Литература

1. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород. М.: Недра, 1975. с. 268.
2. Керусов И.Н., Эпов К.А., Соенко В.Л. Азимутальный AVO-анализ – выявление зон трещиноватости карбонатных коллекторов при 3D-сейсморазведке // Геофизика, Спец. Выпуск Технологии сейсморазведки-1, М., 2002. с. 91-95.
3. Петерсилье В.И. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объёмным методом. // ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика»; Москва-Тверь, 2007. с. 426.
4. Элланский М.М. Петрофизические основы комплексной интерпретации данных геофизических исследований скважин, М., 2001. с. 216.

УДК 553.98

## НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕДУРАЛЬСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА

**Баяндин Кирилл Денисович**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,  
г. Пермь*

*e-mail: k\_bayandin@list.ru*

**Научный руководитель: ассистент Красильников Виталий Павлович**

**Аннотация:** На основании данных современных геологоразведочных работ надвиговые зоны и территории передовых прогибов являются перспективными районами генерации и аккумуляции углеводородов. На фоне постепенного истощения эксплуатируемых месторождений нефти и газа проблематика нахождения новых, перспективных территорий с потенциально промышленными нефтегазовыми залежами приобретает статус приоритетности. Предуральский краевой прогиб представляет собой систему глубоких предгорных впадин, протянувшихся вдоль западных склонов Уральских гор, имея складчато-надвиговое строение и содержащий в своем структурном составе породы с различными коллекторскими свойствами, район имеет высокий потенциал промышленной нефтегазовости.

**Ключевые слова:** Предуральский краевой прогиб, нефтегазовость, складчато-надвиговые зоны, Урал, надвиги, складки, породы-коллекторы.

## OIL AND GAS POTENTIAL OF THE PRE-URAL REGIONAL DEFLECTION

**Bayandin Kirill**

*Perm State University, 3<sup>rd</sup> year Student, Perm*

*e-mail: k\_bayandin@list.ru*

**Research Supervisor: Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy**

**Abstract:** Based on the data of modern geological exploration, thrust zones and territories of advanced deflections are promising areas for generating and accumulating hydrocarbons. Against the background of the gradual depletion of exploited oil and gas fields, the problem of finding new, promising territories with potentially industrial oil and gas deposits is becoming a priority. The preduralsky regional deflection is a system of deep foothill depressions extending along the Western slopes of the Ural mountains, having a folded-thrust structure and containing in its structural composition rocks with various reservoir properties, the area has a high potential for industrial oil and gas.

**Keywords:** Pre-Ural regional deflection, oil and gas content, fold-thrust zones, Ural, thrust, folds, reservoir rocks.

Предуральский Краевой Прогиб (ПКП) является крайней западной пограничной структурой II порядка Уральской складчатой системы (УСС) (Рис.1.). Имея протяженность вдоль всей системы, он отделяет её от Восточно-Европейской платформы и Печоро-Баренцевоморской метаплатформенной области. ПКП являясь крупной синклинальной структурой имеет характерно более глубокое залегание допермских отложений по сравнению с прилегающими с запада и востока территориями. В пределах ПКП на территории Пермского края выделяются две крупные структуры III порядка: Больше-сыньинско-Верхнепечорская и Уфимско-Соликамская мегавпадины. годско-Колвинским мегавалом Тиманской антеклизы. По строению фундамента Больше-сыньинско-Верхнепечорская структура является краевой частью Печорской плиты, а Уфимско-Соликамская – частью Русской плиты. [3]

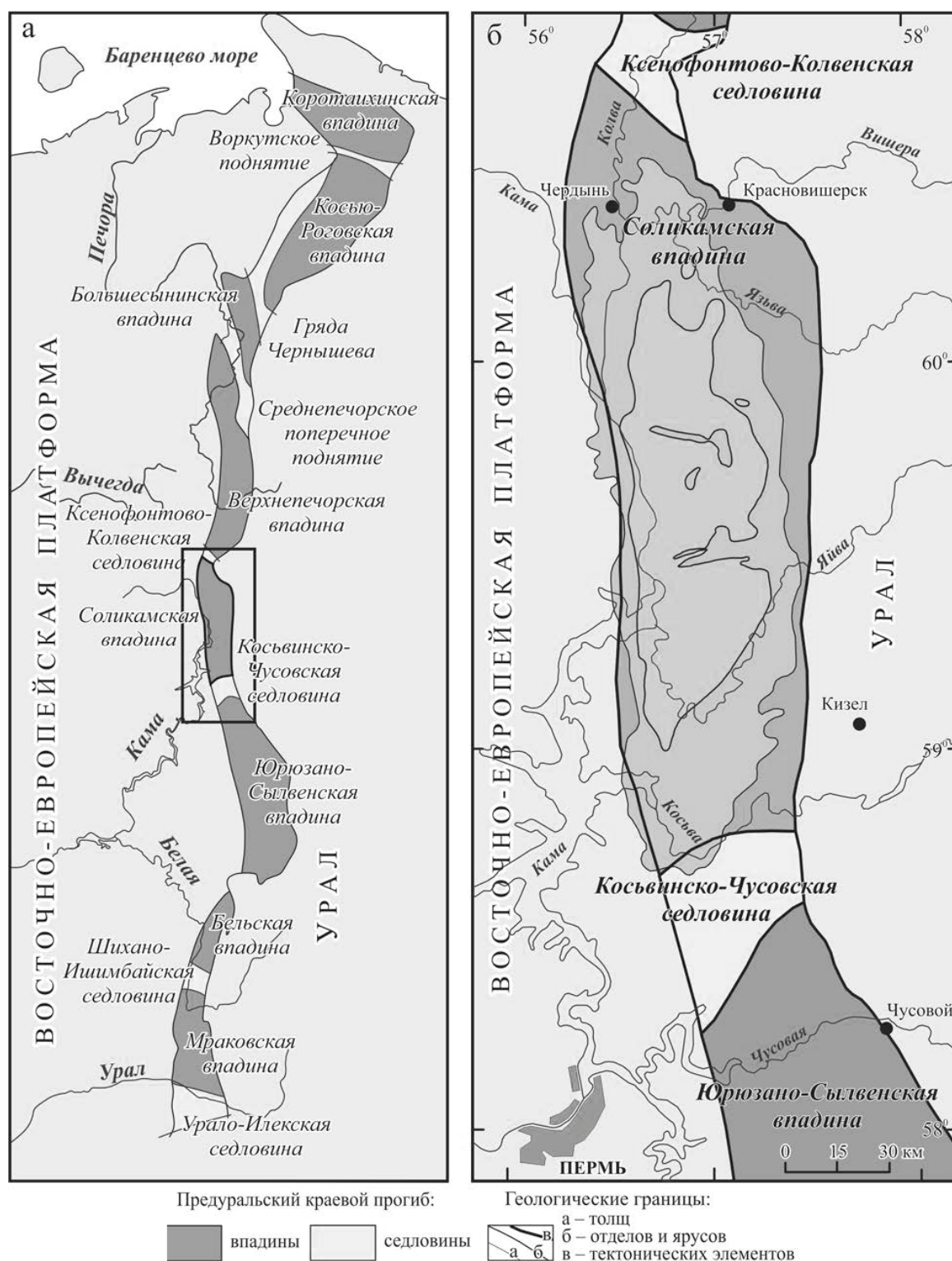


Рис.1. Структура Предуральского краевого прогиба (а) и Соликамской впадины (б) [7]

Большесынинско-Верхнепечорская мегавпадина представлена южной частью Верхнепечорской депрессии, а Вычегодско-Колвинский мегавал – Колвинской седловиной. Уфимско-Соликамская мегавпадина (Рис.1) подразделяется на три структуры: Соликамскую депрессию на севере, Юрюзано-Сылвенскую депрессию – на юге и разделяющую их Косьвинско-Чусовскую седловину.[3]

Предгорный прогиб выполнен мощной толщей палеозойских отложений каменноугольной и пермской систем, подобных соответствующим отложениям платформенного Предуралья. В восточной прибортовой полосе прогиба на поверхности повсеместно распространены галогенные породы кунгурского яруса: гипсы, ангидриты, каменная соль с прослоями известняков, мергелей и песчаников, обусловившие развитие солянокупольной тектоники, карстовых процессов и сопутствующих им

форм рельефа. Верхнепермские отложения казанского и татарского ярусов представлены глинами, известняками, мергелями, конгломератами. Такие же породы, с прослоями пестроцветных глин и глинистых сланцев, преобладают в отложениях триасовой системы мезозоя. В глубоких прогибах приразломных впадин, древних долин, мульдах оседания над соляными куполами и в карстовых провалах залегают глины, суглинки, пески, песчаники и бурые угли неогеновой системы. [5]

ПКП принято считать одной из перспективных зон для обнаружения перспективных залежей ресурсов углеводородного комплекса. Однако современные оценки ресурсного потенциала Предуральского прогиба основаны на геологических моделях его строения, сформированных по итогам геологоразведочных работ, выполненных еще в прошлом столетии, и тем самым обладают высокой долей субъективности и неполноты данных, тем самым требуется проведение дополнительных исследований на основе новых геолого-геофизических методов.[2]

Следует понимать, что на фоне достаточно высокой степени изученности Предуральского прогиба в процессе проведения дополнительных этапов геологоразведочных работ важно учитывать, что неразведанный ресурсный потенциал УВ связан с нижними горизонтами осадочного чехла (интервал глубин – 5,5–8,0 км). Таким образом, дабы компенсировать затраты на проведения подобных работ, потенциальные месторождения должны иметь категорию гигантов и супергигантов. Под данную категорию можно отнести нетрадиционные ловушки, связанные с геологическими телами седиментационной природы – внутрибассейновыми карбонатными платформами и подводными конусами выноса [1].

В Предуральском прогибе на подобных глубинах (5–8 км) на основании сейсмостратиграфических исследований, на территории некоторых районов, располагается комплекс карбонатно-терригенного состава, потенциально содержащий подобные объекты, а именно в зоне Юрюзано-Сылвенской и в Бельско-Актюбинской депрессий. Однако между разными авторами существует определенное несогласие в вопросе классификации комплексов карбонатно-терригенного состава. так, в Юрюзано-Сылвенской депрессии одними авторами эти комплексы классифицируются как нижнерифейские (калтасинская серия), другими – как верхнерифейские, а в Бельско-Актюбинской – как верхнерифейские или даже нижнепалеозойский.[6]

Данное несогласие обусловлено фактом того, что под маркирующим сейсмостратиграфическим комплексом верхнего девона, залегающим на всех нижележащих отложениях несогласно, некоторые авторы видят разное число комплексов, разделенных несогласиями, особенно на территории Предуральского прогиба, где додевонские отложения погружены на большую глубину и вскрыты лишь единичными скважинами. Тем самым в настоящее время существуют схемы додевонских отложений для Пермского, Башкирского и Оренбургского Приуралья, которые практически невозможно связать между собой. [2]

Дополнительные сложности в оценке нефтегазового потенциала Предуральского прогиба обусловлено его положением в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и Урала. Также трудности создает факт того, что на границе кембрия – ордовика эта территория представляла собой внутреннюю часть шельфа пассивной окраины Восточно-Европейского континента, тем самым существовало ситуация смены условий прибрежной равнины на мелководно-морские и прибрежно-морские условия. Важной особенностью таких зон является изменчивость фациальных отложений, обилие перерывов, эрозионных врезов и клиноформное строение, т.е. боковое наращивание разреза. Районы такого типа очень трудны для корреляции разрезов только по данным бурения, особенно в преимущественно терригенных, бедных ископаемыми органическими остатками толщах. [6]

Обобщая итог, можно заключить, что Предуральский краевой прогиб потенциально является одним из регионов, где возможно обнаружение крупных и гигантских зон генерации и аккумуляции углеводородов. Однако, значительно устаревшие модели его строения, а также сложность слагающих его структур создают необходимость проведения многоэтапной работы, состоящей из геологоразведочных работ с привлечением новейших методик, а также процедур построения палеогеографических моделей по принципам палинспастических реконструкций.

#### *Литература:*

1. Белоконов Т.В. *Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы* / Т.В. Белоконов, В.И. Горбачев, М.М. Балашова. – Пермь, 2001. – 108 с.
2. Волож Ю.А., Хераскова Т.Н., Антипов М.П., Селезнева Н.Н. *Предуральский прогиб: прогноз скоплений углеводородов в додевонских отложениях // Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030г. Сборник научных трудов. 2010. С.309 – 315.*

3. Ибламинов Р.Г. Особенности геологического строения Предуральского краевого прогиба / Неганов В. М. и др. // Геофизика, 2000. С. 29-33; Проворов В. М. Предуральская депрессия // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: энцикл. Пермь, 2006. С. 71-74.
4. Обстановки осадконакопления и фации / под ред. Х. Рединга. – Т. 2. – М.: Мир, 1990. – 380 с.
5. Русский Г. А. Научно-популярный портал Природа Оренбургской области отдел социально-экономической географии института степи. 2016
6. Светлакова А.Н. Новые данные о строении южной части Предуральского прогиба по результатам сейсмических работ / А.Н. Светлакова, В.И. Разуваев, Е.Н. Горожанина и др. // Доклады АН. – 2008. – Т. 423. – № 4. – С. 502–506.
7. Трапезников Д.Е. Палеогеографические и палеотектонические обстановки соликамской впадины в уфимское время: дис. на соискание уч. ст. канд. геолого-минералогических наук. Пермь, 2018. 151 с.

УДК 553.982.2

## ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ОСВОЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ПРОЕКТОВ

**Тетерин Антон Игоревич**

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми,  
молодой учёный, г. Пермь  
e-mail: Anton.Teterin@pnn.lukoil.com

**Жигалов Дмитрий Олегович**

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми, молодой учёный, г. Пермь  
e-mail: Dmitrij.Zhigalov@pnn.lukoil.com

**Научный руководитель:** Начальник отдела геолого-экономической оценки запасов месторождений Емашов Роман Игоревич

**Аннотация:** Рассмотрены возможности оценки геологоразведочных проектов с помощью метода Борда и метода портфельного анализа – матрица Бостонской консалтинговой группы. Проведена адаптация матрицы БКГ для проектов нефтегазовой отрасли и дан перечень критериев оценки для метода Борда. Осуществлено ранжирование геологоразведочных проектов предприятия с использованием комплексного подхода.

**Ключевые слова:** матрица БКГ, метод Борда, NPV (Net Present Value), коэффициент риска и затрат геологоразведочный проект, интегрированный метод.

## APPLICATION OF ANALYTICAL INSTRUMENTS FOR ASSESSING RISKS OF DEVELOPMENT EXPLORATION PROJECTS

**Teterin Anton Igorevich**

Affiliate Branch of ООО "LUKOIL-Engineering" "PermNIPIneft" in Perm, Young Researcher, Perm  
e-mail: Anton.Teterin@pnn.lukoil.com

**Zhigalov Dmitrij Olegovich**

Affiliate Branch of ООО "LUKOIL-Engineering" "PermNIPIneft" in Perm, Young Researcher, Perm  
e-mail: Dmitrij.Zhigalov@pnn.lukoil.com

**Research Supervisor:** Head of department geological and economic assessment deposit of field  
Emashov Roman Igorevich

**Abstract:** The possibilities of evaluating geological projects using the Bord method and the portfolio analysis method, the matrix of the Boston Consulting Group, are considered. The BCG matrix was adapted for oil and gas industry projects and a list of evaluation criteria for the Bord method is shown. The ranking of exploration projects of the enterprise using an integrated approach.

**Keywords:** BCG matrix, Bord's method, NPV, risk and cost coefficient, exploration project, integrated method.

В настоящее время, поиск и открытие месторождений углеводородов сопровождается большими геологическими рисками и капитальными затратами, так как перспективы открытия месторождений зачастую связаны со слабоизученными и труднодоступными регионами. При принятии решения об инвестировании в подобные геологоразведочные проекты необходим комплексный и взвешенный анализ всех неопределенностей и рисков – от геологических и технологических до инфраструктурных и экономических [2]. В качестве аналитических инструментов в комплексном подходе оценки эффективности освоения геологоразведочных проектов предлагается рассмотреть консолидированное использование методов портфельного анализа (матрицы Бостонской Консалтинговой Группы, БКГ) и многокритериального ранжирования (метод Борда).

Матрица БКГ – классический метод (инструмент) портфельного анализа. Он представляет собой удобный прием сопоставления различных стратегических зон развития компании (активов) в соответствии с темпами роста рынка, на котором она оперирует, и с принадлежащей ей относительной долей рынка (рис. 1). Данная матрица используется ведущими международными компаниями, находит широкое применение в менеджменте, маркетинге и многих других сферах деятельности.

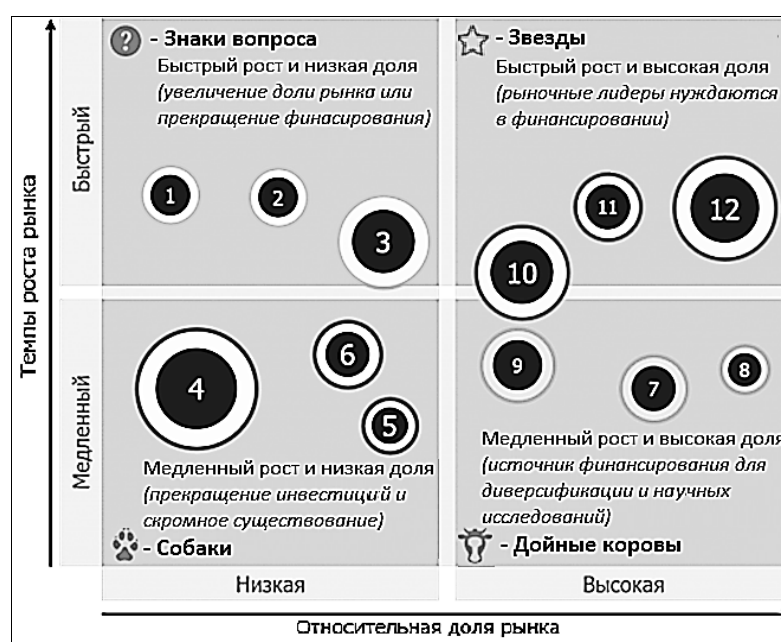


Рис. 1 Матрица БКГ

Очевидно, что для применения данной матрицы в нефтегазовой отрасли необходима адаптация под те параметры и критерии, которые позволяют корректно оценить бизнес-единицы данной отрасли [1]. В качестве бизнес-единиц мы рассматриваем геологоразведочные проекты (ГРП). В нашем случае вместо параметров «доля рынка» и «темп роста» по координатным осям указываются коэффициент отношения риска к затратам, рассчитанный по формуле (1) и показатель NPV за весь период предполагаемой разработки в базовом варианте ЕСУ. Чем больше значение коэффициента – тем меньше рисков/наиболее привлекательнее проект.

$$K = \frac{D \cdot K_{пд} \cdot K_{прз}}{(OPEX + CAPEX)} * \frac{1}{100} \quad (1)$$

где K – коэффициент риска/затрат, усл. ед.;

D – прогнозируемая добыча нефти, тыс. т.;

K<sub>пд</sub> – коэффициент подтверждения профиля добычи, доли ед.;

K<sub>прз</sub> – коэффициент перевода ресурсов в запасы, доли ед.;

OPEX – операционные затраты (базовые единые сценарные условия, ЕСУ), млн. руб

CAPEX – инвестиционные затраты (базовые единые сценарные условия, ЕСУ), млн. руб



Адаптация БКГ-матрицы позволила определить отношение риска геологических и технологических неопределенностей проектов ГРП к предполагаемым затратам и визуализировать полученные стратегические результаты.

На рисунке 2 представлено распределение геологоразведочных проектов в адаптированной матрице БКГ. Зона №1 представлена высокодоходными проектами с оптимальными уровнями риска и затрат, зона №2 также представлена высокодоходными проектами, но с повышенными уровнями риска и затрат. Зона №3 представлена рентабельными проектами с оптимальными уровнями риска и затрат, однако проекты из данной зоны более зависимы от изменений экономических условий, чем проекты из зоны №1 и №2. В зоне №4 представлены рентабельные проекты с повышенными уровнями риска и затрат. В данной зоне находится более половины рассматриваемых геологоразведочных проектов. В зоне №5 проекты не представлены. Зона №6 представлена убыточными проектами с повышенными уровнями риска и затрат. Проекты из данной зоны являются наиболее рискованными, дорогостоящими и малоперспективными. Перспективность геологоразведочных проектов в данной матрице оценивалась по показателю NPV, однако, при оценке эффективности геологоразведочных проектов также следует использовать многофакторный и многокомпонентный анализ. Для этого использовался метод Борда.

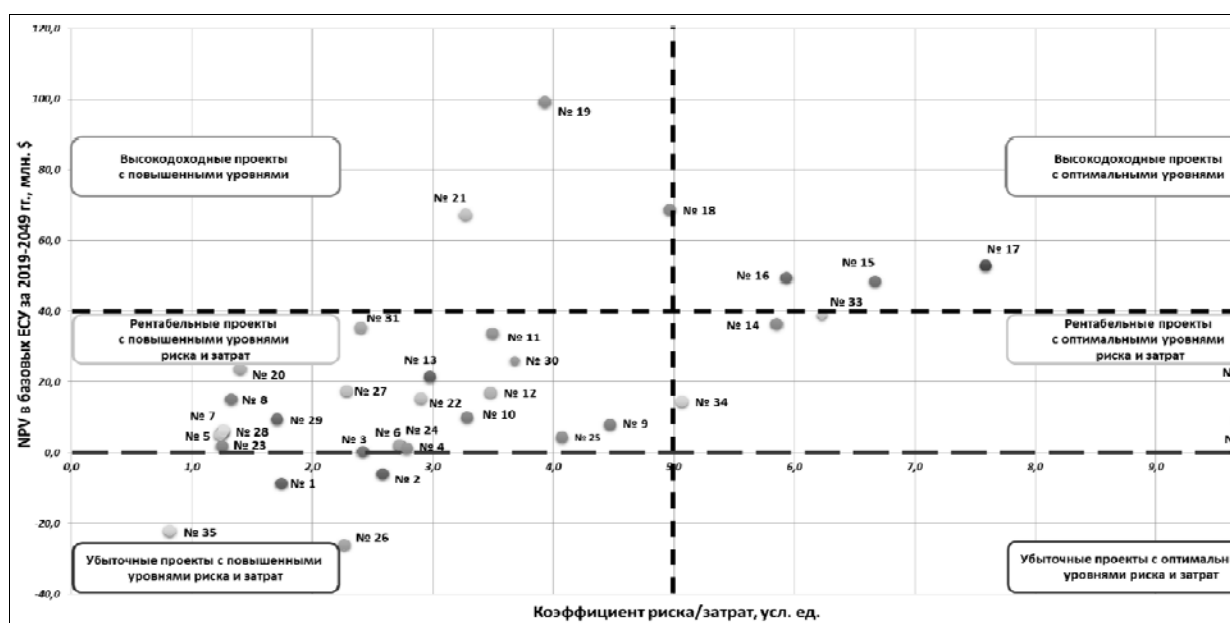


Рис. 2 Распределение геологоразведочных активов компании в адаптированной матрице БКГ

Метод Борда представляет собой ранжирование бизнес-единиц по перспективности на основе сумм баллов оценочных критериев, получаемых в результате количественной сортировки. Пример таблицы ранжирования приведен на рисунке 3.

Баллы	Геологическая эффективность	Стоимость прироста запасов	Ожидаемый прирост запасов	NPV	Себестоимость добычи нефти	Капитальные вложения	Доход от ожидаемой добычи	Сумма баллов	Очередность освоения	г
1	Проект 1	Проект 3	Проект 2	Проект 4	Проект 4	Проект 3	Проект 2	10	1	П
2	Проект 2	Проект 2	Проект 1	Проект 2	Проект 1	Проект 2	Проект 3	18	2	П
3	Проект 3	Проект 4	Проект 3	Проект 3	Проект 2	Проект 5	Проект 4	21	3	П
4	Проект 4	Проект 1	Проект 4	Проект 1	Проект 5	Проект 1	Проект 5	22	4	П
5	Проект 5	Проект 5	Проект 5	Проект 5	Проект 3	Проект 4	Проект 1	31	5	П
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Рис. 3 Ранжирование проектов по методу Борда

Ранжирование геологических объектов предусматривает разработку системы показателей и критериев, которые в совокупности позволяют прийти к определённому выводу относительно экономической ценности рассматриваемого объекта. [3] При проведении многокомпонентного анализа использовались следующие критерии: геологическая эффективность бурения скважины, стоимость прироста запасов, ожидаемый прирост запасов, чистый приведенный доход (NPV), себестоимость добычи нефти, капитальные вложения и доход от ожидаемой добычи. Проекты были отсортированы в порядке возрастания или убывания значимости каждого критерия с присвоением соответствующего

балла. Лучший проект получает 1 балл, следующий – 2 балла, и так далее. Затем подсчитывается суммарный балл по каждому проекту, чем меньше суммарное количество баллов – тем перспективнее проект. На основе полученных баллов проекты распределились в порядке увеличения баллов, от наиболее привлекательных к менее привлекательным. Привлекательность проектов падает в связи с ростом капитальных расходов, увеличением себестоимости добычи нефти и снижением дохода. Ранжирование проектов по ряду критериев позволило определить приоритетность освоения перспективных геологоразведочных проектов. К недостаткам метода стоит отнести отсутствие возможности для учета геологических и технологических рисков.

Для устранения недостатков вышеперечисленных методов использовался комплексный подход, основанный на результатах двух методов. Данный метод подразумевает распределение проектов на матрице из четырех зон, на основе баллов метода Борда и коэффициента риска/затрат, рассчитанного для адаптированной матрицы БКГ (рис. 4).

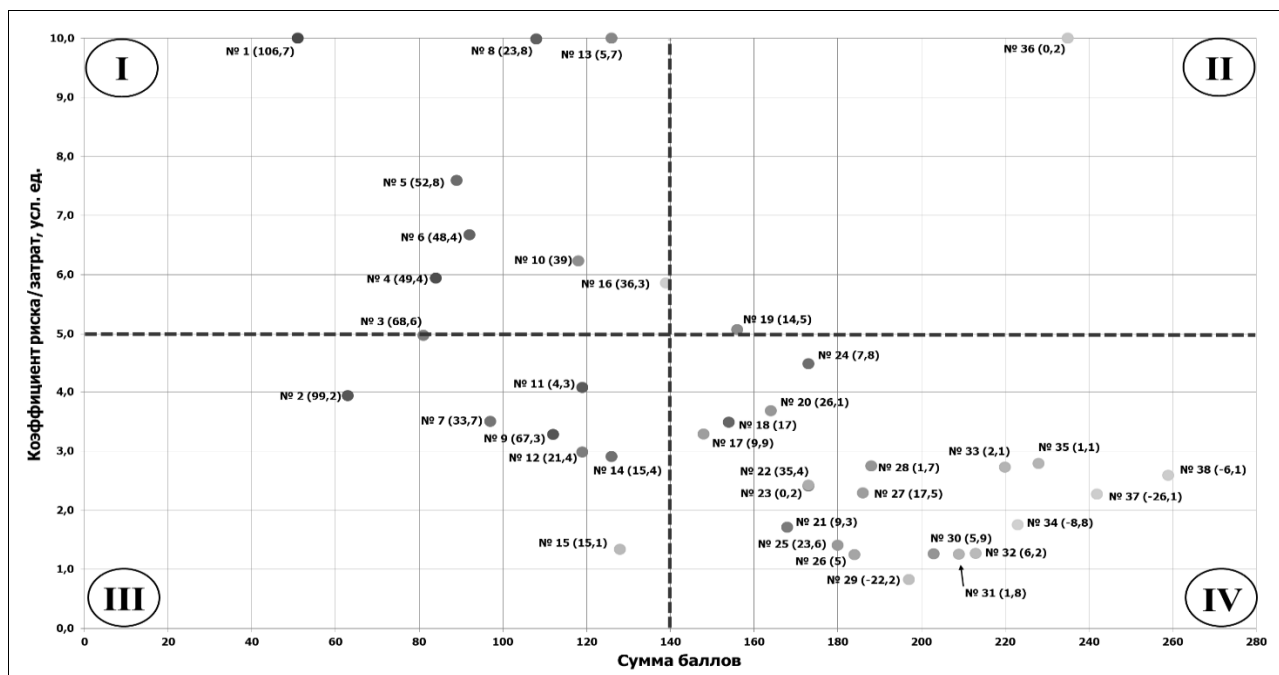


Рис. 4 Распределение геологоразведочных активов в матрице комплексного метода (в названии проектов указано значение NPV)

Первая зона соответствует приоритетным проектам для освоения за счет низких рисков и затрат. Вторая зона соответствует проектам требующим снижения затрат за счет снижения себестоимости нефти, увеличения доходов от ожидаемой добычи за счет более благоприятных ЕСУ, улучшение показателей экономической привлекательности проектов и применения технологий, повышающих эффективность разработки. Третья зона соответствует проектам, требующие снижения рисков за счет повышение изученности; снижение неопределенностей за счет повышения степени достоверности геологической информации. Четвертая зона, соответствует проектам требующим снижения рисков и затрат за счёт: увеличения достоверной геологической информации; снижения себестоимости добычи нефти; увеличения доходов от ожидаемой добычи за счет более благоприятных ЕСУ; улучшения показателей экономической привлекательности проектов; применения технологий, повышающих эффективность разработки.

В результате проделанной работы был сформирован комплексный метод по оценке эффективности освоения геологоразведочных проектов, учитывающего риски и геологические неопределенности.

Использование данного метода позволяет осуществлять более глубокий и многокомпонентный анализ проектов ГРП, определять перспективность и приоритетность освоения геологоразведочных проектов, учитывая геологическую эффективность бурения скважины, стоимость прироста запасов, ожидаемый прирост запасов, NPV, себестоимость добычи нефти, капитальные вложения, доход от ожидаемой добычи, коэффициенты подтверждения профиля добычи и перевода ресурсов в запасы.

1. Горнов Д.А., Пчела К.В., Осокин А.С. Комплексный подход к оценке, систематизации и ранжированию активов высоковязкой нефти на примере ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» // Нефтепромысловое дело. Москва. 2018. С. 5.

2. Дымочкина М.Г., Киселев П.Ю., Пислегин М.Н., Кузьмин Т.Г., Муллагалиев А.Т. Геолого-экономическая оценка проектов: настоящее и будущее // ПРОНЕФТЬ профессионально о нефти. Москва 2018. С. 18.

3. Нечаева Н.Ю. В. В. Макаловский, Ю.А. Яковлев, А.В. Распопов, А.И. Четыркин, Н.И. Кыласова. Геолого-экономическая оценка нефтегазовых объектов (на примере Пермского края). // Пермь. Пресстайм. 2006. С. 146.

УДК 552.55

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОДСЧЕТА ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ШЛИФАХ К ГЛИНИСТО-КРЕМНИСТЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ БЕРЕЗОВСКОЙ СВИТЫ

**Фукалов Тимофей Владимирович**

НИ ТГУ Геолого-географический факультет, студент 4 курса, г. Томск

e-mail: 19yrsyoung@gmail.com

**Афонин Игорь Викторович**

НИ ТГУ Геолого-географический факультет, молодой ученый г. Томск

e-mail: heaven05@list.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Тишин Платон Алексеевич

**Аннотация:** Авторами рассматривается возможность применения методов подсчета трещиноватости петрографическим способом для уточнения коллекторских свойств глинисто-кремнистых пород березовской свиты. В качестве объекта исследований выбрана харампурская группа месторождений с, преимущественно, сложными трещинными пластами-коллекторами. Актуальность данной работы состоит в том, что для нефтегазовой отрасли остро стоит проблема построения комплексных моделей нетрадиционных коллекторов с целью повышения уровня добычи углеводородов. Сопоставлены параметры, полученные при анализе шлифов с физико-емкостными свойствами пород в керне. На основании полученных результатов отмечается прямая зависимость пористости продуктивных пластов от объемной плотности открытых трещин и трещинного пустотного пространства и обратная от интенсивности трещин, что связывается с их морфологическими особенностями.

**Ключевые слова:** метод больших шлифов, трещинные коллекторы, литология, кремнеглинистые отложения, березовская свита.

## APPLICATION OF METHODS FOR CALCULATING FRACTURING IN THIN SECTIONS TO CLAY-SILICEOUS SEDIMENTS OF THE BEREZOV FORMATION

**Timofei Fukalov,**

Tomsk State University, faculty of geology and geography, 4<sup>th</sup> year Student

Tomsk,

19yrsyoung@gmail.com

**Igor Afonin**

Tomsk State University, faculty of geology and geography, Young Researcher,

Tomsk,

e-mail: heaven05@list.ru

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader,

Platon Tishin

**Abstract:** The authors are exploring the possibility of using fracture counting methods to clarify the reservoir properties of clay-siliceous rocks of the Berezovskaya Formation. The object of research is the Kharampur group of oil deposits with mainly complexed fractured reservoirs. The relevance of this work is that for the oil and gas industry there is an acute problem of constructing complex models of unconventional reservoirs with the aim of increasing the level of hydrocarbon production. The parameters obtained in the analysis of thin sections are compared with the physical and capacitive properties of rocks in the core. Based on the obtained results, a direct dependence of the porosity of the productive formations on the bulk density of open cracks and fractured void space. Also, we observe the inverse dependence of the intensity of the cracks, which is associated with their morphological features.

**Keywords:** method of big thins sections, fracture reservoirs, lithology, clay-siliceous sediments, Berezovskaya formation.

### Введение

Трещина со строго геомеханической точки зрения представляет собой поверхность, по которой произошло нарушение сплошности или потеря сцепления материала (породы) [2]. Совокупность в массиве горных пород трещин различного происхождения и разных размеров составляет трещиноватость горных пород [1].

Изучение трещинных коллекторов приобретает все большее значение для геолого-экономической оценки ресурсов и запасов нефти и газа в плотных низкопроницаемых коллекторах, поскольку позволяет расширить границы объемов и площади продуктивной части пласта, которые в свою очередь являются важными подсчётными параметрами геологических и извлекаемых запасов углеводородов [3].

Объектом исследования в данной работе служат глинисто-кремнистые отложения березовской свиты, представленные по скважинам харампурской группы месторождений.

### Методика

Для анализа петрофизических свойств был применен метод больших шлифов, разработанный специалистами ВНИГРИ, Е.С. Роммом и Л.П. Гмид в 1957 г, ранее использованный преимущественно на карбонатных и терригенных отложениях. С учётом данных петрофизики (коэффициенты открытой пористости и абсолютной газопроницаемости), а также сведений по пористости и трещиноватости пород, полученных по шлифам, метод позволяет определить тип коллектора.

Исследования проводились с помощью оптического поляризационного микроскопа Leica DM750 с фотосъёмкой при увеличениях объективов 2,5×, 4×, 10×, 20×.

Определение параметров трещиноватости пород данным методом, является способом прямого, визуального определения раскрытия трещин, и позволяют перейти к качественной и количественной оценке параметров трещиноватости, а, следовательно, и к общей оценке коллекторских свойств породы. Метод является статистическим: для точного результата отбор образцов керн должен проводиться не менее, чем один шлиф на 1 м проходки.

Непосредственно шлифах замерялись: площадь, занимаемая в шлифе породой  $S$  (мм<sup>2</sup>), длина открытой части трещины  $l_o$  (мм), а также суммарная длина всех открытых трещин  $l$  и средняя ширина  $b$  (мм) трещины.

Основными рассчитываемыми по формулам параметрами являются:

1. Объемная плотность открытых трещин – площадь поверхности всех трещин в единице объема горной породы, рассчитывается по формуле (1), 1570 – коэффициент объемной плотности.

$$\tau_o = \frac{1570 \times l}{S} \quad (1)$$

2. Проницаемость – способность горных пород пропускать сквозь себя жидкость или газ, рассчитывается по формуле (2),  $A$  – численный коэффициент, вводимый в формулу проницаемости в зависимости от геометрии систем трещин.

$$K_r = A \frac{b^3 \times l}{S} \quad (2)$$

3. Трещинное пустотное пространство – объем всех трещин, содержащихся в единице объема породы [4], рассчитывается по формуле (3).

$$m_r = \frac{b \times l}{S} \quad (3)$$

### Результаты и обсуждение

В результате были получены средние статистические показатели рассчитываемых параметров с привязкой к продуктивным пластам (таблица). Отмечаются повышенные показатели плотности, пустотного пространства и трещинной проницаемости в пластах ВБ2 и НБ1 при этом они характеризуются более низкими значениями интенсивности трещин, что связано с различным типом проявления трещиноватости в пластах. В пластах ВБ2 и НБ1 – трещины преимущественно протяженные, имеющие ряд ответвлений, открытые и выдержанные по ширине. В пластах НБ2, НБ3, НБ4 – трещины короткие, частично заполненные аутигенными минералами, что снижает показатели объемной плотности, проницаемости и пустотного пространства.

Чтобы выявить зависимость коллекторских свойств от рассчитанных параметров трещиноватости, были исследованы результаты измерений пористости в керне. Сопоставление физико-емкостных свойств отложений березовской свиты с объемной плотностью открытых трещин и трещинным пустотным пространством представлены на графиках (рис. 1, 2).

Таблица  
Средние показатели параметров тектонических трещин по пластам в разрезе скважин харампурской группы месторождений

	ВБ2	НБ1	НБ2	НБ3	НБ4
Интенсивность трещин, 1/м	0,10	0,20	0,40	0,19	0,25
$T_o$ , объёмная плотность открытых трещин, 1/м	200,45	350,80	34,60	24,00	32,00
$m_r$ , трещинное пустотное пространство, %	8,51	10,20	0,34	0,03	0,60
$K_r$ , трещинная проницаемость, м <sup>2</sup>	1293,75	1970,56	6,20	3,80	4,70

Примечание: ВБ – верхнеберезовская подсвита, НБ – нижнеберезовская подсвита

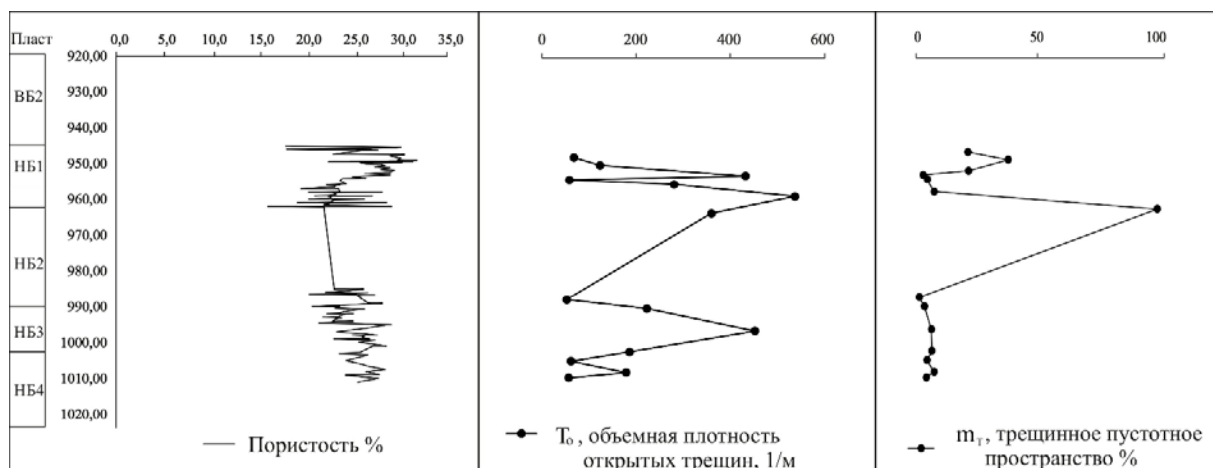


Рис. 1 Сопоставление пористости, объемной плотности и трещинного пустотного пространства по скважине А

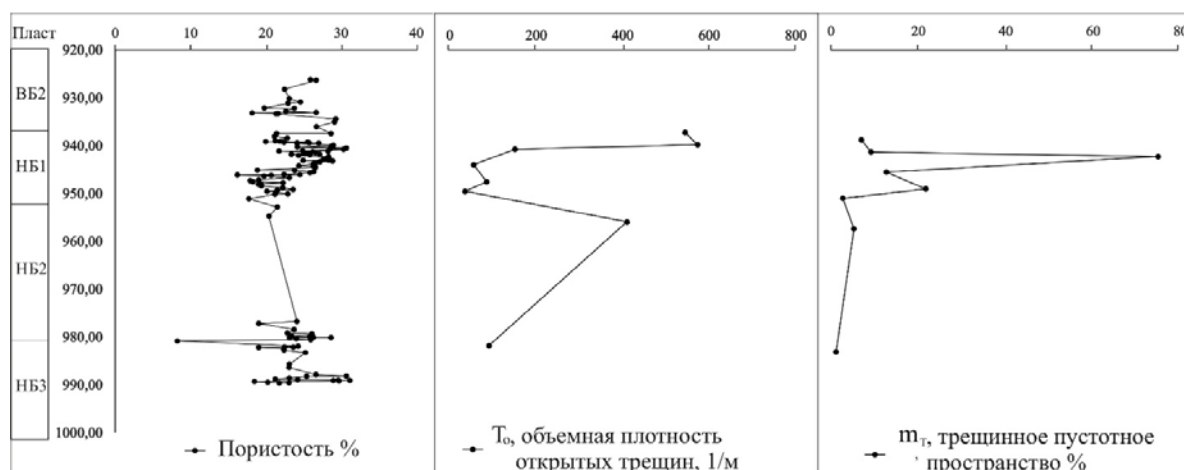


Рис. 2 Сопоставление пористости, объемной плотности и трещинного пустотного пространства по скважине Б

Сравнение полученных показателей со значениями пористости пород позволяют отметить следующие особенности: в скважинах А и Б отмечается прямая зависимость показателей пористости пород от объемной плотности открытых трещин и трещинного пустотного пространства. Связать показатели пористости с трещиноватостью в данных пластах нам позволяет литологическая характеристика отложений. ВБ2 представлен плотными глинисто-кремнистыми отложениями, а НБ1 – опоками, в нижележащих пластах наблюдаются аргиллиты и алевролиты, высокая пористость в них объясняется меньшей плотностью пород и наличием каверн и пустот.

### *Литература*

1. Бейсебаев А.М. Бурение скважин и горно-разведочные работы: учебник для студентов вузов // А.М. Бейсебаев, Н.Т. Туякбаев, Б.В. Федоров. – Москва: Недра, 1990. – 303 с
2. Голф-Рахт Т.Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов: Пер. с англ. Н.А. Бардиной, П.К. Голованова, В.В. Власенко, В. В. Покровского // Под ред. А.Г. Ковалева. – М.: Недра, 1986. – 608 с.
3. Инструкция по применению классификации запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов. Инструкция о содержании оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР материалов по подсчету запасов нефти и горючих газов. – М.: ГКЗ СССР, 1984. – 64с.
4. Тугарова М.А. Породы-коллекторы: Свойства, петрографические признаки, классификации: Учебно-методич. пособие. – СПб., 2004. – 36 с.

УДК553.982

## **ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ НЕОКОМСКОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКА СВОЙСТВ**

**Бабина Елена Олеговна**

*МГУ имени М.В. Ломоносова, магистрант 1 курса года обучения, г. Москва  
e-mail: eobabina@yandex.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., научный сотрудник  
Мордасова Алина Владимировна

**Аннотация:** В работе рассмотрены генетические особенности природных резервуаров готтерив-барремского возраста, приуроченных к ундаформной, ортоформной и фондоформной частям клиноформ. Закартированы и типизированы песчаные тела с улучшенными коллекторскими свойствами, проведен их анализ как на макро-, так и на микроуровне.

**Ключевые слова:** неокомские клиноформы Широкого Приобья, природные резервуары, терригенный коллектор, неантиклинальные ловушки, исследование керна, сейсмостратиграфия, геолого-геофизические исследования скважин (ГИС), изучение шлифов.

## **CLASTIC RESERVOIRS OF NEOCOMIAN CLINOFORM PLAY OF PRIOB' REGION OF WEST SIBERIA: STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND EVALUATION OF PROPERTIES**

**Elena Babina,**

*Lomonosov Moscow State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Moscow,  
e-mail: eobabina@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Lecturer, Alina Mordasova

**Abstract:** The paper discusses the features genetical properties of clastic reservoirs of the Hauterivian-Barremian age, confined to the topset, foreset and bottomset parts of clinoforms. Sand bodies with im-

proved reservoir properties are mapped and typed, their analysis is carried out both at the macro and micro levels.

**Keywords:** Neocomian clinoforms of the Priob' region, clastic reservoirs, non-anticlinal traps, core analysis, seismic stratigraphy, well-logging, thin section analysis.

Неокомские отложения Широкого Приобья являются главным российским объектом прогнозов, поисков, разведки и добычи нефти, начиная с первых открытий в 60-е годы прошлого века и по сегодняшний день [1]. В резервуарах неокомских клиноформ содержится более одного миллиарда тонн нефти и более триллиона кубических метров газа [2].

Резервуары клиноформного комплекса характеризуются сложным строением и низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Характерно отсутствие гидродинамической связи как между разновозрастными, так и между одновозрастными пластами.

В данной работе объектом изучения являются валанжин-барремские отложения клиноформного комплекса одного из месторождений Широкого Приобья Западной Сибири. Они прилегают на кровлю баженовской свиты под углом до  $1^0$ , сложены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов.

Целью работы является прогноз природных резервуаров нефти изучаемого клиноформного комплекса. Поставлены задачи: выделить резервуары различного генезиса, определить ФЕС данных резервуаров, а также дать прогноз распределения ФЕС по площади изучаемого месторождения.

Собранная база данных включает литологическое описание и результаты лабораторных исследований керна (рентгеноструктурный анализ, гранулометрия, ФЕС и др.) для продуктивных интервалов неокома для 53 скважин; описания шлифов для 21 скважины; а также геолого-геофизическую информацию (диаграммы ГИС, 3D сейсмический куб).

С применением сейсмостратиграфического анализа на временном сейсмическом разрезе в пределах месторождения выделено три клиноформы: ахская (берриас-валанжинского возраста), пимская (валанжинского возраста) и приобская (барремского возраста). Ахская клиноформа в пределах изучаемой территории включает только фондоформную зону, пимская – ундаформную, ортоформную и фондоформную, приобская – только ундаформную зону. Песчаные пласты приурочены к фондоформе ахской клиноформы и к приобской клиноформе. Привязка скважин к сейсмике позволила разделить скважинные разрезы на три типа, отвечающих каждой зоне клиноформы (Рис.1).

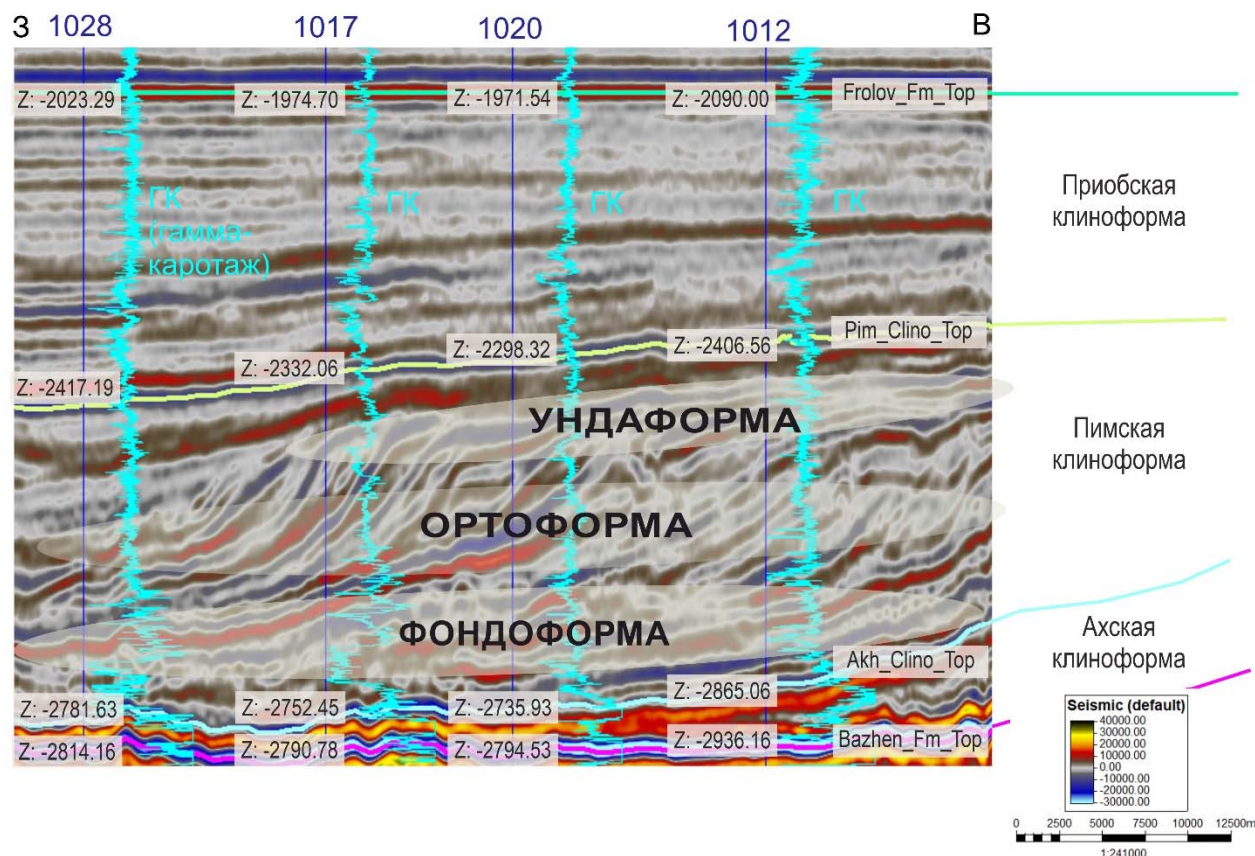


Рис. 1. Временной сейсмический разрез с выделенными клиноформами: ахской, пимской и приобской



В результате детального изучения керна и анализа существующих фациальных обстановок по литературным данным, для каждой зоны пимской клиноформы по диагностическим признакам выделены ассоциации литофаций и определены фации с наиболее высокими ФЕС.

В пределах ундаформы выделяются фации прибрежно-морских баров и русел подводной дельты.

Баровые тела формировались на мелком шельфе (глубина до 5 метров) под действием волновой активности. Они характеризуются крупной косой или разнонаправленной слоистостью, псаммитовой структурой и хорошей сортировкой зерен. Присутствуют следы жизнедеятельности донных животных. Они имеют вытянутую овальную форму и длину сотни метров – десятки километров.

Русла подводной дельты формировались в зонах влияния флювиальных потоков. Отложения русел имеют горизонтальную, косую или косоволнистую слоистость, псаммитовую структуру. Присутствует растительный детрит. Русла имеют длину сотни метров – десятки километров, ширину – сотни метров. На склоне они продолжают в виде каньонов, а в депрессионной части бассейна – в виде конусов выноса.

Ортоформа характеризуется фациями подводных каналов и оползней.

Отложения подводных каналов представлены мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Характерна горизонтальная или косая слоистость, псаммитовая текстура, присутствие растительного детрита. Тела подводных каналов протягиваются на десятки-сотни метров, имеют ширину десятки метров.

Отложения подводных оползней представлены песчаниками и галечниками. Наблюдается смятая в складки слоистость, текстуры оползания, вращения. Характерно наличие обильного растительного детрита и обломков раковин. Подводные оползни имеют размеры десятки-сотни метров в длину и десятки-сотни размеров в ширину.

В пределах фондоформы выделяются конусы выноса, распространенные по площади на сотни метров - десятки километров. Конусы выноса включают проксимальную и дистальную части. Проксимальная часть представлена песчаниками и алевролитами с массивными или горизонтально-слоистыми текстурами. Дистальная часть – алевролитами и аргиллитами с массивными текстурами. Для дистальной части характерно превалирование глинистых отложений над песчанистыми, низкие значения проницаемости и пористости (Рис. 2).

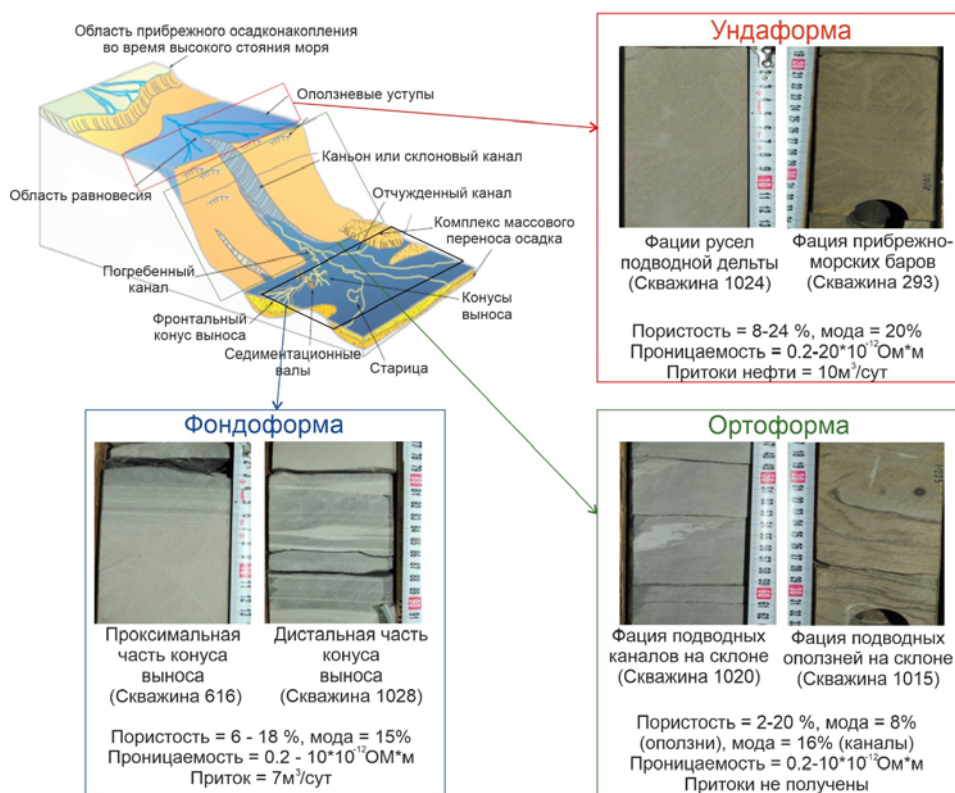


Рис. 2. Характеристики выделенных литофаций

Песчаники резервуаров имеют преимущественно кварц-полевошпатовый состав, содержат глинистые минералы, в небольших количествах – кальцит, сидерит, анкерит.

Улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами обладают резервуары баровых тел (пористость 14-24%), русел подводной дельты (пористость 14-22%), каналов на склоне (10-20%) и проксимальных частей конусов выноса (8-20%). Проницаемость во всех резервуарах достигает не более 20 мД, в среднем составляет 1 мД.

В результате интерпретации временных сейсмических разрезов и выполнения атрибутного анализа амплитуд в пределах пимской клиноформы прослежены осадочные тела, которые накапливались в условиях регрессирующего морского бассейна в пределах палео-шельфа, палео-склона и палео-депресссионной зоны. Наличие тел подтверждается керновыми данными в скважинах.

На основании проведенных исследований, выявлены и закартированы области развития природных резервуаров в пределах изучаемого месторождения. Определены свойства резервуаров различного генезиса и выявлены резервуары с улучшенными свойствами. Корректная седиментационная модель, с одной стороны, минимизирует риски непопадания в коллектор при бурении, с другой стороны, позволяет ранжировать объекты разработки.

### **Литература**

1. Трушкова Л.Ю., Игошкин В.П., Хафизов Ф.З. Клиноформы неокома. Уникальный тип нефтегазоносных резервуаров Западной Сибири. Санкт-Петербург: ВНИГРИ. 2011. 127 с.
2. Ulmishek G., Gregory F. *Petroleum Geology and Resources of the West Siberian Basin, Russia*. U.S.: Geological Survey Bulletin 2201-G. 2011. p. 49.
3. Жемчугова В.А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем. М.: РГГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2014. 344 с.
4. Карогодин Ю.Н., Ершов С.В. и др. Приобская нефтеносная зона. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ. 1996. 252 с.
5. Конторович А.Э., Нестеров И.И. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. Москва: Недра. 1975. 679 с.

УДК 553.98(571.1)

## **ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЮРСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Габидуллина Гульназ Ильгизовна**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2-го года обучения,  
г. Казань,

[gigabidullina@mail.ru](mailto:gigabidullina@mail.ru)

**Научный руководитель:** – д.г.-м.н, профессор Мухаметшин Рустам Закиевич

**Аннотация:** Рассмотрены основные проблемы освоения традиционных юрских залежей нефти в Западной Сибири. Приведены краткие характеристики тектонического строения, фациальной обстановки, фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов, также рассмотрены особенности разработки данных залежей.

**Ключевые слова:** Западно-Сибирская нефтегазоносная мегапровинция, юрский комплекс, запасы нефти, фациальная обстановка, коллекторские свойства, освоение скважин.

## PROBLEMS OF DEVELOPING TRADITIONAL JURAIAN DEPOSITS IN WESTERN SIBERIA AND POSSIBLE SOLUTIONS

**Gulnaz Gabidullina**

*Kazan (Volga region) Federal University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student,  
Kazan,*

*gigabidullina@mail.tu*

**Research Supervisor:** *Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Rustam Mukhametshin*

**Abstract:** Thesis brief: The main problems concerning development of conventional Jurassic oil deposits in Western Siberia have been introduced. The following academic paper also contains a brief description of tectonic patterns, facies environment, filtration-volumetric characteristics of reservoir rocks. Moreover, the paper work presents features of the reservoir development.

**Keywords:** West-Siberian petroleum megaprovince, Jurassic complex, petroleum reserves, facies environment, reservoir characteristics, well development.

Западная Сибирь была и остается главной энергетической базой страны. В настоящее время Западная Сибирь обеспечивает 57 % суммарной добычи нефти России. В пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной мегапровинции (ЗС НГМП) открыто 902 месторождения углеводородов (УВ), в том числе 350 с залежами в юрском комплексе (ЮК), где выявлено пять полюсов УВ-накопления [9]. Несмотря на бурение большого числа поисковых и разведочных скважин, юрские продуктивные горизонты с традиционными коллекторами оказались на большинстве площадей непродуктивными в силу низких фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) песчаников и алевролитов (проницаемость не выше 0,0002 мкм<sup>2</sup>). Добыча нефти ведется на многих месторождениях центральных и западных регионов мегапровинции, на севере – на одном Харампурском месторождении из горизонта Ю<sub>1</sub> васюганской свиты (накопленная добыча – 34,5 млн т), начата промышленная добыча нефти из горизонта Ю<sub>2</sub> тюменской свиты на Новопортовском месторождении (Ямал) [9]. В отличие от верхнеюрского подкомплекса запасы нефти ниже-среднеюрского подкомплекса большей частью сосредоточены в центральных и северных районах ЗС НГМП [7].

Юрские отложения ЗС НГМП в целом представлены чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников с прослойками углей и углисто-глинистых сланцев в верхнем отделе и характеризуются сложным геологическим строением. Общеизвестно, что наряду с низкими ФЕС (это само по себе обуславливает низкую продуктивность пластов) низкая эффективность выработки запасов в пластах-коллекторах юрской системы обусловлена их резко выраженной неоднородностью как в плане, так и по разрезу. Основной объем запасов пластов следует относить к категории трудноизвлекаемых [12].

В структуре юрско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирская плита в первом приближении представляет собой огромную плоскую впадину, или мегасинеклизу, с широкими полого моноклинальными западными, южными и восточными крыльями, где мощность этого комплекса составляет до 3 км, постепенно выклиниваясь к краям плиты, и более погруженными (от 3 до 6-8 км) внутренними частями в центре и на севере плиты [5].

Выполненный анализ взаимосвязи нефтегазоносности ЗС НГМП с тектоническими процессами, происходившими в мезозое и кайнозое, основой которого послужили структурные карты и карты изопахит сейсмогеологических мегакомплексов и результаты интерпретации региональных сейсмических профилей МОГТ, позволил определить основные этапы формирования структур различных порядков и время возникновения разрывных нарушений [4]. Это позволило автору исследования сделать вывод о том, что доминирующее влияние на нефтегазоносность крупнейшей в мире мегапровинции оказал кайнозойский этап развития [4], а на севере Западной Сибири на примере Медвежьего месторождения – турон-кайнозойский этап развития [3], что дает основание считать характерным для большинства структур, по крайней мере крупных, достаточно полное или частичное совпадение структурных планов по основным нефтегазоносным комплексам (рис. 1). В частности, область развития унаследованных поднятий Западно-Сибирского бассейна формировалась в центральной части бассейна, где наиболее выраженные поднятия — структуры Широкого Приобья, которые формировались на жестком платформенном массиве [10].

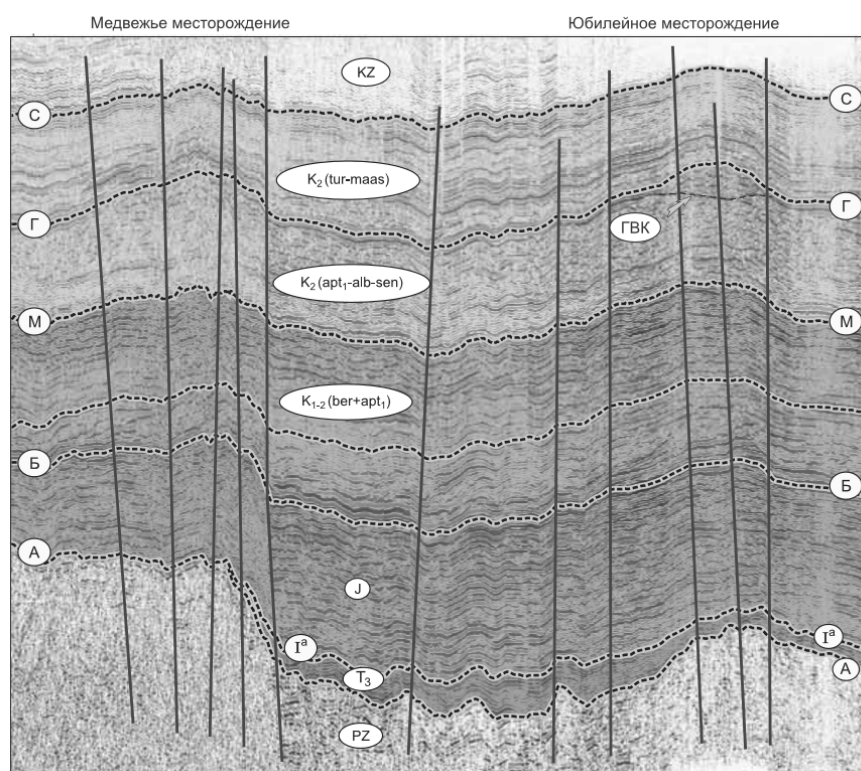


Рис. 1. Сейсмологическая характеристика разреза [3].

Низкие коллекторские свойства алевропесчаников юрского возраста обусловлены неблагоприятной фациальной обстановкой. Эвстатические процессы юрского периода обусловили циклическое чередование в осадочном выполнении Западно-Сибирского седиментационного бассейна трансгрессивных глинистых и регрессивных песчано-алевритовых толщ. И в исключительно глинистых, и в представленных алевропесчаниками горизонтах в составе осадков по направлению к областям сноса возрастают доля неморских пород и объем обломочного материала [10]. Например, на 70 % площади ЯНАО, то есть в окраинных районах, коллекторские горизонты развиты только в разрезе тюменской континентальной свиты и ее морских аналогов общей мощностью от 300-600 м [5].

По общему мнению, стратиграфические горизонты нижней и средней юры состоят из местных подразделений переходной и континентальной фациальных областей [11], а в верхней юре преобладают морские образования, при этом юрский цикл осадконакопления завершается накоплением своеобразных, богатой органикой отложений баженовской свиты волжского возраста [10]. В целом юрский комплекс Западно-Сибирской МП характеризуется сложным геологическим строением и неоднородностью пластов. В его составе песчано-глинистая толща тюменской свиты нижней-средней юры ( $Ю_2$ – $Ю_{\square\square}$ ), песчано-алевролитовые отложения келловей-оксфорда ( $Ю_1$ ) и глинистые отложения баженовской толщи (волжский ярус,  $Ю_0$ ) [9].

Объектами поиска, разведки залежей нефти и газа служат главным образом байос-батский и келловей-волжский комплексы, каждый из которых представляет собой относительно автономную систему, включающую резервуары, флюидоупоры и нефтепроизводящие породы [2]. Байос-батский комплекс пород, включающий отложения средней и верхней подсвиты тюменской свиты, широко распространен и отсутствует только в присводовых частях наиболее контрастных положительных структур. Мощность комплекса – 0-265 м.

В состав келловей-волжского осадочного комплекса входят отложения васюганской, георгиевской и баженовской свит. Комплекс пород накапливался преимущественно в прибрежно-, мелководно- и глубоководно-морских условиях. Средняя часть келловей-волжских отложений представлена сериями песчаных пластов, совокупность которых формирует регионально-нефтеносный горизонт  $Ю_1$ . В депрессионных зонах горизонт  $Ю_1$ , как правило, перекрыт отложениями георгиевской свиты, толщина которой редко превышает 6-8 м. В кровле комплекса залегает баженовская свита, которая, являясь нефтепроизводящей толщей, одновременно выполняет роль регионального флюидоупора для залежей в отложениях верхневасюганской подсвиты.

Анализируя схему строения каждого из подразделений (свит и комплексов), следует отметить, что их верхние, прикровельные части представлены регионально выдержанными по толщине изохронными глинистыми либо углисто-глинистыми пачками. Коллекторские свойства продуктивных пластов определяются количеством глинистого и карбонатного цемента, а также интенсивностью окварцевания и пиритизации. Карбонатность юрских алевропесчаников юры изменяется от 1–3 до 18–24 %, а пористость открытая, варьирует от 7–9 до (редко) 16–18 %. При увеличении карбонатности до 10 % значение пористости снижается до 13 %, а проницаемость до  $1 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. При глинистости более 25 % и карбонатности свыше 10 % фильтрационно-емкостные свойства резко ухудшаются [8], и породы являются неколлекторами. Эта особенность обуславливает литологическое осложнение залежей нефти пластового типа.

Проблема разработки юрских залежей Западной Сибири заключается в резкой дифференциации фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пластов в плане и по разрезу. Продуктивные пласты юрского комплекса относятся к коллекторам с низким фильтрационным потенциалом, проницаемость которых составляет менее  $4 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Фронтальное вытеснение нефти из таких коллекторов крайне затруднено. Извлечение нефти преимущественно осуществляется в режиме капиллярной пропитки в направлении естественных и техногенных трещин [1]. Это позволяет снизить фильтрационное сопротивление при закачке проппанта и увеличить его объем в пласте. Из приведенных данных основных показателей ГРП на одном из объектов Самотлорского месторождения видно (табл. 1), что достигается большая эффективность при проведении предварительной перфорации зарядами с большим диаметром перфорированного отверстия (Big Hole) и без нее: успешность операций увеличилась на 22%, а прирост дебита нефти на 20%. Высока эффективность проведения перфорации и на депрессии: успешность в низкопродуктивных пластах юрских отложений Нижневартовского района ( $K_{пр} = 6 \cdot 12 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>) достигает 100% при приросте дебита нефти 7,3 т/сут [1].

Таблица 1

Средние показатели производительности скважин после ГРП с применением обычной и модифицированной перфорации (по С.И. Грачеву и др., 2012)

Показатель	ГРП традиционный	ГРП с Big Hole
Масса закачанного проппанта, т	34,00	35,52
Пластовое давление перед ГРП, МПа	16,8	16,7
Дебит жидкости, м <sup>3</sup> /сут	71,7	82,8
Дебит нефти, м <sup>3</sup> /сут	35,0	46,3

Таким образом, подводя итоги обобщения материалов по юрскому нефтегазоносному комплексу можно выделить как отрицательные, так и позитивные стороны при освоении содержащихся в них залежей нефти (табл. 2).

Таблица 2

Отрицательные	Положительные
1. Низкие фильтрационно-емкостные свойства пластов-коллекторов, их высокая степень неоднородности (микро- и объемной).	1. Широкое развитие терригенных отложений средней и верхней юры на территории ЗС МНГП.
2. Литологическое осложнение залежей нефти пластового типа, связанное в том числе и меняющейся фациальной обстановкой на протяжении юрского периода.	2. Детальный фациальный анализ может выявить зоны с благоприятной обстановкой накопления осадков (песчаников и алевролитов) с точки зрения ФЕС.
3. Невысокая удельная плотность запасов нефти на большинстве объектов (залежей).	3. Полное или частичное совпадение структурных планов по основным нефтегазоносным комплексам осадочной толщи позволяет повысить эффективность доразведки и освоения залежей нефти юрского НГК, в т.ч. путем углубления эксплуатационных скважин неокского комплекса.
4. Сравнительно небольшой опыт освоения скважин после бурения с применением традиционных технологий.	4. Появление новых технологий освоения скважин и возможность их комплексирования для получения синергетического эффекта

### **Литература**

1. Грачев С.И. Совершенствование разработки коллекторов юрских отложений. // Нефть и газ, 2012. № 4. С. 53-57.
2. Конторович В.А. История тектонического развития юго-востока Западной Сибири в юрский период // Геология нефти и газа, 1999. №1-2. С. 7-15.
3. Конторович В.А., Конторович Д.В., Сурикова Е.С. История формирования крупных антиклинальных структур – ловушек для уникальных газовых залежей на севере Западной Сибири (на примере Медвежьего месторождения) // Геология и геофизика, 2014. № 6. С. 862—873.
4. Конторович В.А. Мезозойско-кайнозойская тектоника и нефтегазоносность Западной Сибири // Геология и геофизика, 2009. № 4. С. 461-474.
5. Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (северной Евразии) // М., 1996. С. 448.
6. Пуртова И.П., Вариченко А.И., Шпуров И.В. Трудноизвлекаемые запасы нефти. Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // Проблемы изучения недр, 2011. №6. С. 21-26.
7. Пятницкая Г.Р., Скоробогатов В.А. Изучение и освоение углеводородного потенциала нижне-среднеюрской толщи северных областей Западной Сибири: итоги и перспективы // Вести газовой науки, 2018. №3(35). С. 86-104.
8. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П., Зубарев Д.И. Геологические особенности и оценка добычного потенциала отложений тюменской свиты // Вестник Пермского университета, Том 16, 2017. №1. 61-67.
9. Скоробогатов В.А. Юрский продуктивный комплекс Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее // Научно-технический сборник. Вести газовой науки, 2017. № 3(31). С. 36-58.
10. Ступакова А.В., Стафеев А.Н., Сулова А.А., Гиляев Р.М. Палеогеографические условия в Западно-Сибирском бассейне в титоне-раннем берриасе // Вестник Московского университета, серия 4, 2016. № 6. С. 10-19.
11. Сурков В.С., Казаков А.М., Девятков В.П. и др. Нижне-среднеюрские отложения юга Западной Сибири (стратиграфия, фацимальное районирование) // Геология нефти и газа, 1999. № 1-2. С. 15-22.
12. Шпуров И.В., Растрогин А.Е., Браткова В.Г. О проблеме освоения трудноизвлекаемых запасов нефти Западной Сибири // Геология и геологоразведочные работы, 2014. №12. С. 95-97.

УДК 553.98

## **СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВЫЕ ЗОНЫ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ**

**Сединин Дмитрий Алексеевич**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,  
г. Пермь

e-mail: mybox159rus@gmail.com

**Научный руководитель:** ассистент, Красильников Виталий Павлович

**Аннотация:** На фоне тенденций развития современного общества, объемы потребления наиболее ценных природных ресурсов, таких как нефть и газ также возрастают. Высокая актуальность углеводородов обуславливается широким спектром их применения практически во всех областях промышленных отраслей, что в свою очередь придает проблематике оскудения эксплуатируемых месторождений глобальный характер. Одним из возможных вариантов решения сложившейся ситуации можно рассматривать складчато-надвиговые зоны с точки зрения их нефтегазоносного потенциала.

**Ключевые слова:** нефть, нефтегазоносность, складчато-надвиговые зоны, надвиги, складки, газ, Урал.



## FOLD-THRUST AREAS AS POTENTIAL OBJECTS OF OIL AND GAS POTENTIAL

*Dmitry Sedinin,*

*Perm State University, 3<sup>st</sup> year Student,*

*Perm*

*e-mail:mybox159rus@gmail.com*

*Research Supervisor: Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy Pavlovich*

**Abstract:** Against the background of trends in the development of modern society, the volume of consumption of the most valuable natural resources, such as oil and gas, is also increasing. The high relevance of hydrocarbons is due to the wide range of their application in almost all areas of industrial sectors, which in turn gives the problem of impoverishment of exploited fields a global character. One of the possible solutions to this situation can be considered folded-thrust zones in terms of their oil and gas potential.

**Keywords:** oil, oil and gas content, fold-thrust zones, overhangs, folds, gas, the Urals.

Успешный опыт других стран, в особенности таких как США и Венесуэла указывает на непосредственную связь крупных скоплений углеводородов (УВ) с передовыми прогибами и складчато-надвиговыми зонами. Особенно интересно проведение сравнительного анализа складчато-надвиговых структур представленных стран с подобными структурами, располагающимися непосредственно на территории России. Выявление общих черт и закономерностей в строении и формировании изучаемых зон способно благотворно повлиять на эффективность дальнейших геологоразведочных работ. [3]

В бассейнах скалистых гор нефть приурочена преимущественно к отложениям девона – в карбонатных коллекторах под надвигами, которые в местах перегибов сместителей образуют ловушки. На данный момент в этих ловушках обнаружено порядка более 40 перспективных месторождений углеводородов (Рис.1). Объемы некоторых из них, таких как месторождение Пайнвью (начальные извлекаемые запасы нефти – 31 млн. т, газа – 2,8 млрд. м<sup>3</sup>), Рикман-Крик (13,5 млн. т, газа – 5,7 млрд. м<sup>3</sup>), Пейнтер-Резервуар (20 млн. т, 7,1 млрд. м<sup>3</sup>) достигают промышленных масштабов. Крупнейшим же из выявленных в настоящее время месторождений является многопластовое месторождение Уитни-Каньон-Картер-Крик, разведанные запасы газа которого составляют – 150 млрд. м<sup>3</sup>. [2]

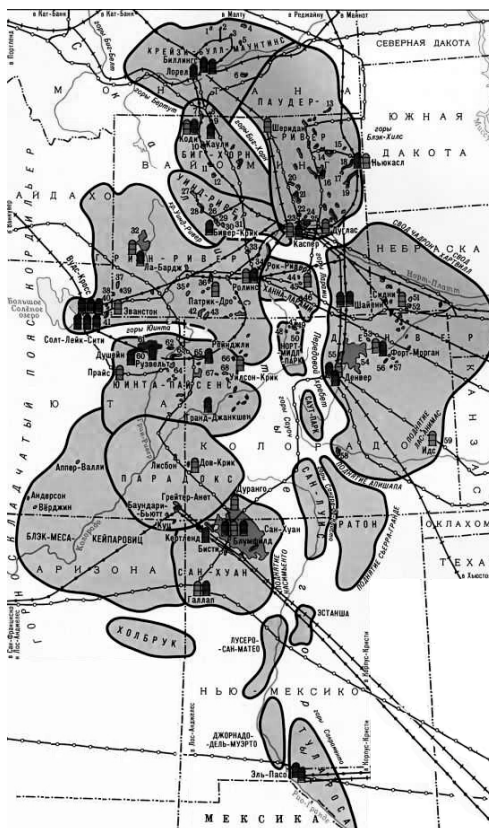


Рис. 1. Нефтегазоносные бассейны скалистых гор



Восточно-Венесуэльский бассейн так же характеризуется надвиговой зоной, протянувшейся на расстояние 970 км по его складчатому борту (Рис.2). Месторождение Эль-Фурриаль, открытое в данной зоне в 1988 г. относится к погребенной антиклинали, нарушенной серией надвигов. Извлекаемые запасы нефти оцениваются в 270 млн. т., дебиты нефти и газа в первой скважине составляют 1300 т/сут. и 260 тыс. м<sup>3</sup>/сут. соответственно. Продуктивные отложения представлены терригенными отложениями верхнего мела и палеогена. [2]

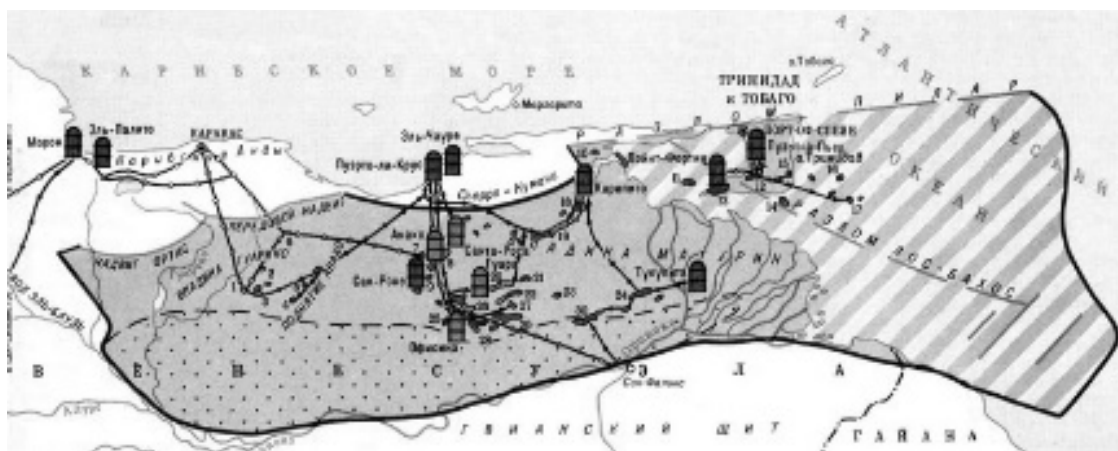


Рис. 2. Восточно-Венесуэльский бассейн.

На основании принципов структурного анализа и метода аналогии, можно прийти к выводу, что геологические структуры складчато-надвиговых поясов Скалистых гор и Аппалачей тождественно похожи на таковые структуры Предуральского прогиба и западного склона Урала (Рис.3). В Аппалачской складчатой области как и на Урале наблюдается погружение допалеозойского фундамента в сторону складчатой области, а также структурно-формационные зоны надвинуты одна на другую в виде серии крупных шарьяжей, перемещенных к западу. [1]

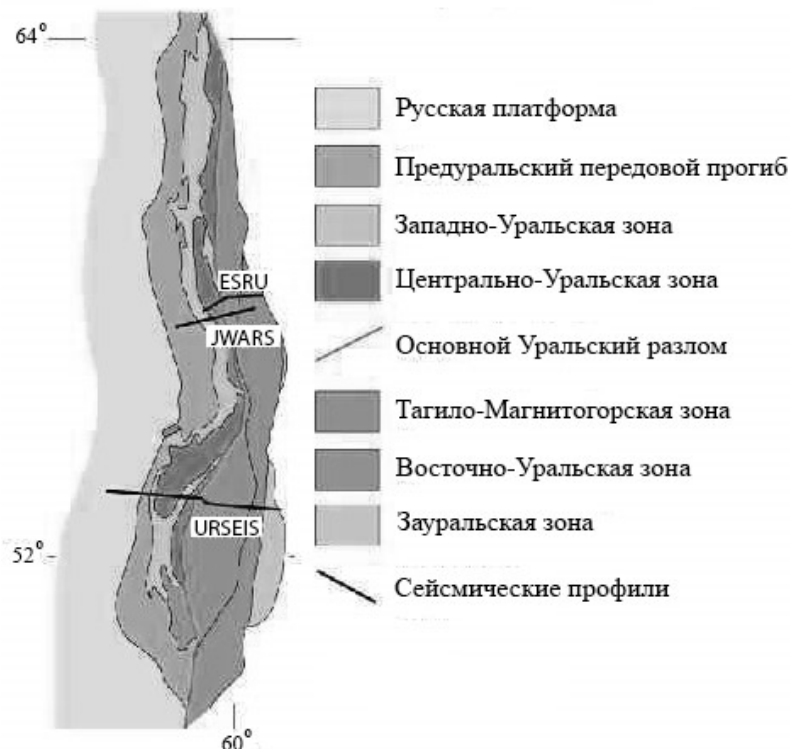


Рис.3 Схема тектонического строения Уральской складчатой области

К перспективным землям складчато-надвиговой зоны Урала относятся западные территории, примыкающие к предуральскому прогибу и характеризующиеся благоприятными условиями для формирования и сохранения залежей. На данной территории развиты отложения пермского периода с немногочисленными выходами пород карбона, что обеспечивает условия гидрогеологической закры-

тости основных перспективных комплексов. Северная часть территории осложнена серией высокоамплитудных надвигов и характеризуется чешуйчатым строением. Потенциально залежи углеводородов можно ожидать в автохтонных, аллохтонных и паравтохтонных частях разреза. Высокая степень трещиноватости пород, вблизи тектонических нарушений, способствует улучшению их коллекторских свойств, что при наличии надежных покрышек, способствует формированию УВ промышленных масштабов. Следует также учитывать что фактор трещиноватости для складчато-надвиговой зоны Урала изучен слабо, что дополнительно расширяет вероятность нахождения на данной территории новых перспективных месторождений. [4]

Сходство геологического строения надвиговых поясов Западного Урала и Скалистых гор, крайне интересно, ввиду наличия на территории последних масштабных месторождений углеводородов, тем самым придавая вопросу необходимости проведения на Западном Урале активных нефтепоисковых работ высокую степень приоритетности. Тщательное изучение региона, проведение детальных геологоразведочных работ с привлечением современных технических средств, а также использование методов палеогеографических реконструкций повышает шансы обнаружения в этом регионе новых месторождений углеводородного сырья, что в дальнейшем может послужить серьезной базой для увеличения нефтегазового потенциала в Европейской части России в ближайшем будущем.

#### **Литература**

1. Камалетдинов М. А. *Покровные структуры Урала*. - М.: Наука, 1974. - 230с.
2. Кучерук Е. В. Активизация поисково-разведочных работ на нефть и газ в зонах региональных надвигов // *Геология нефти и газа* - 1989. - №7. - <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1989/07/Stat/stat15.html>
3. Соборнов К. О. Возможности наращивания ресурсной базы газодобычи в складчатых поясах России // *Вести газовой науки*. 2014. №3(19). С. 56-61
4. Фархутдинов И. М. Поиски месторождений углеводородов в поднадвиговых отложениях Башкирского мегантиклинория Южного Урала // *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: мат-лы VIII Межрегиональной науч.-практич. конференции* - Уфа, 2010. - С. 177-179.

УДК 553.98

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КУМУЛЯТИВНОЙ И ЩЕЛЕВОЙ ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА**

**Сологубова Мария Витальевна**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, студент 4 курса,  
г. Пермь*

*e-mail: mary.sologubova@yandex.ru*

**Крысин Николай Николаевич**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, студент 4 курса,  
г. Пермь*

*e-mail: nkrysin@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент, Мелкишев Олег Александрович

**Аннотация:** В статье рассматривается вопрос влияния фациальных особенностей коллектора на эффективность перфорации. Проведен сравнительный анализ двух методов перфорации.

**Ключевые слова:** перфорация, щелевая гидропескоструйная перфорация, кумулятивная перфорация, фация, коллекторские свойства, месторождение, нефть, Соликамская депрессия.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF CUMULATIVE PERFORATION AND ABRASIVE PERFORATION DEPENDING ON FACIAL FEATURES OF THE PRODUCTIVE LAYER

**Mariia Sologubova**

*Perm national research polytechnic university, 4<sup>th</sup> year Student, Perm*

*e-mail: mary.sologubova@yandex.ru*

**Nikolai Krysin**

*Perm national research polytechnic university, 4<sup>th</sup> year Student, Perm,*

*e-mail: nkrysin@gmail.com*

**Research Supervisor:** *Candidate of engineering science, Reader, Oleg Melkishev*

**Abstract:** The article raises the question of the influence of facies features of the collector on the effectiveness of perforation. A comparative analysis of two methods of perforation has made.

**Keywords:** perforation, abrasive perforation, cumulative perforation, facies, reservoir properties, oil-field, oil, Solikamsk depression.

Применение методов интенсификации добычи позволяет поддерживать добычу углеводородов (УВ) на месторождениях и способствовать повышению извлечения УВ из пластов. Методы повторной перфорации и дострела продуктивных интервалов направлены на улучшение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) призабойной зоны пласта, либо на снижение скин-фактора и повышение сообщаемости между скважиной и пластом. Наиболее широкое применение на практике получили кумулятивная перфорация и щелевая гидropескоструйная [1] перфорация (ЩГПП).

Первичное вскрытие – это вскрытие пласта долотом в процессе бурения, при котором одной из основных задач является сокращение серьезных потерь первичных фильтрационно-ёмкостных свойств коллектора. Также при первичном вскрытии, необходимо отметить, что на пласт, а именно на призабойную зону пласта, влияет количество и химический состав фильтрата бурового раствора: использование того или иного бурового раствора может как улучшить ФЕС пласта, так и наоборот значительно их понизить. При вторичном вскрытии основной задачей является создание гидродинамической связи между заколонным пространством и скважиной [3].

В настоящее время наибольшее распространение получила кумулятивная перфорация, за счет наименьших экономических затрат. Не смотря на преимущества, данный метод имеет ряд недостатков, такие как разрушение цементного камня из-за сильной ударной волны в момент перфорации. Это приводит к нарушению целостности конструкции скважины и образованию заколонных перетоков [2]. Также можно отметить получаемый маленький радиус перфорационных каналов, что непосредственно влияет на эффективность фильтрации в прискважинной области.

В отличие от кумулятивной, щелевая гидropескоструйная перфорация наиболее бережно воздействует на конструкцию скважины, предотвращая разрушение камня цементной колонны, за счет чего снижается риск обводненности скважин, а также обеспечивается наиболее полное вскрытие тонких продуктивных пропластков. К недостаткам данного метода можно отнести высокую стоимость, а также то, что большое внимание должно уделяться точности позиционирования перфоратора при проведении работ.

В работе проведен сравнительный анализ эффективности данных геолого-технологических мероприятий в отложениях бобриковского яруса Уньвинского месторождения, расположенного в Пермском крае, на территории Соликамской депрессии.

Описания продуктивных отложения были изучены по данным фотоальбомов с подробным послойным литологическим описанием керна, также, были проанализированы материалы геофизических исследований по этим скважинам. В пределах пласта выделяется 2 комплекса фаций: протоки дельты и поймы. Комплекс фаций протоки дельты представлен фациями осевой и краевой части протоки. А комплекс фаций поймы на рассматриваемой территории сложен фацией береговых валов.

Фация осевой части протоки представлена пористыми песчаниками мелко-, средне- и крупнозернистыми с углисто глинистыми прослойками.

Отложения фации краевой части протоки образуют песчаные толщи разномзернистые, пористые, слабоглинистые, также отмечается наличие пирита, растительного детрита и единичные прослои аргиллитов и глинистых алевролитов.

Фазию береговых валов составляют переслаивающиеся аргиллиты и алевролиты со слоистой волнистостью и включениями растительного детрита.

Проведенные ГТМ по 14 добывающим скважинам включали в себя работы по реперфорации пласта: на щелевую гидропескоструйную перфорацию приходится 7 мероприятий, 9 мероприятий на кумулятивную. Для данных скважин по карте была определена фациальная принадлежность, 5 скважин относится к фации осевой части протоки, 8 скважин – к краевой части протоки, одна скважина принадлежит к фации береговых валов. Для скважин с вторичной перфорацией анализировались основные показатели разработки: в течение 3 месяцев до проведения ГТМ, в месяц проведения ГТМ, и в течение пяти месяцев после проведения.

На рисунке 1 приведен график зависимости коэффициента проницаемости от коэффициента пористости для каждой выделенной фации в пределах бобриковского пласта по рассматриваемым скважинам. По графику видно, что облака разных фаций перекрывают друг друга, что в свою очередь говорит об отсутствии четко выраженной дифференциации фаций по основным ФЕС.

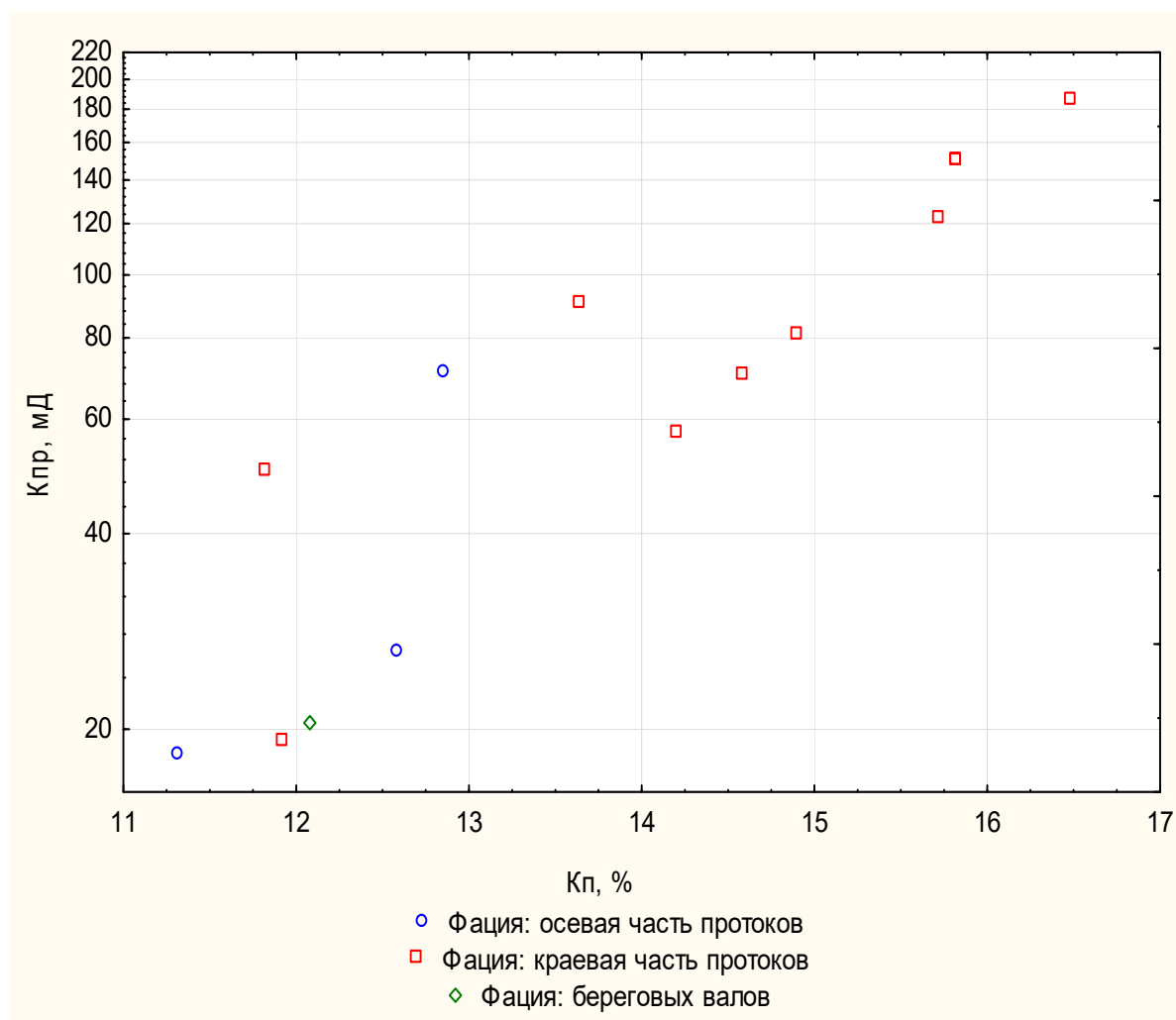


Рис. 1 Зависимость Кпр от Кп для фаций пласта Бб

Было выявлено, что в фации осевой части протоки, в интервалах проведения ЩГПП, средние значения проницаемости 70,8 мД и пористости 12,85% выше, чем в интервалах проведения кумулятивной – 22,39 мД, 11,95% соответственно. Если рассматривать фацию краевых частей протоков, то можно заметить, что проницаемость и пористость интервалах проведения ЩГПП - 122,24 мД, 15,46% так же выше, чем в интервалах кумулятивной перфорации, где проницаемость равна 84,67 мД, а пористость - 12,4%. Наименьшие значения пористости и проницаемости были вскрыты в фации береговых валов, где в интервалах ЩГПП наблюдались проницаемость, равная 19,89 мД, и пористость 11,99 %, в интервалах кумулятивной фация береговых валов не наблюдается.

Для того, чтобы наиболее точно оценить эффективность мероприятий, необходимо использовать величину  $Q'$ , рассчитываемую по формуле (1):

$$Q' = \frac{Q_{уд}}{K_{пр}} = \frac{q}{h \cdot K_{пр}} \left[ \frac{\tau}{c_{ут} \cdot k \cdot mD} \right] \quad (1)$$

где  $Q_{уд} = \frac{q}{h}$  – удельный дебит жидкости  $\left[ \frac{м^3}{сут \cdot м} \right]$ ,  $K_{пр}$  – коэффициент проницаемости [мД].

Необходимость использования данной формулы обусловлена тем, что путем деления суточного дебита скважины на мощность коллектора и величину проницаемости, исключается влияние данных геологических характеристик, что позволяет в большей мере оценить эффект от проведенных ГТМ.

Для каждого рассматриваемого типа перфорации и фации были построены зависимости среднего изменения величины  $Q'$  от времени (рисунки 2 и 3).

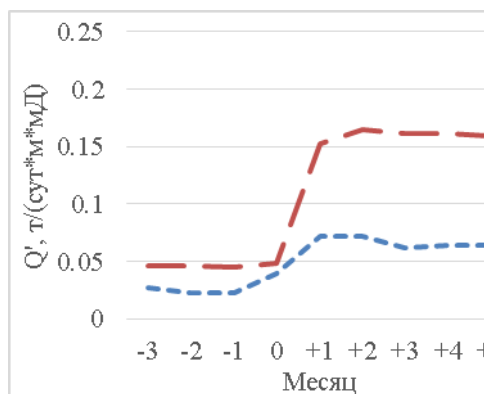


Рис. 2 Расчётные средние  $Q'$  для кумулятивной перфорации

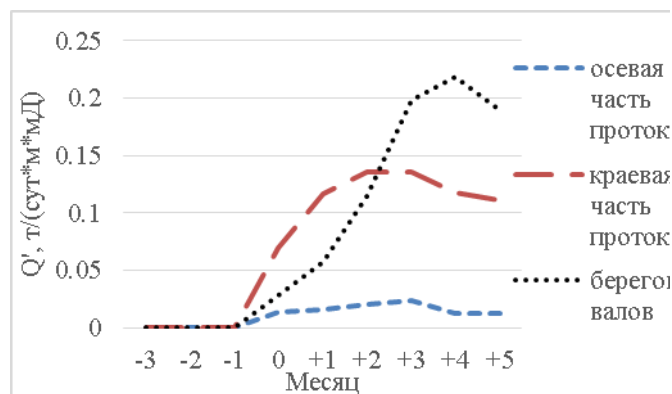


Рис. 3 Расчётные средние  $Q'$  для ЩГПП

Для каждой фациальной зоны затруднительно установить наиболее эффективный тип ГТМ в силу малого объема выборки: кумулятивная реперфорация не проводилась в фации береговых валов, ЩГПП была проведена в 3 скважинах в фации осевой части протоки и в 2 скважинах в фации береговых валов.

Согласно полученным результатам невозможно установить наличие прямой зависимости эффективности перфорации от фациальной принадлежности пласта.

Важно отметить, что на эффективность применения такого метода как реперфорация, наряду с предыдущей историей работы скважины влияют и технологические параметры: в случае кумулятивной перфорации [2] это конструкция перфоратора, вид кумулятивного заряда и масса взрывчатого вещества. При ЩГПП наибольшее влияние могут оказывать расход раствора с содержанием песка и тип насадки.

### Литература

1. Галухин А.С. Обоснование вскрытия продуктивного пласта путем гидродескоструйной перфорации на Ново-Давыдовском месторождении / А.С. Галухин, С.В. Шальская // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 86-100.
2. Гриф Е.М. проблемы современной кумулятивной скважинной перфорации / М.Е. Гриф, А.В. Гуськов, К.Е. Милевский // Техника XXI века глазами молодых ученых специалистов. – 2018. – № 17. – С. 201-207.
3. Неволин В.Г. Опыт использования компенсаторов взрывных давлений при кумулятивной перфорации (в качестве обсуждения) // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т. 15, №21. – С. 385-400.

## СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ СЕНЕГАЛО-МАВРИТАНСКОГО БАСЕЙНА

**Балло Мамаду Бабаджан**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
аспирант 2 курс, Пермь, Россия*

*[babadjanmamadoub@gmail.com](mailto:babadjanmamadoub@gmail.com)*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Карасева Татьяна Владимировна

**Аннотация:** Сенегало-Мавританский осадочный бассейн, включающий сушу и море, расположен вдоль северо-западного побережья Африки и включает в себя части Западной Сахары, Мавритании, Сенегала, Гамбии, Гвинеи-Бисау и Гвинеи. Бассейн классифицируется как пассивная окраина Атлантического типа. Добыча углеводородов в бассейне на сегодняшний день ограничена несколькими небольшими месторождениями нефти и газа на шельфе вокруг Сенегала в коллекторах песчаников верхнего мела, ограниченных нормальными разломами, из которых три месторождения (два газовых и одно нефтяное). Бассейн обладает углеводородным потенциалом как на шельфе, так и на суше, а неразведанные газовые ресурсы могут быть значительными и доступными в районах, где зона нефтеобразования относительно неглубока.

**Ключевые слова:** Сенегало-Мавританский бассейн, тектоника, формирование, рифтинг, нефтяные системы.

## STRUCTURE AND PETROLEUM OF SENEGAL-MAURITANIAN BASIN

**Ballo Mamadou Babadjan,**

*Perm state national research university, Post-graduate Student  
Perm, Russia*

*[babadjanmamadoub@gmail.com](mailto:babadjanmamadoub@gmail.com)*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Karaseva Tatyana Vladimirovna

**Abstract:** The Senegalo-Mauritanian sedimentary basin, which includes land and sea areas, is located along the northwestern coast of Africa and includes parts of Western Sahara, Mauritania, Senegal, the Gambia, Guinea-Bissau, and Guinea. The basin is classified as a passive edge of the Atlantic type. Hydrocarbon production in the basin is currently limited to several small offshore oil and gas fields around Senegal in upper Cretaceous Sandstone reservoirs bounded by normal faults, of which three are fields (two gas and one oil). The basin has hydrocarbon potential both on the shelf and on the land, and undiscovered gas resources can be significant and available in areas where the oil formation zone is relatively shallow.

**Keywords:** Senegal-Mauritanian basin, tectonic, formation, rifting, petroleum systems.

Сенегало-Мавританский осадочный бассейн является самым большим из прибрежных бассейнов, существующих на северо-западе Африки (рис. 1). Он занимает площадь 340000 км<sup>2</sup> и имеет протяженность береговой линии от 1200 до 1300 км от мыса Бланк в северной части Мавритании до мыса Рохо на юге в Гвинее-Бисау [3]. Его ширина составляет 560 км на параллели Дакара, а мощность мезо-кайнозойских образований достигает 12000 м к югу Сенегала.

Сенегало-Мавританский бассейн состоит из мезозойских и кайнозойских осадочных отложений, самые древние отложения представлены протерозойскими образованиями [3]. Фундамент сложен силурийско-девонскими породами бассейна Бове, панафриканской и герцинской цепью мавританидов на востоке и гранитизированным докембрийским фундаментом хребта Регуйбат [4]. На западе, бассейн открыт в Атлантический океан. На первый взгляд бассейн имеет простую структуру, которая характеризуется фундаментом, погружающимся с востока на запад. Из тектонических явлений отмечено образование многих нормальных разломов, которые неоднократно воспроизводились [2]. Толщина и возраст осадочной толщи бассейна позволяют выделить восточный и западный домен, разделенные зоной изгиба. Восточный домен расположен к востоку от западного меридиана 15°50', его

фундамент постепенно опускается на запад. Он изменен и покрыт несколькими сотнями метров меловых (верхнесеноманских до маастрихтских) пород, нижними третичными известняковыми мергелями и известняками [4] Зона изгиба лежит между меридианами 15°30' и 16°30'.

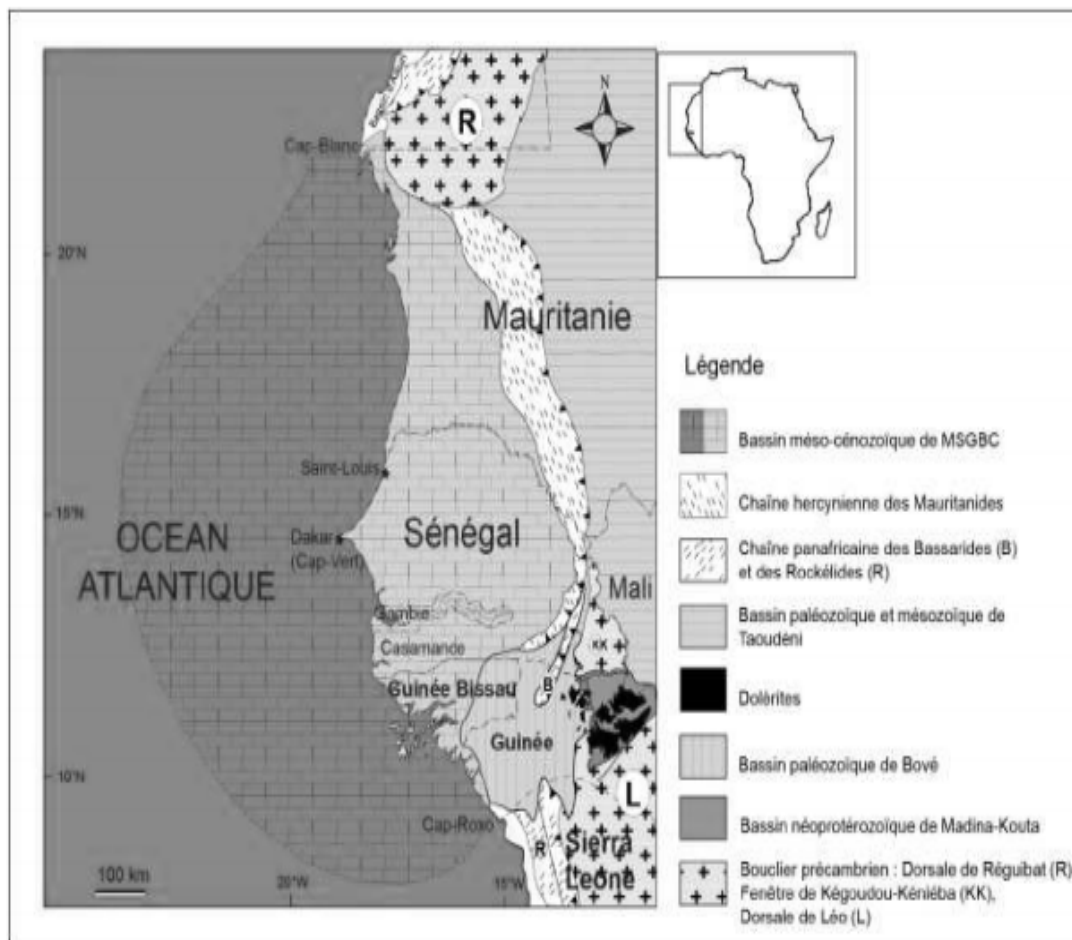


Рис.1. Геологическая карта Сенегало-Мавританского бассейна

Западный домен простирается к западу от меридиана 16°30' и захватывает море, его фундамент не был вскрыт бурением, толщина осадочного чехла по геофизическим данным превышает 8000 м [3]. Осадочный чехол состоит из верхнеюрских известняков, глин, песчаников, редко из меловых известняков и третичных известняков и мергелистых известняков. В районе полуострова Кабо-Верде этот западный домен характеризуется разломами, параллельными побережью, срезающими блоки горстами и грабенами, связанными с вулканизмом от среднего миоцена до четвертичного периода.

История формирования бассейна характеризуется тремя этапами [5] или фазами (рис. 2). Дорифтовая фаза представлена в основном обломочными отложениями от кембрия до ордовика. Наиболее полная дорифтовая серия была выявлена в ходе бурения скважин DM1 и KO1 (Diamniadio 1 и Kolda 1). В этой серии были определены два основных тектонических режима: обширный режим с системой блоков качания, горстов и грабенов на юге и востоке суббассейна Казаманса, а также на юге региона Кабо-Верде. Компрессионный режим наблюдался в центре и на севере бассейна, он связан с каледонским и герцинским орогенезом. Фаза рифтовая представлена континентальными перм-триасовыми песчаниками и озерными глинами, увенчанными эвапоритами (солью, гипсом и ангидритом) в куполах. Пострифтовая фаза характеризуется осадочными сериями от средней юры до голоцена. и началом солевой тектоники.



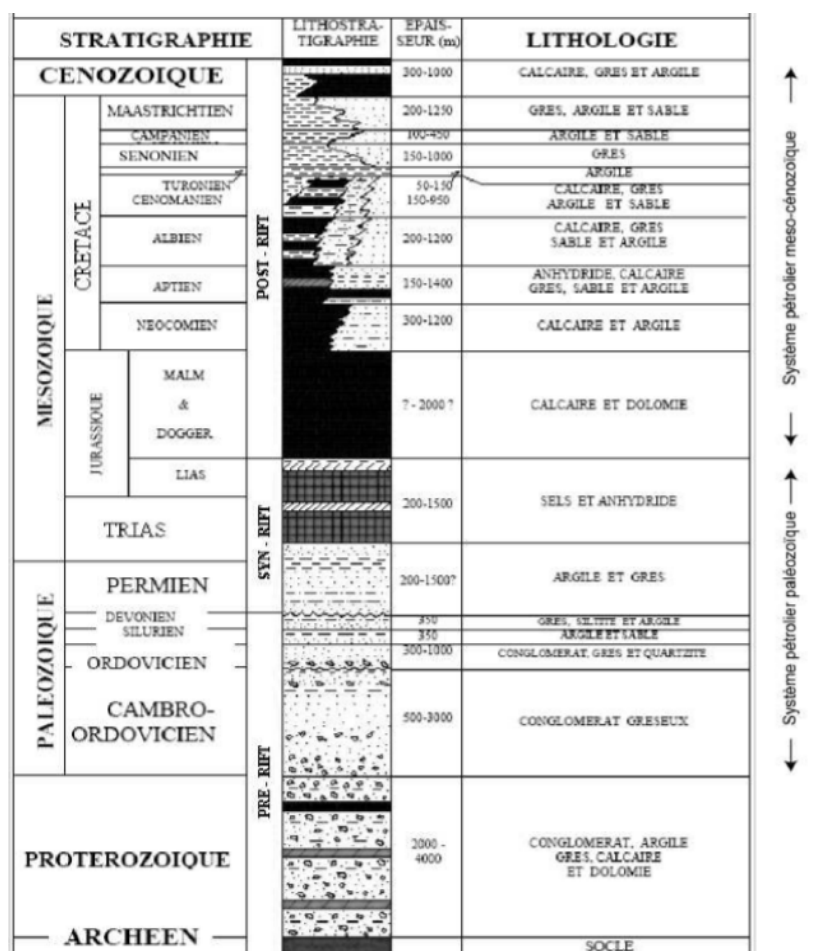


Рис.2. Стратиграфическая колонка Сенегало-Мавританского бассейна, показывающая три фазы геодинамической эволюции

Несмотря на невысокую изученность, Сенегало-Мавританский бассейн характеризуется развитием нефтегазоносности, которая распространяется на шельфовую и континентальную зоны. В последние годы открыт даже ряд крупных месторождений.

Таким образом, особенности строения и истории формирования Сенегало-Мавританского осадочного бассейна, как и многих рифтовых бассейнов, свидетельствуют о благоприятных условиях для формирования нефтегазоносности.

### Литература

1. Bellion Y. et Crevola G. Cretaceous and Cenozoic Magmatism of the Senegal Basin (West Africa) A Review. In Kampunzu A B. Lubala R. T., Eds., Magmatism in Extensional Structural Settings The Phanerozoic African Plate.- Springer Verlag Publ., Berlin, 1991, p.189-208.
2. Bellion, Y. Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, l'Alger, Tchad) // These Univ. Avignon et des pays de Vaucluse, 1987, p.292.
3. Bellion, Y. et Guiraud, R.. Les coupures (lacunes, discordance) dans la série sédimentaire post-paléozoïque du bassin Sénégalais In: 10è Ann Sci Terre (Paris), livre en dépôt à la Soc. Géol. France, 1982, p. 40.
4. Bellion, Y. et Guiraud, R.. Le bassin sédimentaire Sénégalais. Synthèse des connaissances actuelles. BRGM et DMG (édit). In: Plan Minéral de la République du Sénégal, volume I, 1984, p. 4-63.
5. Brownfield, M. E., Charpentier, R R. Assessment of the undiscovered Oil and Gas of the Senegal Province, Mauritania, Senegal, the Gambia, and Guinea-bissau, Northwest Africa: U.S. geological Survey Buletin 2207-A, 2003.

## НАДВИГОВЫЕ ПОЯСА УРАЛА И СКАЛИСТЫХ ГОР: ОБЩНОСТЬ СТРОЕНИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

**Чадов Всеволод Олегович**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 3 курса, г. Пермь*

*e-mail: seva.chadov@yandex.ru*

**Научный руководитель:** ассистент, Красильников Виталий Павлович

**Аннотация:** В реалиях современного мира проблематика истощенности ресурсной базы углеводородов является одной из приоритетных. Потребность поиска новых зон генерации и аккумуляции нефти и газа расширяют область геологоразведочных работ, затрагивая перспективные, но одновременно достаточно сложные для работы территориальные локации, такие как шельф или районы вечной мерзлоты. Однако помимо этих перспективных в нефтегазоносном плане зон, существуют территории, чья перспективность по части вероятности обнаружения новых промышленных месторождений нефти и газа столь же велика, а экономическая целесообразность поиска и дальнейшей разработки обнаруженных скоплений углеводородов значительно ниже. Подобными территориями следует считать зоны складчато-надвигового строения.

**Ключевые слова:** Урал, Скалистые горы, надвиг, складка, нефтегазоносность, шарьяжное строение, нефть, газ.

## THRUST BELTS OF THE URALS AND ROCKY MOUNTAINS: COMMON STRUCTURE AND OIL AND GAS POTENTIAL

**Chadov Vsevolod,**

*Perm State University, 3<sup>rd</sup> year Student,  
Perm*

*seva.chadov@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Assistant Lecturer, Krasilnikov Vitaliy

**Abstract:** In the realities of the modern world, the problem of depletion of the resource base of hydrocarbons is one of the priorities. The need to search for new areas of generation and accumulation of oil and gas expands the scope of exploration, affecting promising, but at the same time quite difficult to work territorial locations, such as the shelf or permafrost areas. However, in addition to these promising areas in the oil and gas plan, there are territories whose prospects for the probability of discovering new industrial oil and gas deposits are just as great, and the economic cost of searching for and further developing the discovered accumulations of hydrocarbons is much lower. Such territories should be considered zones of a fold-thrust structure.

**Keywords:** The Urals, the Rocky Mountains, thrust, fold, petroleum potential, latter construction, oil, gas.

Складчато-надвиговые зоны являются территориями с потенциально промышленными запасами углеводородов (УВ). Данная теория имеет фактическое обоснование, одним из ярчайших примеров которого служит нефтегазоносный бассейн Скалистых гор.

Скалистые горы, горный массив, входящий в состав Кордильерской горной системы, расположенной на Западе Североамериканского континента. Горные хребты, входящие в состав Скалистых гор, простираются от Северной Альберты и Британской Колумбии на юг до Нью-Мексико на расстояние около 4800 километров. Местами эта система достигает более 500 километров в ширину. Скалистые горы не имеют четко определенной границы, особенно на крайнем северо-западе, где иногда в состав включается Хребет Брукса на Аляске. Скалистые горы граничат на востоке с Великими равнинами, а на Западе-с внутренними плато и прибрежными горами Канады, а также с плато Колумбия. [6]



Рис. 1 Основные особенности скалистых гор. [8]

В плане геологического строения Скалистые горы представлены периодически прерывающимся рядом горных хребтов. В совокупности они формируют горную систему, протяженностью с севера Британской Колумбии до центра штата Нью-Мексико и входят в состав горной системы Кордильер. Ядра горных хребтов зачастую сформированы частями континентальной коры возрастом более одного миллиарда лет. На юге горный хребет сформировался 300 миллионов лет назад, а затем подвергся процессам эрозии. Скалы этого хребта были преобразованы в Скалистые горы. [7]

Месторождения нефти зачастую связаны с девонскими отложениями. На сегодня, на территории Скалистых гор насчитывают порядка 40 месторождений нефти и газа. Некоторые в своих объемах могут классифицироваться как промышленные (месторождение Пайнвью – запасы нефти – 31 млн. т, газа – 2,8 млрд. м<sup>3</sup>; Рикман-Крик – запасы нефти – 13,5 млн. т, газа – 5,7 млрд. м<sup>3</sup>). Наиболее крупным из ныне выявленных считается месторождение Уитни-Каньон-Картер-Крик с уточненными запасами газа в 150 млрд. м<sup>3</sup>. [2]

Однако наиболее интересным фактом по отношению к бассейну Скалистых гор являются не масштабы имеющихся месторождений нефти и газа, а общность его строения с зонами Урала. Геологические структуры надвигового пояса Скалистых гор и Аппалачского надвигового пояса обнаруживают большое сходство с таковыми Предуральского краевого прогиба и западного склона Урала (рис.2). В Аппалачской складчатой области, так же как и на Урале, существует погружение древнего, допалеозойского фундамента в направлении складчатой области, наращивание в этом направлении разреза образований докембрия и палеозоя, сопровождающиеся увеличением интенсивности дислоцированности и степени метаморфизма пород, а также увеличением возраста дислокаций. Как и на Урале, в Аппалачах и в Скалистых горах все структурно-формационные зоны надвинуты одна на другую формируя единую серию шарьяжей. [1]



Рис.2 Предуральский краевой прогиб [3]

Также свидетельством общности рассматриваемых структур можно считать сходство одного из крупных компонентов северной части Башкирского мегантиклинория – Тараташской аллохтонной антиклинали и надвиг докембрийских пород хребта Уинд-Ривер в западной части США в форланде Надвигового пояса скалистых гор [5].

Однако, несмотря на схожесть строения на данный момент нефтегазопроисковые работы на территории надвиговой зоны Урала практически не производятся. Одной из причин этого является традиционно негативное отношение геологов-нефтяников к надвиговым дислокациям, как к разрушающим залежи нефти и газа. Однако мировая практика геологоразведочных работ по поиску нефти и газа в районах подобного строения, показала, что широкое развитие надвигов не является негативным и неспособно понижать нефтегазовый потенциал областей с покровной тектоникой. Открытия в Надвиговом поясе Скалистых гор стимулировали поиски нефти в Аппалачском поясе надвигов, что еще больше увеличило ресурсный потенциал территории. [4]

Таким образом геологическое сходство Надвигового пояса Скалистых гор и Аппалачского пояса надвигов, богатых скоплениями нефти и газа, с Предуральем и Уралом еще раз подчеркивает высокую необходимость проведения здесь геологоразведочных работ с привлечением максимально возможного количества современных методов и технологий, что потенциально поспособствует открытию в этом регионе новых месторождений углеводородного сырья промышленного масштаба.

### Литература

1. Камалетдинов М.А. Покровные структуры Урала. М.: Наука, 1974. 230 с.
2. Кучерук Е. В. Активизация поисково-разведочных работ на нефть и газ в зонах региональных надвигов // Геология нефти и газа - 1989. - №7. С.55-58

3. Трапезников Д.Е. Палеогеографические и палеотектонические обстановки соликамской впадины в уфимское время: дис. на соискание уч. ст. канд. геолого-минералогических наук. Пермь, 2018. 151 с.
4. Фархутдинов И.М. Поиски месторождений углеводородов в поднадвиговых отложениях Башкирского мегантиклинория Южного Урала // Геология нефти и газа. Материалы VIII Межрегиональной геологической конференции. 2012. С. 177-179
5. Allmendinger R., Brewer J., Brown L. et al. COCORP profiling across the Rocky Mountains front in Southern Wyoming // Bull. Geol. Soc. Amer. 1982. Vol. 93, № 12. P. 1253–1263.
6. Armand J. Eardley, Richard A. Marston. Rocky Mountains. // Encyclopedia Britannica. 2020.
7. English, Joseph M.; Johnston, Stephen T. The Laramide Orogeny: What Were the Driving Forces? // International Geology Review. 2004. 46 (9): P. 833-838.
8. SnowBrains.com. Principal Features of the Rocky Mountains. 2013.

УДК 550.8

## ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ СТРЕТЕНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Чалова Полина Олеговна**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ),  
студент 4 курса, г. Пермь  
e-mail: chalovapolina@yandex.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Козлова Инна Анатольевна

**Аннотация:** в статье на примере Стретенского нефтяного месторождения рассмотрена эффективность применения установок одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) при условиях неподтверждения нефтенасыщенных толщин, наличия замещений и ухудшенных коллекторских свойств.

**Ключевые слова:** неоднородностью распределения пластов коллекторов, сложное геологическое строение, одновременно-раздельная эксплуатация (ОРЭ).

## JUSTIFICATION OF A METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF OPERATIONAL FACILITIES OF THE SRETENSKY OIL FIELD

**Polina Chalova,**

Federal State-Funded Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm National Research Polytechnic University", 4<sup>th</sup> year Student, Perm,  
e-mail: chalovapolina@yandex.ru

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Inna Kozlova

**Abstract:** the article uses the example of the Sretensky oil field to consider the effectiveness of simultaneous-separate operation (EPR) installations under conditions of non-confirmation of oil-saturated thicknesses, the presence of substitutions and degraded reservoir properties.

**Keywords:** heterogeneous distribution of reservoir layers, complex geological structure, simultaneously-separate operation (EPR).

В период мирового экономического кризиса, в борьбе за рынки сбыта нефтепродуктов, все более актуальным является снижение себестоимости добычи 1 тонны нефтепродукта. Одним из направлений снижения себестоимости добычи нефти считается одновременно-раздельная эксплуатация

(ОРЭ) нескольких эксплуатационных объектов с применением оборудования отечественного производства.

Рассмотрим эффективность применения ОРЭ в условиях Стретенского нефтяного месторождения.

Стретенское нефтяное месторождение расположено в Ординском районе Пермского края. Открыто в 1969 году, введено в разработку в 1995 году. Согласно действующему проектному документу «Дополнение к технологической схеме разработки Стретенского нефтяного месторождения», принятому в 2014 г. промышленная нефтеносность установлена в следующих нефтегазоносных комплексах, характерных для Волго-Уральской нефтегазоносной провинции:

- девонском терригенном (пласт Д0);
- верхнедевонско-турнейском карбонатном (пласты Фр, Т2, Т1);
- визейском терригенном (пласты Мл1, Тл2-62, Тл2-61, Тл2-а, Тл1-а).

Геологическое строение месторождения отличается значительной неоднородностью распределения пластов коллекторов. Причем расчлененность пласта в карбонатных залежах (2,3-6,9 ед.) значительно больше, чем в терригенных (1,3-1,7 ед.). В целом, можно сказать, что практически все пласты месторождения имеют неоднородное строение, что в свою очередь обуславливает непостоянство литологических и фильтрационных характеристик по площади и по разрезу месторождения. По сложности геологического строения Стретенское месторождение относится к сложным.

Анализ фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) залежей нефти показал, что в среднем значение пористости для карбонатного типа коллектора (пласты Фр, Т2, Т1) составляет 12.6%, проницаемости 66 мД. Для терригенного типа коллектора (пласты Д0, Мл1, Тл2-62, Тл2-61, Тл2-а, Тл1-а) значения пористости и проницаемости соответственно равны 15.7% и 230 мД. Диапазон изменения ФЕС пластов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Диапазон изменения ФЕС

Пласт	Кп, %	Кпр, мД
Тл1-а	11,7-15,6	17,5-136
Тл2а	12,1-13,9	8,25-27,25
Тл2-61	13,7-15	16,4-122
Тл2-62	13,1-19,7	7,5-319
Мл	19,1-21,8	185-553
Т1	9,4-14,3	1,86-284
Т2	8,1-13	3,27-80,4
Д0	11,2-12,3	36,1-284

Нефть Стретенского месторождения по плотности средняя (0,855 г/см<sup>3</sup>), незначительной вязкости (3,26 мПа\*с), сернистая (1,48 %), парафинистая (5,2 %), высокосмолистая (17,54 %). Высокое содержание в нефтях асфальто-смолистых веществ и парафинов, приводит к образованию АСПО (асфальтосмолопарафиновых отложений) в НКТ, нефтесборных коллекторах; повышению стойкости водонефтяных эмульсий; возрастанию вязкости потока при снижении его температуры и росте обводненности, что в свою очередь значительно осложняет процесс разработки.

В соответствии с действующим проектом на разработку месторождения выделены следующие объекты разработки: пласты Д0-2, Фр, Т, Мл, Тл. Добыча нефти осуществляется только на трех объектах: тиманском (Д0), турнейском (Т) и тульском (Тл), пласты Фр и Мл имеют ухудшенные коллекторские свойства.

В соответствии с мониторингом разработки в период с 2016-2019 гг. площадь месторождения активно разбуривалась. В 2016 году был запланирован ввод 6 добывающих скважин (№№ 315, 319, 314, 317, 323, 322) и 1 нагнетательной № 318 на объект Тл. По результатам бурения и испытания в колонне на объект Тл была введена только 1 добывающая скважина № 319, а остальные были переведены на объект Т в связи с неподтверждением геологического строения в центральной части объекта Тл. В 2017 году были пробурены добывающие скважины №№ 333, 335, планируемые на объект Тл. Однако при бурении не подтвердились нефтенасыщенные толщины (Нэф.н/н план – 2-4 м, факт – 0-2 м) и данные скважины так же были переведены на турнейский объект. В 2018 году на тульский объект введены еще 3 добывающие скважины №№ 304, 305, 307, плановый дебит по скважинам №№ 304 и 305 достигнут, кроме скважины № 307, ее начальный дебит ниже планового так же по причине неподтверждения нефтенасыщенных толщин по пластам Тл2а и Тл2б-1 (план – 6,5 м, факт – 5,7 м.).

Всего в период с 2016-2019 гг. на турнейский объект введено 8 добывающих скважин. За счет незапланированного ввода новых скважин отбор по объекту резко увеличился с 1,6 тыс.т (2015 г) до 43,9 тыс.т (2018 г). На тульский объект за этот же период введены 5 скважин из 12 планируемых по действующему проектному документу.

Неподтверждение нефтенасыщенных толщин, наличие замещений и ухудшенных коллекторских свойств при вводе добывающих скважин из эксплуатационного бурения еще раз подтверждает неоднородность и сложность геологического строения эксплуатационных объектов.

На текущий момент основные запасы месторождения сосредоточены в терригенной части нижнего карбона – объект разработки Тл, вторым по значимости объектом разработки является пласт Т. На рис. 1 наглядно приведено распределение начальных извлекаемых запасов (НИЗ) по эксплуатационным объектам по состоянию на 01.01.2014 и, согласно новой геологической модели, на 01.01.2020.

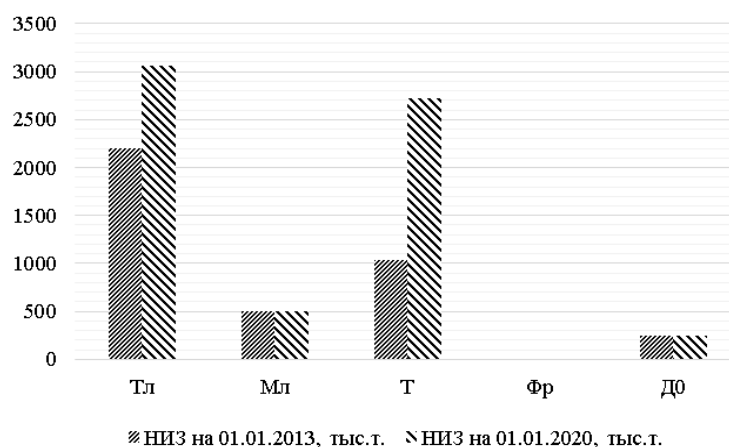


Рис. Начальные извлекаемые запасы Стретенского нефтяного месторождения

В соответствии с п. 6.1.4. Приказа МПР от 14.06.2016 № 356 (в ред. 20.09.2019) объекты Т и Тл нельзя объединить в один эксплуатационный объект. Для достижения проектных показателей и снижения себестоимости добычи нефти целесообразно эксплуатировать данные объекты совместно, что возможно с применением систем ОРЭ.

Технология ОРЭ имеет более 50 схем применения, их использование зависит от технических и геологических условий эксплуатации скважины [1]. Существующие сегодня конструкции компоновок для ОРЭ можно разделить на две группы: однонасосные и двухнасосные. На месторождениях южной группы «ЛУКОЙЛ-ПЕРМИ» наибольшее распространение получили двухнасосные компоновки ОРЭ.

Далее в работе будут рассчитаны дебиты для двух типов установок в шести скважинах, эксплуатирующих пласт Т. В таблице 2 приведены значения дебита для условий совместной эксплуатации в скважинах пластов Тл и Т. Стоит отметить, что в данной статье не рассматриваются конструктивные особенности установок, целью является оценить эффективность их внедрения в виде дополнительной добычи нефти.

Таблица 2

Расчётные значения дебита скважин при совместной эксплуатации Т и Тл

Скв	В работе на пласт	Нэф.н.н. Т, м	Нэф.н.н. Тл, м	Компоновка с одним насосом и пакером-отсекателем			Двухнасосная компоновка		
				Qж. Расчет Т, м3/сут	Qж. Расчет Тл, м3/сут	Qж. Расчет. Тл+Т, м3/сут	Qж. Факт Т, м3/сут	Qж. Расчет. Тл, м3/сут	Qж. Расчет. Тл+Т, м3/сут
308	Т	4	4.4	8.85	17.45	<b>26.30</b>	<b>11.5</b>	16.63	<b>28.13</b>
309	Т	1.5	3.6	7.02	14.28	<b>21.30</b>	<b>9.7</b>	13.61	<b>23.31</b>
312	Т	1	9.5	6.21	20.58	<b>26.79</b>	<b>8.9</b>	18.81	<b>27.71</b>
317	Т	4	4.7	14.61	14.97	<b>29.58</b>	<b>11.5</b>	14.38	<b>25.88</b>
321	Т	3.8	1.8	6.77	5.82	<b>12.59</b>	<b>7.7</b>	5.51	<b>13.21</b>
322	Т	2.8	4.7	13.56	15.23	<b>28.79</b>	<b>17</b>	14.38	<b>31.38</b>



По оценочным расчетам видно, что наибольшие дебиты будут достигнуты при использовании двухнасосной компоновки, которая позволяет вести добычу при различной допустимой депрессии [2], оказываемой на пласты, а также вести отдельный учет продукции. К недостаткам двухнасосной установки можно отнести высокую стоимость и сложность проведения текущего и капитального ремонта скважин. При использовании компоновки с одним насосом так же стоит отметить значительный прирост дебита.

На сегодняшний день существуют технологии, позволяющие успешно применять систему ОРЭ с одним насосом наравне с двухнасосными компоновками. Ее преимущество прежде всего в простоте эксплуатации двух пластов одной УЭЦН (установкой электроцентробежного насоса), расположение в скважине двух насосов малого диаметра значительно увеличивает стоимость установки. Также современное однонасосное оборудование позволяет произвести замер КВД каждого пласта отдельно, обеспечить надежное разобщение пластов, исключает возможность перетока жидкости из верхнего объекта в нижний.

Внедрение систем ОРЭ на Стретенском месторождении может позволить сократить затраты на строительство скважин, снизить затраты на добывающее оборудование и на обустройство месторождения. Использование технологий ОРЭ может повысить рентабельность отдельных скважин за счет приобщения непромышленных запасов нефти или разных по эксплуатационным и технологическим свойствам пластов различных объектов разработки, при условии подтверждения эффективных нефтенасыщенных толщин и возможности подбора оптимальных забойных давлений. В дальнейшем планируется выполнить расчеты на гидродинамической модели с целью уточнения параметров работы скважин и их динамики во времени.

### *Литература*

1. Марина, А.А. Совершенствование одновременно-раздельной эксплуатации пластов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений /А.А. Марина – Томск : [б. и.], 2017. – 82 с.
2. Максutow Р.А., Доброскок Б.Е., Зайцев Ю.В. Одновременная раздельная эксплуатация многопластовых нефтяных месторождений. - М.: «Недра», 1974. – 232 с.

УДК 550.42

## **ХАРАКТЕРИСТИКА АЛКАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В БИТУМОИДАХ ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НГБ**

*Кабанов Александр Зафорович*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,  
г. Пермь*

*e-mail: vnuchka.buffonna@mail.ru*

**Научный руководитель:** *старший преподаватель кафедры региональной и нефтегазовой геологии Хопта Иван Сергеевич*

**Аннотация:** рассмотрены результаты исследования битумоидов пород франского яруса девонской системы на территории северной части Волго-Уральского НГБ (Пермский край, Удмуртская Республика) для исследования нефте-газогенерационных свойств. Рассмотрены битумоиды, особенности распределения в них нормальных и изопреноидных алканов, выявлен характер происхождения ОВ в породах. Полученные данные свидетельствуют о восстановительных условиях, существовавшие в бассейне седиментации, а также существенном вкладе в исходное органическое вещество сапропелевого происхождения.

**Ключевые слова:** битумоиды, пристан, фитан, н-алканы, изопреноиды, Волго-Уральская НГП.

## CHARACTERISTICS OF ALKANE COMPOUNDS IN BITUMOIDS OF FRAN DEPOSITS IN THE NORTHERN PART OF THE VOLGA-URAL OIL AND GAS BASIN

*Aleksandr Kabanov,*  
*Perm State University, 3<sup>rd</sup> year Student, Perm,*  
*vnuchka.buffonna@mail.ru*  
**Research Supervisor:** Senior Lecturer, I.S. Khopta

**Abstract:** the results of the study of bitumoids of rocks of the frasnian substage of the Devonian system in the Northern part of the Volga-Ural oil and gas basin (Perm kray, Udmurt Republic) for the study of oil and gas generation properties are considered. Bitumoids are considered, features of distribution of normal and isoprenoid alkanes in them, the nature of origin of organic matter in rocks is revealed. The obtained data indicate the recovery conditions that existed in the sedimentation basin, as well as a significant contribution to the initial organic matter of animal organic residues.

**Keywords:** bitumoids, pristan, phitan, n-alkanes, isoprenoids, Volgo-Ural oil-and-gas basin.

Изучение молекулярного состава рассеянного в породах органического вещества позволяет определить его фациально-генетическую принадлежность и специфику диагенетических и катагенетических преобразований. По данным о молекулярном составе реликтовых структур, унаследовавших основные черты строения исходных биологических молекул, можно получить представление об основных источниках ОВ в осадках [4]. Совокупность полученных результатов позволяет дать оценку нефтематеринских доманиковых отложений исследованной территории.

В качестве объектов исследования были выбраны франские карбонатно-глинистые отложения северной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (Пермский край и Удмуртская республика). С целью определения степени преобразования и условий трансформации ОВ пород был исследован состав нормальных и изопреноидных алканов.

Несмотря на широкую распространенность битумоидов в отложениях франа, данные об их составе весьма ограничены и не систематизированы. В связи с этим проведено исследование закономерностей распределения в битумоидах молекулярного состава алканов в пределах франского яруса девонской системы по площади их распространения на севере Волго-Уральского бассейна.

В целом, среди алифатических УВ исследованных разностей ОВ преобладают алканы нормального строения. Анализ изменения молекулярно-массового распределения алканов во франских отложениях по площади показывает существенное разнообразие в их составе. Образцы отложений франского возраста характеризуются низким относительным содержанием н-алканов 1,05-7,92% отн. Молекулярно-массовое распределение н-алканов в породах характеризуется преобладанием гомологов  $C_{17}$ - $C_{21}$ , что говорит о преимущественном вкладе фитопланктона в состав исходного ОВ. В отложениях пашийского горизонта отмечен более широкий максимум,  $C_{15}$ - $C_{25}$ , свидетельствующий об участии макрофитов в формировании состава ОВ. В породах кыновского горизонта отмечено бимодальное распределение н-алканов с основным максимумом в области  $C_{15}$ - $C_{18}$  и дополнительным в  $C_{29}$ - $C_{31}$ , что может быть следствием присутствия в ОВ высших растений (нужно уточнение о том, когда оно присутствовало). Для саргаевского горизонта характерны пониженное содержание и узкий максимум молекулярно-массового распределения н-алканов, пониженное значение отношения пристана к фитану. Данные о составе алканов свидетельствуют о морском генезисе исходного ОВ, накоплении осадков в восстановительной среде, низкой термической преобразованности ОВ. Для доманикового горизонта отмечена повышенная доля н-алканов в сумме идентифицированных УВ, относительно повышенное содержание средне- и высокомолекулярных алканов (до  $C_{26}$ ) с преобладанием четных гомологов, что свидетельствует, вероятно, о смешанном характере органического вещества. Значения индекса CPI, близкие к 1,14, отношения Pr/Ph от 0,03 до 1,71, в среднем  $\approx 0,5$ , что указывает на восстановительную геохимическую обстановку диагенеза. В мендымском горизонте отмечено бимодальное молекулярно-массовое распределение: отчетливо видны максимумы при  $nC_{18}$  и  $nC_{22}$ , а также проявляется повышение концентраций четных н-алканов, как в среднемoleкулярной области ( $C_{24}$ ,  $C_{26}$ ), так и в более «тяжелой» ( $C_{30}$ ,  $C_{32}$ ). Концентрационные пики приходятся на  $C_{22}$ ,  $C_{24}$ ,  $C_{18}$ . Изопреноиды, представлены в основном, пристаном и фитаном (более 85%). Отношение Pr/Ph – 0,5.

Существенный вклад фито- и зоопланктона [3] в формирование исходного ОВ подтверждается отношением  $C_{17}/C_{27}$ , которое во всех исследованных образцах больше единицы. Для франских отложений значение данного параметра изменяется в пределах от 1,2 до 5,3. По близким единице значе-

ниям индекса CPI (отношение гомологов n-алканов с нечетным числом атомов углерода в молекуле к четным) ОВ термически зрелое. Отношение пристана к фитану (Pr/Ph) изменяется в широком диапазоне 0,03-2,3. Такие величины обычно связывают со сменой восстановительной среды накопления ОВ на окислительную обстановку[2]. Пониженные значения отношения Pr/Ph для палеозоя могут быть следствием меньшей термической преобразованности, разных источников или условий накопления ОВ в различных горизонтах.

В северной и восточной части Пермского свода и пределах Висимской и юга Бымско-Кунгурской впадины в битумоидах зафиксированы повышенные значения отношения Pr/Ph (1,1-1,7) при относительно низкой доли изопреноидных по сравнению к нормальным алканам. Среди n-алканов преобладают низкомолекулярные разности n-C<sub>17</sub>-n-C<sub>21</sub>. Анализ пространственного распространения битумоидов, различающихся величиной отношения Pr/Ph, (рис. 1) показывает преимущественную приуроченность ОВ с пониженными значениями этого отношения к центральному, западному и южным районам. В северном и западном направлениях в битумоидах величина Pr/Ph растет от 1,3-1,7 в пределах Висимской впадины. Это свидетельствует об увеличении окислительно-восстановительного потенциала в период регрессии моря на изучаемой территории, достаточно постоянном основном источнике органического материала на юге и изменчивости его на северо-востоке [1].

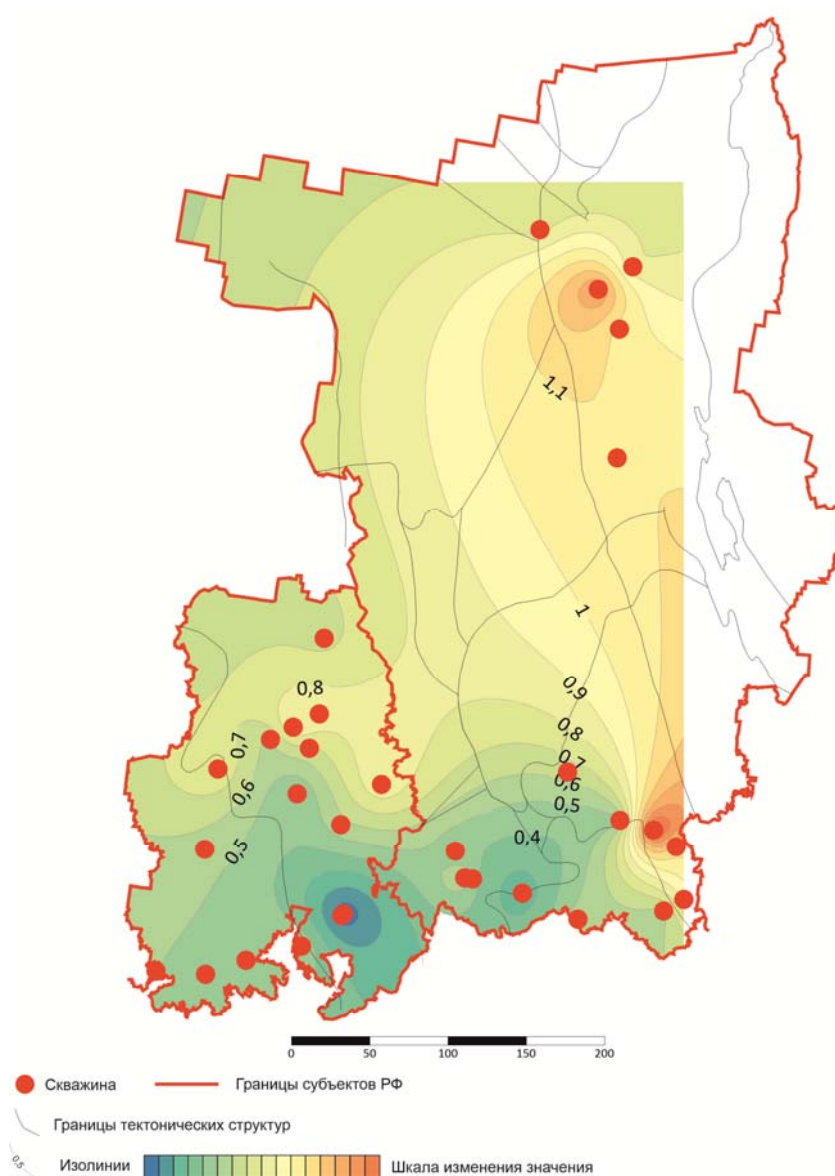


Рисунок 1 – Схематическая карта изменения содержания Pr/Ph

В целом, по рассмотренным показателям прослеживаются достаточно отчетливые закономерности в изменении состава битумоидов франских отложений по площади северной части Волго-

Уральской нефтегазоносной провинции, что может быть следствием специфических условий, существовавших в бассейне седиментации при накоплении исходного органического вещества.

### *Литература*

1. Красnojова Н. А., Гладких М. А., Курганова Е. В. Характеристика условий осадконакопления по составу углеводородных соединений в рассеянном органическом веществе отложений нижнего мела севера Западной Сибири // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2015. – №. 7 (38) Часть 4. – С. 125-128.
2. В. А. Геохимия процесса миграции углеводородных систем. – Недрa, 1983. – 231 с.
3. Khopta I., Kozhanov D., Naborshchikova O. Oil and Gas Prospects of the Domanic Horizon of the Udmurt Republic // *Saint Petersburg 2018. – European Association of Geoscientists & Engineers, 2018. – T. 2018. – №. 1. – С. 1-6. doi: 10.3997/2214-4609.201800268*
4. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. *The Biomarker Guide: Biomarkers and isotopes in petroleum systems and Earth History*. // Cambridge: University Press, 2005. V. 2. – 1155 p.

УДК: 553.982.2

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА ТАУДЕНИ (АФРИКА)**

**Ефимов Григорий Андреевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент бакалавр, 4 курс, г. Пермь*

*e-mail: [efimov351@gmail.com](mailto:efimov351@gmail.com)*

**Научный руководитель:** Доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
*Карасева Татьяна Владимировна*

**Аннотация:** В статье рассматривается характеристика малоизученного осадочного африканского бассейна Таудени, его строение и нефтегазоносность. Отмечается, что в бассейне присутствует перспективная на нефть и газ система – силурийская.

**Ключевые слова:** бассейн Тауденни, нефтегазоносность, осадочный бассейн.

## **CHARACTERISTIC OF SEDIMENTARY TAUDENNI BASIN**

**Efimov Grigoriy**

*Perm State National Research University, student bachelor, 4 course of study Perm, e-mail: [efimov351@gmail.com](mailto:efimov351@gmail.com)*

**Research Supervisor:** Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Karaseva  
*Tatyana Vladimirovna*

**Abstract:** The article describes the characteristics of the Taudeni sedimentary basin, its location, oil and gas potential and borders. It is believed that in the basin there is a system promising for oil and gas - Silurian.

**Keywords:** Taudeni basin, oil and gas, sedimentary basin.

В северо-западных районах Африки известны ряд осадочных бассейнов, которые до сих пор мало изучены, но представляют интерес в отношении нефтегазоносности. Самым крупным бассейном является перикратонный бассейн Таудени (Рис. 1.), который находится в Мавритании, Республике Мали и Алжире. Он формировался с середины позднего протерозоя, затем продолжал погружаться до середины палеозоя, когда произошли герцинские деформации и образовались поднятия [1,2]. Мощность осадочного чехла достигает 6000 м и более. Бассейн мало изучен бурением и геофизическими методами. Бурение скважин началось французскими компаниями еще в 80-х годах прошлого века, однако затем было приостановлено. Были выявлены незначительные нефтегазопроявления в поздне-докембрийских, силурийских и позднедевонских отложениях.

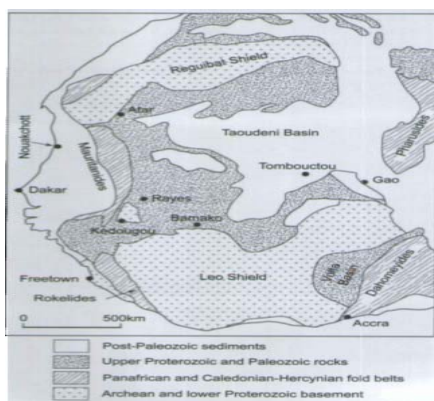


Рис. 1. Схематическая карта Северной Африки

Бассейн Таудени занимает относительно внутреннее положение в Западно-Африканском кратоне, что объясняет его общую геометрию провисания с низкими темпами оседания и уплотненными участками. Наблюдается слабая деформация отложений, сформировавшихся в течение его длительной истории. Мощность литосферы под кратоном составляет от 200 до 250 км. Отмечается неглубокое залегание поверхности Мохо - 24-34 км, что - характерно для архейских щитов, в то время как Мохо в 34-42 км отмечается для Таудени. В тектоническом плане каркас бассейна состоит преимущественно из кристаллических пород докембрийского щита. Главными элементами докембрийского щита являются выступы (с севера на юг): Анти Атлас, Регибат, Лео. Верхний структурный этаж осадочного комплекса попадает в внутриплатформенных впадинах, а также в окраинных прибрежных впадинах. Структуры первого типа заполнены отложениями палеозойского возраста.

Осадочный бассейн Таудени состоит из пород от неопротерозойского до палеозойского возрастов (Рис. 2). В разрезе доминируют терригенные породы, соли встречаются в отложениях триаса и юры.

стратиграфическая принадлежность		литологическая характеристика
неоген		конгломераты, мергели, песчаники, глины
палеоген		известняки, песчаники, глины
Мел	Турон-сенон	доломиты, песчаник, известняк
	сенон	глины
	альб	песчаник
	апт	песчаник
	Валан-барр.	песчаник
юра		соли, ангидрит, песчаники, и карбонаты
триас		соли, ангидрит, песчаники, и доломиты
карбон		глины, песчаники, известняки, глинистые песчаники
девон	средний-верхний	Аргиллиты, песчаники и известняки
	нижний	песчаник
силур	акакус	песчаник
	танзуфт	глинистые сланцы и аргиллиты
ордовик		известняки, песчаники, псаммиты
кембрий		песчаники, конгломераты
Докембрий		фундамент

Рис. 2. Строение разреза бассейна Таудени

В бассейне выделены три типа расположения пород-покрышек относительно материнских пород и коллекторов : покрышки, залегающие выше материнских пород и коллекторов , покрышки, залегающие выше материнских пород и ниже коллекторов, покрышки выше материнских пород и внутри коллекторов. Наиболее эффективным может быть первый тип расположения. Выделение вероятных нефтегазоносных систем в бассейне Таудени основано на принципе распределения эффективных нефтематеринских пород в сочетании со структурными характеристиками бассейна и распределением по разрезу коллекторов. Согласно такому подходу выделяют две системы в бассейне Таудени. Одной из них является докембрийская нефтяная система, а другой - силурийская нефтяная система[1]. Последняя считается наиболее перспективной для открытия залежей.

Таким образом, бассейн Таудени, захватывающий часть Мали, Мавритании и Алжира очень мало изучен, но полученные данные свидетельствуют о том, что бассейн имеет высокие перспективы нефтегазоносности. В связи с этим необходимо развивать геологоразведочные работы.

### *Литература*

1. BALLO M.B. *About the structure and hydrocarbon potential of the insufficiently studied sedimentary basin of Taoudeni (Africa)*//Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Сборник материалов II Международной научной конференции, Пермь, ПГНИУ, 2019, С.230-234.

2. Wenzhe, Gang, , *Hydrocarbon generation conditions and exploration potential of the Taoudeni Basin, Mauritania: Petroleum Science*, 2009, v. 6, p. 29–37

УДК 553.982.2

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ТАТАРСТАНА**

**Махмутов Гульфар Расыхович**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2-го года обучения,  
г. Казань,  
cojee@ya.ru*

**Научный руководитель:** – д.г.-м.н., профессор Мухаметшин Рустам Закиевич

**Аннотация:** В работе выполнен обзор опубликованных источников, описаны сложности при освоении месторождений с высоковязкой нефтью. Дано объяснение причинам длительной задержки с вводом их в промышленную разработку. Кратко описаны несколько эффективных технологий повышения нефтеотдачи в залежах терригенной толщи нижнего карбона – базисного объекта разработки.

**Ключевые слова:** трудноизвлекаемые запасы, высоковязкая нефть, Мелекесская впадина, Южно-Татарский свод, терригенная толща нижнего карбона, методы увеличения нефтеотдачи, термозаводнение, ОРЭ

## **EFFECTIVE TECHNOLOGIES OF HIGH-VISCOUS OIL PRODUCING FROM DEPOSITS OF TATARSTAN**

**Gulfar Makhmutov**

*Kazan (Volga region) Federal University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student,  
Kazan,  
cojee@ya.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Rustam Mukhametshin

**Abstract:** In the article provides a review of published sources, describes the difficulties in the development of fields with high viscosity oil. The reasons for the long delay with their introduction into industrial development are explained. Briefly described are several effective technologies for enhancing oil recovery in the deposits of terrigenous strata of the Lower Carboniferous - the basic development object.



**Keywords:** hard-to-recover reserves, high-viscosity oil, Lower Carboniferous terrigenous strata, Melekess depression, South Tatar arch, enhanced oil recovery methods, thermal flooding, WEM.

На сегодняшний день многие нефтедобывающие компании России, и Татарстана в частности, работают в условиях преобладания в структуре имеющихся на балансе запасов доли трудноизвлекаемых. Одним из факторов, определяющих запасы как трудноизвлекаемые, является высокая вязкость (более 30 мПа·с) нефти в пластовых условиях. В Республике Татарстан 13 % от всех начальных разведанных запасов имеют высоковязкую нефть, из которых 97 % сосредоточены на средних и мелких месторождениях северного и западного склонов Южно-Татарского свода (1/3) и восточного борта Мелекесской впадины (2/3). Нефтеносными выступают палеозойские отложения широкого стратиграфического диапазона, а промышленно значимыми являются залежи нефти в карбонатах среднего и нижнего карбона и в терригенной толще нижнего карбона (далее – ТТНК). Последние являются базисными эксплуатационными объектами большинства месторождений и содержат около половины текущих запасов нефти Мелекесской впадины, которые образуют многообъектные многопластовые месторождения [2,5]. Рассмотрим наиболее эффективные технологии разработки залежей с высоковязкой нефтью, основной акцент сделав на ТТНК Мелекесской впадины.

Промышленная эксплуатация месторождений высоковязкой нефти берет начало со второй половины 1980-х годов, однако многие из них открыты гораздо раньше. Анализ опубликованных сведений показал [7], что залежи высоковязкой нефти, факт открытия которых задокументирован, не вводились в разработку на протяжении многих лет. Например, Вишнево-Полянское месторождение открыто в 1955 г., а в промышленную эксплуатацию введено в 1988 г., т.е. временной интервал составил 33 года, у Нурлатского месторождения 19 лет, у Степноозерского 32 года. Этот интервал в целом для рассматриваемой территории составляет от 10 до 40 лет. Объективными причинами этому могут служить следующие: 1) залежи с высоковязкой нефтью расположены в разнофациальных толщах, имеющие сложное геологическое строение, что потребовало длительной стадии разведки и разработки технологий добычи; 2) наличие активных запасов маловязкой нефти в терригенном девоне не позволяло в полной мере развивать добычу высоковязкой нефти. Снижение уровня добычи традиционной нефти в середине 1990-х г.г. в Татарстане подтолкнуло руководство республики (1998 г.) принять решение о создании малых нефтедобывающих компаний (МНК), которым переданы месторождения с трудноизвлекаемыми запасами. На сегодняшний день в Республике Татарстан по данным Государственного баланса запасов в структуре ПАО «Татнефть» и МНК (рис. 1) 59,8% и 74,0 % соответственно занимают высоковязкие нефти [3].

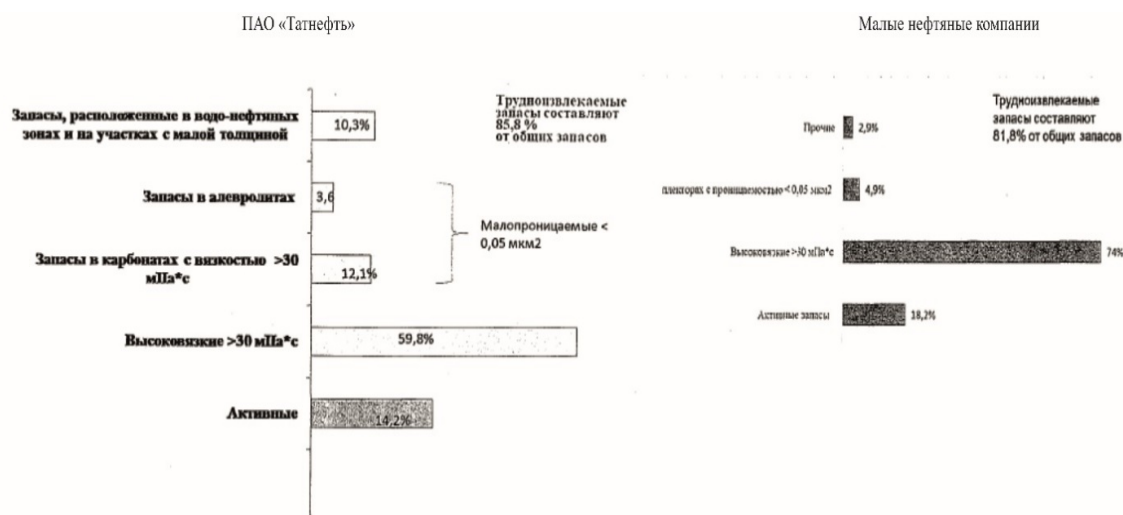


Рис. 1 Структура извлекаемых запасов по категориям А+В1+С1 на 01.01.2019 по Республике Татарстан [3]

Вязкость нефти в пластовых условиях на рассматриваемой территории варьирует в широком диапазоне: в работе [5] указан диапазон вязкости 30–530 мПа·с. Действительно, как показал анализ опубликованных данных [7], у базисного эксплуатационного объекта (ТТНК) средних по извлекаемым запасам Нурлатского, Степноозерского, а также Курмышского месторождений усредненные значения вязкости нефти в пластовых условиях составляют 91 мПа·с, 278 мПа·с и 520 мПа·с соответственно. Для каждого месторождения неприменимо шаблонное решение, а требуется индивидуальный подход, что подтвердила практика.



Отдельные исследовательские работы на опытных участках начали проводиться с конца 1970-х г.г. Эти работы с полученным результатом описываются в упомянутой работе [5]. Методы, основанные на вытеснение нефти путем традиционного заводнения пласта, хотя и повышают производительность добывающих скважин, но резкое повышение обводненности продукции не позволяет достичь рентабельной высокой нефтеотдачи, предел 25–28 %. Однако такие модификации этого метода, как – заводнение продуктивного пласта с циклической закачкой собственной сепарированной нефти и регулирование заводнения путем закачки сшитых полимерных систем (СПС), способны обеспечить дополнительную добычу, тем самым улучшить показатели разработки.

Иной подход – снижение вязкости нефти в пласте. Этого можно достичь закачкой разогретого агента, другими словами, применив тепловые методы увеличения нефтеотдачи. Один из видов – термозаводнение, опыт наиболее успешного применения которого описан в работе [9]. Прогревом пласта радаевско–бобриковской залежи с начальной температуры 23,8 до 29,8 °С в наиболее отдаленной зоне, добились снижения вязкости с 210 до 120 мПа·с соответственно (рис. 2), что по расчетам увеличивает на 5,5 пунктов конечный КИН, а сокращение потерь тепла при доставке нагретой воды в пласт позволит прибавить дополнительно еще 2,5 пункта, достигнув нефтеотдачи 33%. Вся необходимая инфраструктура находится в непосредственной близости к месторождению. Сточная вода нагревалась на установке первичной подготовки нефти (УПН) сжиганием попутного нефтяного газа, тем самым решалась проблема его утилизации, и повышалась энергоэффективность производства. В целом метод заводнения с различными модификациями эффективен на относительно крупных (средних по извлекаемым запасам) месторождениях, на которых уже имеется или экономически целесообразна организация соответствующей инфраструктуры.

На мелких месторождениях зачастую экономически не выгодно или технически невозможна организация системы заводнения, поэтому залежи разрабатываются в режиме истощения, и для них

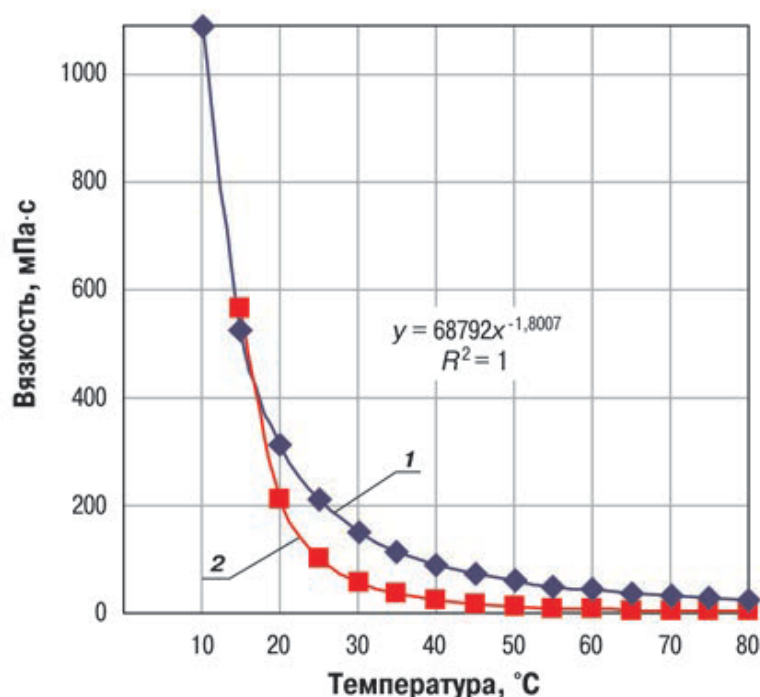


Рис. 2 Зависимость динамической вязкости пластовой нефти (1) и величины ее уменьшения (2) от температуры [9]

необходимо адресное воздействие. В таких условиях физико–химические методы увеличения нефтеотдачи позволяют значительно улучшить показатели разработки. В публикации [1] приведен ряд технологий, показавших свою эффективность, среди которых можно выделить закачку в нефтенасыщенный пласт через добывающую скважину реагента «РИД-1». Данный реагент является многокомпонентным растворителем, и его воздействие заключается в снижении вязкости нефти в пласте. Компоненты растворителя недорогие и подбираются исходя из состава нефти. Результаты испытания реагента представлены в таблице. Скважина № 1 расположена на западном склоне Южно–Татарского свода, а № 2 – на восточном борту Мелекесской впадины.

Таблица

Результаты исследования образцов ВВН при добавлении в них реагента «РИД-1» [1]

	Кол-во реагента «РИД-1», доб. к нефти, % масс.	Динамическая вязкость образца нефти, мПа·с	
		скв. №1	скв. №2
	Без реагента	289,0	264,0
	5,0 при t = (18...21) °С	78,4	84,6
	3,0 при t = (18...21) °С	196,7	198,8
	2,0 при t = (18...21) °С	236,5	228,0
	5,0 при t = (60...70) °С	143,6	166,1
	6,0 при t = 40 °С	190,2	148,1
	6,0 при t = 60 °С	142,6	155,3
	6,0 при t = 70 °С	156,6	159,9

Главной особенностью ТТНК на рассматриваемой территории является широкое развитие врезовых алевропесчаных тел русловых фаций, обладающими прекрасными коллекторскими свойствами [5,6]. Показателен опыт разработки радаевско-бобриковской залежи Южно-Нурлатского месторождения, особенностью которого является природный упруго-водонапорный режим залежи с подошвенной водой, позволяющий, с одной стороны, отбирать запасы без организации системы поддержки пластового давления даже в условиях высокой вязкости, с другой стороны, зачастую обводнение опережает выработку запасов из-за образования конусов прорыва подошвенных вод к забоям добывающих скважин. Мероприятия по изоляции подошвенных вод не оказывают заметного эффекта. В этой ситуации эффективным оказались мероприятия по зарезке боковых стволов (БС). В 2004–2008 г.г. проведены работы по зарезке БС из 20 скважин для выработки остаточных запасов с уплотнением существующей сетки скважин. Накопленная дополнительная добыча из скважин с боковыми зарезками на 01.01.2009 г. составила более 260 тыс. т (рис.3). Среднесуточный дебит по нефти составил от 4,5 до 23,6 т [8].

Совместная эксплуатация пластов (ОРЭ) широко применяется на многопластовых, многообъектных месторождениях с середины 1990-х г.г. Преимуществом данной технологии

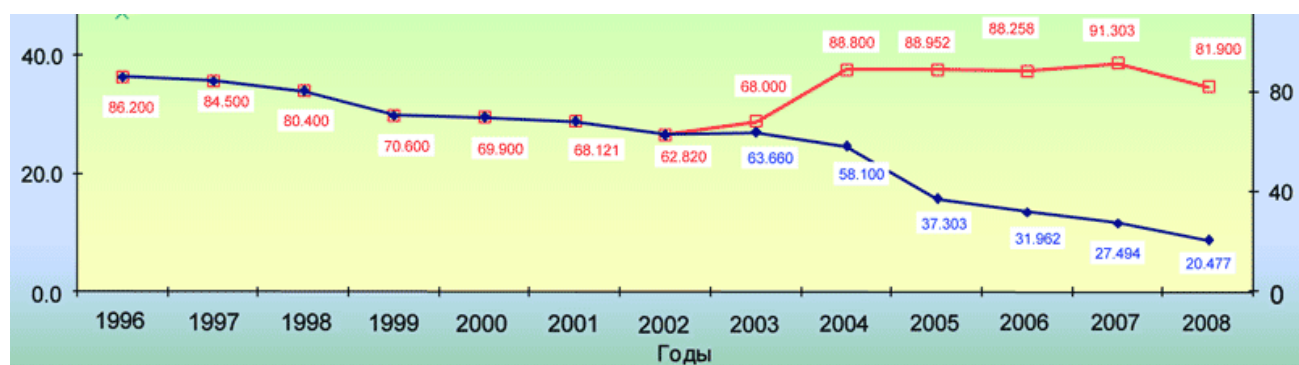


Рис. 3 График разработки Южно-Нурлатского месторождения (фрагмент) [8]  
Ежегодная добыча нефти: красная линия – с бурением БС, синяя линия – без бурения БС

является возможность уплотнить или оптимизировать сетку эксплуатационных скважин следующим образом: с одной и той же скважины либо отбирать запасы с двух разных эксплуатационных объектов (ОРД), либо вести закачку воды в разные пласты (ОРЗ), либо комбинировать отбор нефти из одного пласта, а в другой вести закачку (ОРЗид). Внедрение одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) взамен добычи общим фильтром из разных по геолого-физическим свойствам пластов (2007 г.) позволило повысить эффективность разработки на Курмышском месторождении за счет создания оптимальных условий нефтеизвлечения индивидуально для каждого пласта. Дебит на опытной скважине по нефти увеличился на 12 % – с 3,6 до 4,1 т/сут. Распространение метода еще на три скважины (2012 г.) увеличило дебиты на 60–100 % по ним. К 2013 г. дополнительная добыча составила 1,9 тыс. т [4].

В работе рассмотрена лишь часть из имеющихся на вооружении у нефтедобывающих компаний технологий, позволяющих экономически и технологически эффективно разрабатывать залежи с высоковязкой нефтью. Тенденция к дальнейшему ухудшению промышленных запасов подталкивает развитие существующих и создание принципиально новых технологий.

### Литература

1. Андреев В.Е., Дубинский Г.С., Мияссаров А.Ш. и др. Анализ возможности применения методов увеличения нефтеотдачи на залежах высоковязкой нефти Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 1. С. 22-30.
2. Джавадян А.А., Гавура В.Е., Сафронов В.И. Проблемы разработки месторождений с высоковязкими нефтями и пути их решения // Нефтяное хозяйство. 1998. №6. С. 12-17.
3. Закон Республики Татарстан от 06.08.2019 № 62-ЗРТ "О внесении изменения в Закон Республики Татарстан "Об утверждении Стратегии развития топливно-энергетического комплекса Республики Татарстан на период до 2030 года" [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1600201908120003> (дата обращения 01.02.2020).
4. Иванов Д.В., Чижев А.П. Одновременно-раздельная эксплуатация мелких залежей в условиях месторождений Мелекесской впадины // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 4. С. 5-11.
5. Мухаметшин Р.З. Геологические основы эффективного освоения и извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти: автореф. дис. ... доктора геол.-минер. наук. М., 2006. 51 с.
6. Мухаметшин Р.З. Эрозионные врезки и их нефтеносность: учебное пособие. Казань: изд-во Казан. ун-та, 2016. 88 с.
7. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений / Р.Х. Муслимов, Р.Г. Абдулмазитов, Р.Б. Хисамов и др.; под ред. проф. Р.Х. Муслимова // Казань: изд-во «Фэн» АН РТ, 2007. Т. 2. 524 с.
8. Салихов И.М., Сайфутдинов М.А., Ахмадуллин Р.Р. и др. Стабилизация добычи нефти за счет бурения боковых стволов на примере Южно-Нурлатского месторождения НГДУ «Нурлатнефть» ОАО «Татнефть» // Бурение и нефть. 2009. № 12. С. 24-26.
9. Хисамов Р.С., Хузин Р.Р., Андреев В.Е. и др. Перспективы увеличения эффективности разработки залежи высоковязкой нефти с применением энергоресурсосберегающих технологий // Нефтяное хозяйство. 2015. № 4. С. 52-55.

УДК 550.832

## ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ВОСТОЧНО-ПЕРЕВОЗНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

**Горяшина Анастасия Владимировна**

Пермский государственный научный исследовательский университет,

студент 3 курса, г. Пермь

[nastgord2499@gmail.com](mailto:nastgord2499@gmail.com)

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Некрасов Александр Сергеевич

**Аннотация:** статья о вторичной оценке запасов углеводородов турнейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы Восточно-Перевозного месторождения Ямало-Ненецкого а.о. Архангельской области. Проводился подсчёт площадей территории по нефтенасыщенному и водонасыщенному контурам, перерасчёт коэффициентов пористости и нефтенасыщенности по данным комплекса «НК-АК».

**Ключевые слова:** запасы углеводородов, подсчётные параметры, пористость, проницаемость, площадь нефтеносности.

## CALCULATION OF HYDROCARBON RESERVES OF THE VOSTOCHNO-PEREVOZNY FIELD OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

*Goriashina Anastasiia Vladimirovna,  
Perm State University, 3d year student, Perm  
nastgord2499@gmail.com*

*Research supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor A.S.Nekrasov*

**Abstract:** article on the second assessment of hydrocarbon reserves of the tournaishian tier of the lower division of the East-Perevozny field of the Yamalo-Nenets Autonomous district of the Arkhangelsk region. We calculated the area of the territory according to the oil-saturated and water-saturated contours, recalculated the porosity and oil saturation coefficients according to the data of the NK-AK complex.

**Keywords:** hydrocarbon reserves, calculation parameters, porosity, permeability, oil-bearing area.

Восточно-Перевозное нефтяное месторождение открыто в 1992-1993 гг скважиной №6, затем пробурены скважины № 7 (2014 г.) и скв. №1 (2012-13 гг.) подсчет запасов произведен в 2017 г. В административном отношении месторождение расположено на территории Ненецкого автономного округа Архангельской области. Месторождение находится в пределах Медынского полуострова в прибрежной части Баренцева моря, часть месторождения выходит в Хайпудырскую губу Баренцева моря. Геологический разрез типичен для Верхнеадзвинского нефтегазоносного района, входящего в состав Варандей-Адзвинской нефтегазоносной области. В тектоническом отношении месторождение расположено в зоне сочленения Печорской плиты и внешней части Пайхой -Новоземельского складчато-надвигового пояса, в центральной части Западно-Матвеевской структурной зоны (рис.1).

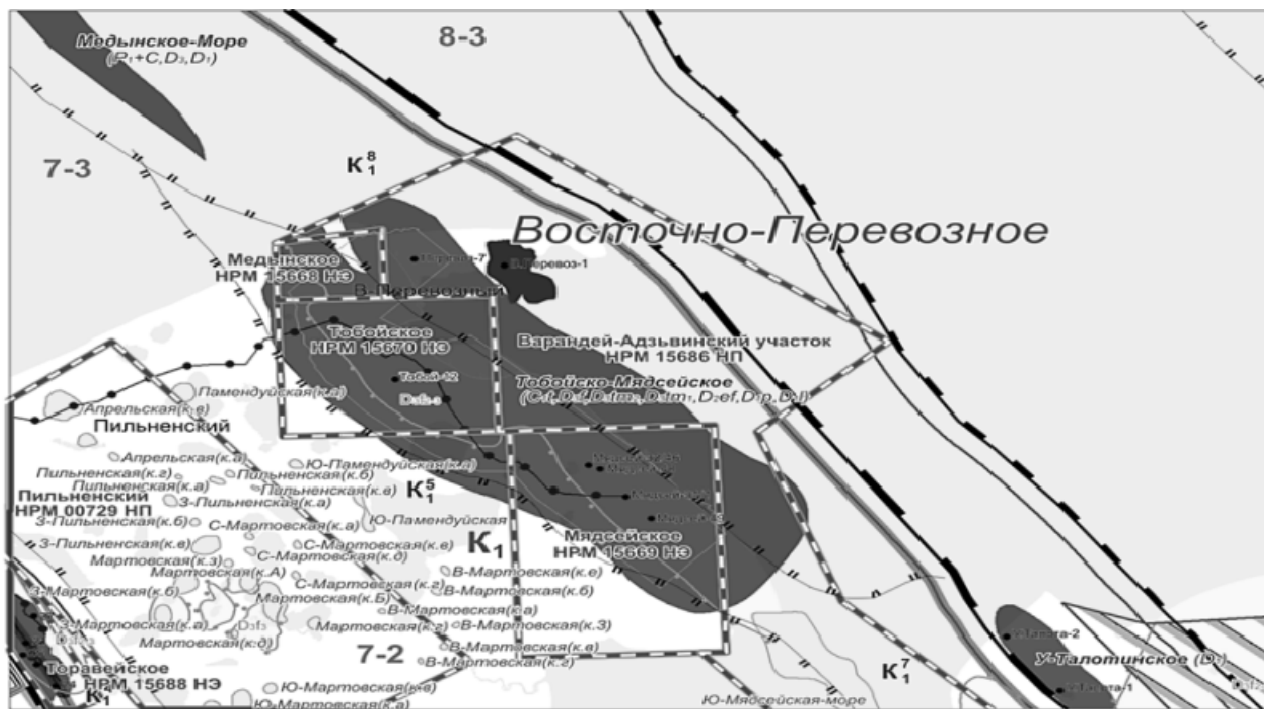


Рис.1. Тектоническая карта территории

Восточно-Перевозная структура подготовлена к глубокому бурению по каменноугольным, нижне- и верхнедевонским отложениям сейсморазведкой 2D (2001-2002 гг.) и 3D (2010 г.) [2] (рис.2).

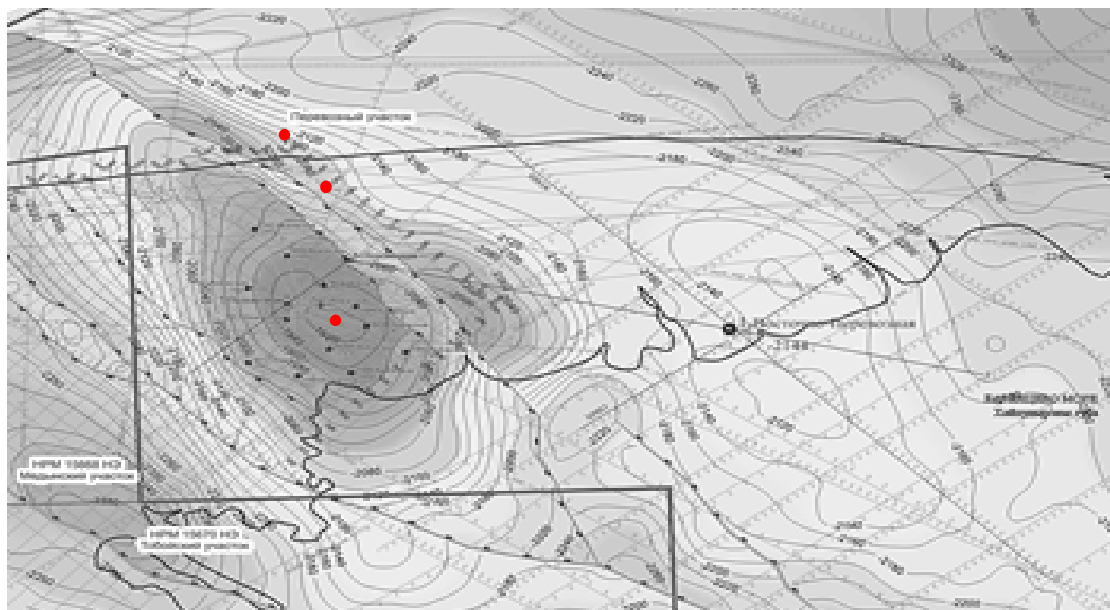


Рис.2. Структурная карта по ОПКс, отождествленному с кровлей турнейских отложений

Рекомендовано бурение поисковых скважин 1,6,7 в свде структуры (рис.2). Автором выполнена переинтерпретация материалов ГИС скв. №1 первооткрывательницы месторождения. Пористость (Кп) коллекторов по ГИС авторами отчета определялась по теоретическим палеткам [1], заложенным в программном комплексе «ПРАЙМ», в то время как автором использована зависимость  $\Delta T_{пл} = f(K_p)$  и результаты исследований ядерно-магнитного каротажа (ЯМК). Зависимость  $\Delta T_{пл} = f(K_p)$ , предложенная автором построена на основе 104 определений пористости по керну и данным измерений  $\Delta T_{пл}$ , описывается уравнением вида (1):

$$\Delta T_{пл} = 467 \cdot K_p + 158, \quad R = 0,83 \quad (1)$$

Определение Кп по ЯМК осуществлялось по зависимости, полученной сопоставлением зффективной пористости (Кпэфф), определенной по ЯМК с 63 определениями Кп по керну (2):

$$K_{эфф} = 0,87 \cdot K_k - 1,3, \quad R = 0,96 \quad (2)$$

Расчёт нефтенасыщенности выполнен по методу сопротивлений [3,4], осуществлялся по зависимостям:  $R_p = f(K_p)$ ;  $R_n = f(K_{ов})$ , составленных соответственно по 97 и 623 образцам керна. Уравнения связи имеют следующий вид (3,4):

$$R_{пл} = 3,15 \cdot K_{пл}^{1,88} \quad (3)$$

$$R_n = 1,33 \cdot K_n^{1,91} \quad (4)$$

В таблице представлено сравнение пористости коллекторов по данным керна, ГИС («ПЗ») и автора.

Таблица

Сопоставление пористости определенной автором с пористостью и принятой в отчете по подсчету запасов

НК-АК		НК-ГГКп		ЯМК (автор)		□Т пл = f(Kп) (автор)		Принятое в ПЗ	
абс.расх.,от/до, %	отн.погр. от/до, %	абс. расх., от/до, %	отн.погр. от/до, %	абс.расх. от/до, %	отн.погр. от/до, %	абс. расх., от/до, %	отн.погр. от/до, %	Отчет	Автор
-1,7/3,3	-17,7/50,1	-1,0/2,4	-9,1/35,7	-1,3/2,8	-14,1/42,5	0,17/1,4	2,4/15,8	0,097	0,085

Сопоставление коэффициентов пористости и нефтенасыщенности, определенных автором, с данными по керну, представлено на рисунке 3.

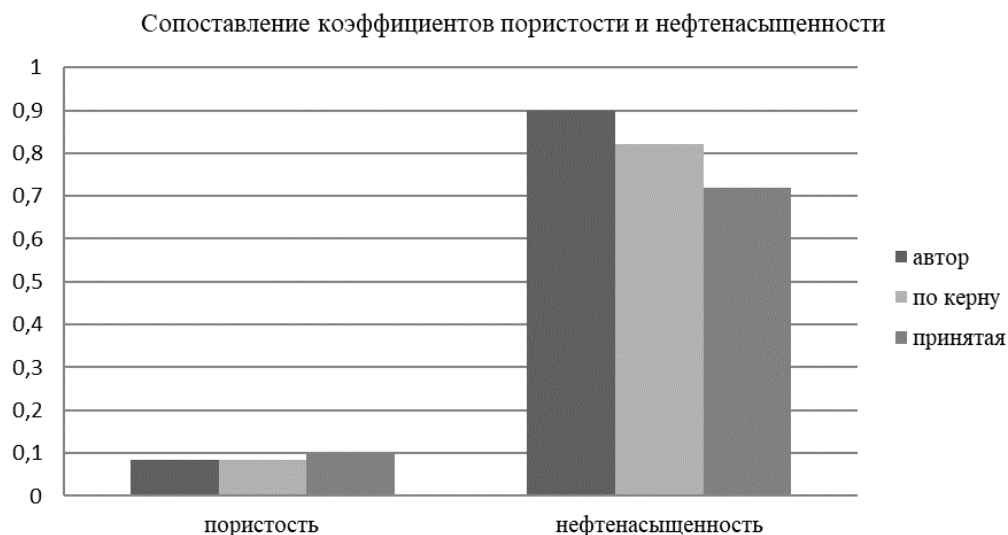


Рис. 3. Сопоставление коэффициентов пористости и нефтенасыщенности

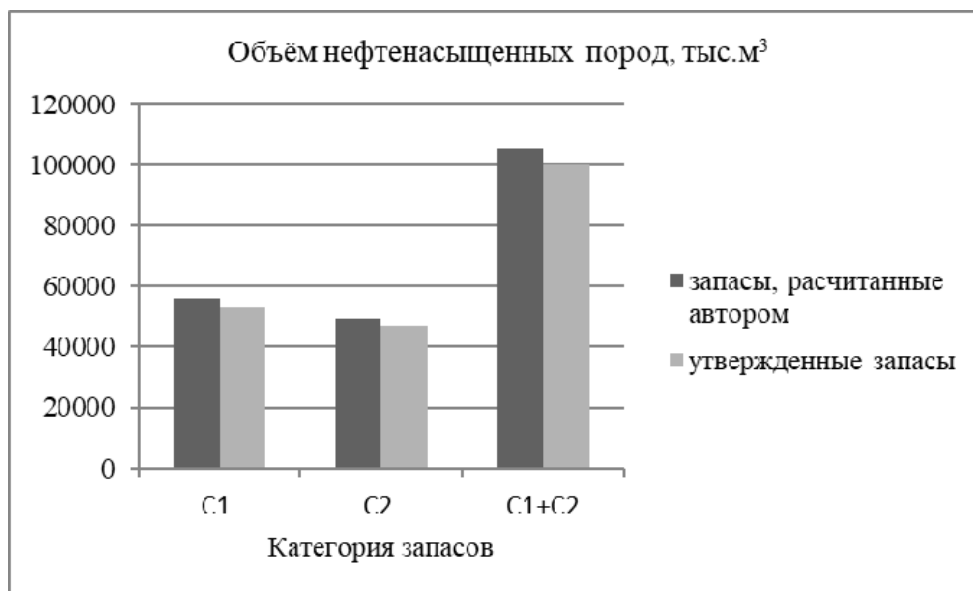


Рис. 4 Объем нефтенасыщенных пород

Из рисунка 3 видно, что расхождение пористости и нефтенасыщенности, определенное по ГИС в среднем составляет соответственно 0,014 и 0,12, расхождение между автором и значениям по керну соответственно 0,001 и 0,1.

Таким образом, пористость и нефтенасыщенность, определенная автором, ближе кернавым определениям.

На основании выполненных исследований выполнен подсчет запасов в турнейской залежи Восточно-Перевозного месторождения по формуле (5):

$$Q_n = S \cdot h_{\text{эфф}} \cdot K_n \cdot K_p \cdot \frac{1}{b} \cdot \gamma_n \cdot K_{\text{ИН}} \quad (5)$$

где  $S$  - площадь залежи, м<sup>2</sup>,  $h_{\text{эфф}}$  - толщина эффективная, м;  $K_p$  и  $K_n$  соответственно пористость и нефтенасыщенность, д.ед.,  $b$  - пересчетный коэффициент, д.ед.,  $\gamma_n$  - плотность нефти, т/м<sup>3</sup>,  $K_{\text{ИН}}$  - коэффициент нефтеизвлечения, д.ед.

Расхождение в запасах (рисунок 3), подсчитанных автором и утвержденных составляет 0,085%.

Таким образом, основная причина расхождения – изменение площади залежи, пористости и нефтенасыщенности, рассчитанных автором и утвержденных на 0,085%.

### *Литература*

1. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород. М.: Недра, 1975. с. 268.
2. Керусов И.Н., Эпов К.А., Соенко В.Л. Азимутальный AVO-анализ – выявление зон трещиноватости карбонатных коллекторов при 3D-сейсморазведке // Геофизика, Спец. Выпуск Технологии сейсморазведки-1, М., 2002. с. 91-95.
3. Петерсилье В.И. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объёмным методом. // ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика»; Москва-Тверь, 2007. с. 426.
4. Элланский М.М. Петрофизические основы комплексной интерпретации данных геофизических исследований скважин, М., 2001. с. 216.

УДК 553.982.2

## **ПРОБЛЕМЫ РАССОЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТИ В ГАЛИТИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ (НЕПСКИЙ СВОД)**

**Юнин Кирилл Сергеевич**

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
студент 3 курса, г. Иркутск  
YuninKirill@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Тонких Марина Евгеньевна

**Аннотация:** Рассмотрена проблема влияния процесса рассоления на показатели разработки объектов углеводородных месторождений в пределах Непского свода. Этот процесс возникает при заводнении галитизированных продуктивных пластов, наличие которых характерно для месторождений Восточной Сибири. Рассоление ведет к снижению добычи нефти и увеличению скорости обводнения скважин. Данную особенность необходимо учитывать при разработке и принимать меры по минимизации разрушений продуктивных пластов, в целях добычи большего объема углеводородов. Одним из методов, уменьшающих это влияние является закачка воды повышенной минерализации.

**Ключевые слова:** рассоление, Непский свод, Восточная Сибирь, нефть, Верхнечонское месторождение.

## **PROBLEMS OF DESALINATION DURING THE DEVELOPMENT OF OIL FACILITIES IN HALITIZED PRODUCTIVE FORMATIONS OF EASTERN SIBERIA (NEPSKY ARCH)**

**Yunin Kirill Sergeevich,**

*Irkutsk National Research Technical University,  
3<sup>rd</sup> year Student, City Irkutsk,  
YuninKirill@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Tonkikh Marina Evgenievna

**Abstract:** The problem of the influence of the desalination process on the development indicators of hydrocarbon deposits within the Nepsky arch is considered. This process occurs during the flooding of halitized reservoirs, the presence of which is characteristic of deposits in Eastern Siberia. Desalination leads to a decrease in oil production and an increase in the rate of watering wells. This feature must be taken into account when developing and taking measures to minimize the destruction of reservoirs, in order to produce a



larger volume of hydrocarbons. One of the methods that reduce this effect is the injection of water of increased mineralization.

**Keywords:** desalination, Nepa arch, East Siberia, oil, Verkhnechonskoye field.

### 1. Введение

Для разреза Сибирской платформы, в котором локализуются углеводородные залежи, характерно наличие пластовых солей, а также значительная галитизация других пород, в том числе продуктивных на углеводороды. Значительное влияние засоления нефтегазонасыщенных пород на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов отмечали многие исследователи в своих работах [1,2,4,5]. Они указывали, что кристаллизация солей, в основном представленных галитом, происходит именно в поровом пространстве, в результате чего пористость и проницаемость пород существенно снижается. Однако процесс рассоления, возникающий при заводнении, влияет на изменение реологии агента закачки (пресной воды), увеличивая его минерализацию и вязкость. В начале разработки на фронте вытеснения формируется зона предельной минерализации агента, улучшается характеристика вытеснения: увеличивается время безводной работы скважин, а также добыча нефти за безводный период. Однако далее процессы рассоления меняют структуру порового пространства, вследствие чего увеличиваются пористость и проницаемость породы и за фронтом вытеснения образуются высокопроницаемые промытые каналы. Это ускоряет темпы обводнения, снижает коэффициент охвата после прорыва воды, а также конечный КИН, что в итоге приводит к потере накопленной добычи.

### 2. Материалы и методы

Накопленный материал современных геофизических исследований, бурения и выполненных ранее научных работ позволил провести анализ распределения галита в нефтегазоносных комплексах Непского свода [6]. Засоление пород как по разрезу, так и по площади распространено крайне неравномерно и связано с особенностью палеогеографических и палеотектонических условий осадконакопления в регионе [8]. В ФГУНПП «Иркутскгеофизика» были выполнены исследования засоления терригенной толщи Верхнечонского месторождения. По результатам этих работ содержание галита в песчаниках распределено неравномерно по площади месторождения. Наиболее активному засолению были подвержены кембрийские карбонатные отложения усольской свиты (осинский горизонт-Ос) и вендские терригенные образования нижнемотской подсвиты (верхнечонские продуктивные горизонты - Вч1, Вч2, Вч1+2) на Верхнечонском месторождении. Для других месторождений региона (Ярактинского, Чаяндинского, Тымпучиканского, Даниловского и др.) проблема засоленных коллекторов также является ключевой.

На Верхнечонском месторождении засоленная область обрамляет центральный блок. Наибольшее содержание галитового цемента в песчаниках пласта Вч-1 отмечаются по юго-западному (скв. 67, 85, 88, 65, 104) и северо-восточному (скв. 73, 55, 77, 75, 76, 39, 26, 49, 43, 25) контурам залежи. Обращает на себя внимание заметно меньшее содержание соли в песчаниках пласта Вч-2. Из продуктивных пластов Верхнечонского месторождения отобрано значительное количество кернового материала. К настоящему времени, при изучении коллекторских свойств пород продуктивных пластов Верхнечонского месторождения по керну выполнено более 13000 определений коэффициента пористости и 8000 определения коэффициента проницаемости. Коэффициент остаточной водонасыщенности изучался по керну прямыми и косвенными (центрифугирование и капилляриметрия) методами. Выполнены более 400 исследований коэффициента остаточной водонасыщенности.

Разработку месторождений традиционно ведут с помощью заводнения с целью поддержания пластового давления. Однако закачиваемая в нагнетательные скважины вода имеет низкую минерализацию, которая существенно отличается от пластовых вод. В результате возникает процесс, называемый рассолением. Этот процесс, протекая в пласте, естественно меняет структуру порового пространства, увеличивая пористость и проницаемость породы.

### 3. Результаты исследования и их анализ

Эксперименты, проведенные на керне Верхнечонского месторождения, по отмыву солей, демонстрируют заметное изменение структур поровых пространств [3]. В результате рассоления пористость и проницаемость возрастают, образуя промылочные зоны, что ведёт к увеличению цефиков нефти, а также обводненности скважин. Тем самым влияя на процесс добычи нефти, на коэффициент извлечения нефти (КИН), что ведет к уменьшению объёмов добычи.

В ходе анализа работ над керном, взятого с разных мест засоленности месторождения, было выявлено 3 модели взаимодействий кернов с закачиваемой водой. На рисунке 1 отображена карта Верхнечонского месторождения по степени засоленности пласта, с изображенными на ней кустами, с которых брались пробы керна [3].

Из этих данных можно отметить, что кусты, расположенные в слабоминерализованной части пласта, зачастую не зависят от эффекта рассоления. А те кусты, которые непосредственно находятся в зонах с высокой минерализацией, дают как положительный, так и отрицательный эффект от рассоления. Данное явление обусловлено тем, что:

В ходе рассоления повышается минерализация закачиваемой воды, увеличивается ее вязкость на фронте вытеснения. В результате выравнивается фронт вытеснения и улучшается его воздействие на добычу нефти, но лишь в начале разработки. Рисунок 1- Распределение кустов на карте засоленности пласта [3].

Рассоление влияет на структуру коллекторов, повышая пористость и проницаемость пластов, таким образом, формируя промытые каналы, что препятствует полному вытеснению нефти при заводнении и ускоряет темпы обводненности.

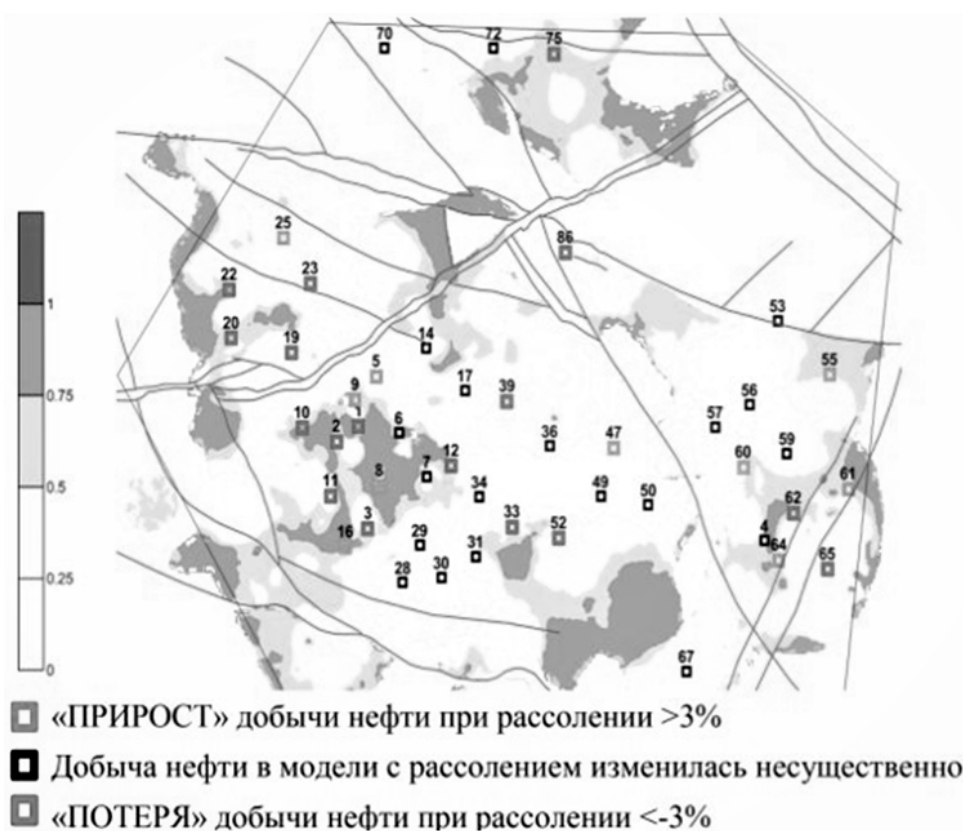


Рис. 1. Распределение кустов на карте засоленности пласта

На данный момент существует ни так много методов по устранению данного эффекта. Одним из таких методов является использование высокоминерализованных вод в системах заводнения, за счет межпластовой перекачки. Данная технология подразумевает отдельную добычу пластовых вод, из прилегающих или ближайших водных пластов с высокой минерализацией для дальнейшей закачки этих вод в систему заводнения. Эффективность этой технологии обусловлена воздействием на пласт воды сопоставимой по степени минерализации с той, что находится в пласте. Вследствие воздействия такой воды, фронт вытеснения выравнивается и действует на пласт равномерно, тем самым уменьшая количество целиков нефти и увеличивая нефтеотдачу. Рассматриваемая методика хорошо себя зарекомендовала на уже давно разрабатываемых месторождениях Урало-Поволжья и Западной Сибири [7]. В Восточной Сибири, по открытым источникам, технология ещё не применялась, и необходимо проводить эксперименты по ее внедрению, хотя существует ряд ограничений: отсутствие полноценных аналогов, отсутствие длительной истории работы месторождений, уникальные геолого-физические характеристики.

#### 4. Обсуждение

Большое количество соли в пласте является неблагоприятным фактором, а такие процессы как рассоление в процессе разработки ведут к увеличению скорости обводнения скважин и ограниченной добычи нефти. В целях добычи большего объёма углеводородов стоит учитывать данную особенность коллекторов месторождений Восточной Сибири и следует принимать меры по минимизации разрушений пластов.

Для решения проблемы обводнения скважин и уменьшения добычи нефти необходимо проводить адресную закачку высокоминерализованной воды в нагнетательные скважины после начального периода закачки воды низкой минерализации. Учитывая данные по керну, самой эффективной зоной применения данной технологии, будут скважины с высоким содержанием соли в пластовой воде.

#### 5. Заключение

При использовании стандартных подходов к разработке засоленных коллекторов месторождений Восточной Сибири возникает риск ошибочных прогнозов технологических показателей и величине КИН. Возникает необходимость использовать различные рекомендации по проведению широкомасштабного промыслового эксперимента в использовании подземных вод для воздействия на засоленные зоны продуктивных пластов. Запасы подземных вод возобновляемы и практически не ограничены. Высокая степень разбуренности, наличие большого числа скважин, неиспользуемых в добыче и выведенных в другие категории (контрольные, консервированные, физически ликвидированные), позволяет выбрать наиболее экономичный вариант для организации системы.

#### Литература

1. А.С., Бакин В.Е., Воробьев В.Н., Гребенкин Т.Я., Дробот Д.И., Rogozin A A и др., Непско-Ботубинская антеклиз - новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР// Наука. Новосибирск: 1986. 245 с.
2. Анциферов А.С. Метаморфизм рассолов и засоление коллекторов нефти и газа Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. 2003. № 6. С. 499–510.
3. Гринченко В.А. Повышение эффективности выработки запасов нефти в засоленных коллекторах/Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тюмень – 2013, 13 с.
4. Гурова Т.И., Чернова Л.С., Богданова В.Н. Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1988. 254 с.
5. Huurdeman A.J.M., Breunese J.N., Al-Asbahi A.M.S., et al. Assessment of halite-cemented reservoir zones. *Journal of Petroleum Technology*, 1991, Vol. 43, P. 518–523.
6. Кальвин И.А., Мусеев В.А., Буторов В.В. Условия кристаллизации соли в поровом пространстве коллекторов Непского свода // Геология нефти и газа. 1990. № 6. С. 23–25.
7. Е.Л. Морозова, М.С. Пермяков. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИТОКА, ОБВОДНЕННОСТЬ, ЗАКАЧКА ПРЕССНОЙ ВОДЫ, ПРИЕМИСТОСТЬ СКВАЖИН, ПЕРЕКАЧКА И ЗАКАЧКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ, ГЛИНОСОДЕРЖАЩИЕ КОЛЛЕКТОРА/ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА, Красноярск, 2016, 15с.
8. L A Rapatskaya, M E Tonkikh and A O Ustyuzhanin Natural reservoir as a geological body for storing helium reserves. SEWAN-2019. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 408 (2020) doi:10.1088/1755-1315/408/1/012060.

УДК330; 338; 659; 65

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ОБОСНОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ МАТРИЧНОЙ НЕФТИ

**Новикова Анна Сергеевна**

ШНО РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, молодой ученый, г. Оренбург

e-mail: [annov106@mail.ru](mailto:annov106@mail.ru)

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент, Еременко Ольга Владимировна

**Аннотация:** Нефтегазоматеринские карбонатные толщи Оренбургского месторождения в объеме газоконденсатной залежи последовательно прошли этап интенсивной газогенерации в протокатагенезе, два этапа нефтегенерации и, в ряде зон, вступили в третий этап нефтегенерации. Благодаря этим преобразованиям образовалась залежь матричной нефти (ВМС), термодинамическое равновесие в которой восстанавливается за счет перехода в пар части легких фракций жидких углеводородов в пластовых условиях. Осложняет поиск, разведку и добычу ВМС тот факт, что концентрация и сте-

пень зрелости по разрезу и по площади месторождения различны. Отсюда – проблемы точности определения компонентного состава и физико-химических свойств матричной нефти в разрезе перспективных площадей. Решить эту задачу возможно путем проведения стендовых испытаний и локальных исследований, результаты которых отражены в данной статье.

**Ключевые слова:** высокомолекулярное сырье, керн, физико-химические исследования, асфальто-смоло-парафиновые отложения, растворимость, углеводородные растворители, стендовые испытания

## NEW APPROACHES TO SUBSTANTIATING THE TECHNOLOGY OF MATRIX OIL PRODUCTION

*Anna Sergeevna Novikova,*

*SSS of Gubkin Russian state University of oil and gas (NRU), Young Researcher, Orenburg*

*e-mail: [annov106@mail.ru](mailto:annov106@mail.ru)*

*Research Supervisor: Candidate of Economics science, Reader, Olga Vladimirovna Eremenko*

**Abstract:** Carbonate petroleum source strata of gas condensate of the Orenburg deposits successively passed the stage of intensive gas generation in protocatagenesis, two stage oil general and, in some areas, entered into the third stage of oil generation. These transformations resulted in the formation of a matrix oil Deposit, where the thermodynamic equilibrium is restored due to the transition to steam of some light fractions of liquid hydrocarbons under reservoir conditions. Complicating the search and exploration of high-molecular raw materials is the fact that the concentration and degree of maturity of the section and the area of the Deposit are different. Hence, the problems of accuracy in determining the component composition and physical and chemical properties of matrix oil in the context of prospective areas. It is possible to solve this problem by conducting bench tests and local research, the results of which are reflected in this article.

**Keywords:** high-molecular raw materials, core, physical and chemical studies, asphalt-resin-paraffin deposits, solubility, hydrocarbon solvents, bench tests.

Наличие матричной нефти на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ОНГКМ) предположил в начале 1930-х годов И.М. Губкин [5]. Последующие исследования подтвердили, что матричная нефть распространена по всему месторождению, а ресурсы ВМС в несколько раз превышают остаточные запасы традиционного углеводородного сырья [3]. К сожалению, с того времени окончательно не решен вопрос выбора эффективного способа добычи, так как состав и концентрация матричной нефти разнятся и по разрезу, и по площади ОНГКМ [10].

Кроме этого, добыча матричной нефти осложняется фактом наличия в ней асфальтенов и тяжелых (спирто-бензольных) смол, связывающих в себе жидкие углеводороды. Это обстоятельство делает невозможным добычу с закачкой в пласт неуглеводородных газов ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ) или использование широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), поскольку они обладают способностью осаждать асфальтены [8]. В этой связи наиболее актуальным становится вопрос выбора высокоактивных ароматических растворителей, способствующих освобождению ранее связанных жидких углеводородов, растворению, снижению вязкости и извлечению из пласта всех высокомолекулярных компонентов.

Наилучшим образом решение этой задачи возможно при проведении стендовых испытаний технологий добычи с учетом свойств вмещающей породы и компонентного состава ВМС [4]. Задачей исследования в этом случае является изучение процесса растворения и извлечения высокомолекулярных компонентов (ВМК) высокомолекулярного сырья в различных углеводородных растворителях [7]. Полученные результаты будут использованы при дальнейшем планировании геологоразведочных, опытных и опытно-промышленных работ по добыче ВМС из продуктивных отложений зон газонасыщения, нефтяных залежей и нефтяных оторочек, а также моделирования технологии извлечения ВМС, прогнозирования показателей добычи и компонентоотдачи.

В ходе лабораторных исследований реагентов на эффективность удаления и растворения битуминозных компонентов из АСПО изучалась кинетика и степень растворимости ВМС в продуктах пиролиза. Были исследованы характеристики извлечения высокомолекулярных компонентов из керновых моделей пласта путем циклической закачки растворителей и выдержки в течение 22 часов при температурах 18°C и 30°C. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Наилучшие результаты получены при использовании в качестве растворителей чистых органических реагентов. В хлороформе для обоих образцов за 22 часа растворимость составила при комнатной температуре (18°C) - 22% от общего весового количества взятых образцов АСПО. Практически

такой же результат (20%) получен при использовании в качестве растворителя ароматического растворителя – толуола.

Таблица 1

Выбор растворителя и температурного режима растворимости битуминозных компонентов из образцов АСПО

Растворитель	Степень экстракции растворителя			
	1 образец		2 образец	
	18°C	30°C	18°C	30°C
Хлороформ	22%	-	22%	-
Толуол	20%	23,05%	20%	23,1%
Дизельное топливо	6%	8%	2,5%	4,7%
Толуол + дизельное топливо (50:50)	16%	18,4%	10%	12%

Увеличение температуры до температуры пласта показало незначительный рост степени извлечения ВМС из АСПО с 20% до 23% в чистом толуоле. В углеводородных смесях эта тенденция сохраняется. При использовании смеси толуола и дизельного топлива показатели степени извлечения возрастают до 18,4% (вместо 16 %) для образца 1 и до 12% (вместо 10%) для образца 2.

Большое влияние на результаты исследования оказала подготовка исходных асфальто-смоло-парафиновых отложений [2]. При обработке сырья из образцов были удалены крупные белые неорганические солевые включения и они были растерты и просеяны через сито диаметром 1,7 мм. Выход ВМС из образцов, заранее обработанных, почти вдвое выше по сравнению с необработанными образцами.

Компонентный состав изучаемых образцов ВМС в АСПО определялся методом капиллярных вытяжек (таблицу 2).

Таблица 2

Компонентный состав высокомолекулярных битуминозных компонентов, выделенных из образцов АСПО, %

Образец	Асфальтены	Смолы тяжелые	Осмоленные	Масла
1	53	47	-	-
2	67	33	-	-

Выделенные из АСПО высокомолекулярные компоненты являются сложными тяжелыми соединениями, основную часть которых составляют асфальтены и тяжелые смолы. Легкие смолы и масла в полученных образцах отсутствуют полностью.

Исследование растворимости ВМК в смеси АСПО было проведено по отношению к следующим углеводородам: толуол ( $C_7H_8$ ), гексан ( $C_6H_{14}$ ), гептан ( $C_7H_{16}$ ) и декан ( $C_{10}H_{22}$ ) при температурах: 20°C и 15°C. Наблюдались следующие закономерности: максимальная растворимость наблюдается в толуоле (45%), минимальная – в гексане (30%); со временем растворимость увеличивается и через 1 час достигает максимума, затем растворимость уменьшается; с повышением температуры с 15°C до 20°C для толуола этот эффект пропадает; при уменьшении температуры растворимость снижается, но ее временная кинетика сохраняется прежней.

В качестве растворителей битуминозных компонентов из АСПО были испытаны конденсат ОНГКМ, смола пиролиза марок Е-3 и Е-4, водные растворы МЛ-72. Результаты показали, что хорошими растворителями являются конденсат и смола пиролиза, причем время полного удаления отложений с помощью смолы пиролиза Е-3 меньше, чем марки Е-4. Конденсат растворяет парафины, смолы пиролиза – смолы и асфальтены.

Таким образом, для извлечения ВМС, могут быть использованы как растворы смолы пиролиза в конденсате, так и индивидуальный конденсат. Для извлечения асфальтенов целесообразно использовать раствор смолы пиролиза в конденсате с массовым соотношением компонентов 1:1. Раствор такого состава обладает удовлетворительными физическими свойствами (плотностью, вязкостью, температурой замерзания) и максимальной эффективностью использования смолы пиролиза. Одна тонна такого растворителя растворила 430 кг асфальтенов.

Асфальтены с очень высоким содержанием гетероатомов лучше растворились в бензоле, чем в толуоле [9].

Исследования по характеристике извлечения ВМК из керна путем циклической закачки толуола [1] и выдержки в течение заданного времени при температурах 30°C и 70°C показали, что в первых 3–5 циклах закачки-выдержки вымывается основная доля растворимой части ВМС, что свидетель-

ствуется о высоком коэффициенте ВМК-отдачи пласта. С точки зрения технологического применения оптимальное время выдержки для исследуемых параметров пористой среды можно задавать равным 7 дням. В экспериментах при температуре 70°C достигается более высокий выход высокомолекулярных соединений, по сравнению с экспериментами, выполненными при температуре 30°C разница достигает 30%.

Исследование микроэлементного состава образцов асфальто-смоло-парафиновых отложений показало, что высокомолекулярное сырье ОНГКМ отличается в разрезе площадей промышленными концентрациями галлия, ванадия, никеля, титана, серебра, хрома, цинка, меди, стронция. Высокие (промышленные) концентрации металлов установлены в образцах, отобранных с забоев, стволов скважин, из НКТ.

На основании фактического материала построены контурные карты распространения отдельных металлов по площади ОНГКМ. На основе привязки конкретных технологических линий к конкретным скважинам построена их контурная привязка по площади ОНГКМ. Выделенные площади условно охарактеризованы превышением средних концентраций микроэлементов в АСПО над их кларковыми концентрациями в карбонатных породах земной коры. Построенные карты позволили: выделить зоны, углеводородное сырье в которых обогащено отдельными попутно добываемыми микроэлементами.

В заключение исследования выполнено локальное моделирование внедрения разработанных комплексных технологий добычи ВМС, позволившее проанализировать перспективы его освоения на основе гидродинамического моделирования на опытном полигоне, даны рекомендации по моделированию разработки и добычи ВМС, проведены гидродинамические расчеты технологии направленной добычи ВМС путем закачки рабочих агентов в нагнетательную скважину и добычи пластовой продукции системой из четырех добывающих скважин на расстоянии 60 метров от нагнетательной скважины. В качестве наиболее эффективного рабочего агента для закачки в пласт был выделен способ попеременной закачки в нагнетательную скважину толуола и сухого пластового газа.

Для окончательного подтверждения полученных выводов необходимо в последующем учесть в модели все нюансы путем проведения испытания процесса вытеснения ВМС из газоконденсатной залежи на опытном полигоне.

### *Литература*

1. Альварес Х., Коатс Р. Технологии циклической закачки растворителя для извлечения тяжелой нефти. // *Российские нефтегазовые технологии.* - 2016. №17. С.82-87.
2. Иванов С. Результаты опытно-промысловых работ по направленной добыче ВМС на Оренбургском месторождении. // *Газовая промышленность.* 2013. Вып. 33. С. 37-40;
3. Еременко О.В. Инновационный вектор стратегии эффективной эксплуатации зрелых многокомпонентных месторождений углеводородного сырья // *Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом.* 2017. №12. С. 26-32.
4. Еременко О.В. Инновации, направленные на увеличение продолжительности жизненного цикла и эффективности разработки нефтегазоконденсатных месторождений в стадии падающей добычи// *Экономика и управление: проблемы, решения.* 2017. Т.1. №10. С. 65-71.
5. Еременко О.В. Совершенствование методологии анализа инновационной деятельности нефтегазовых компаний: монография. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2016. 153 с.
6. Новикова А.С., Еременко О.В. Приоритетные инструменты интеллектуализации геологии // *Новые идеи в геологии нефти и газа 2019: сборник научных трудов (по материалам Международной научно-практической конференции)/отв. ред. А.В. Ступакова; МГУ имени М.В. Ломоносова. М.: Издательство «Перо», 2019. С. 352-354.*
7. Новикова А.С., Еременко О.В. Экономическая эффективность инновационных способов переработки компонентов высокомолекулярного сырья Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения // *«Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов»: материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием) / под ред. Н.Д. Цхалая. Ухта: УГТУ, 2018. С.271-274.*
8. Новикова А.С. Инновации, обеспечивающие рост рентабельности эксплуатации Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения // *Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая».* 2018. С. 64105.1-64105.3.
9. Eremenko O., Novikova A. Improvement of technologies as a basis for effective development of Mature field Geonature 2019: сборник научных трудов Международной научно-практической конфе-

ренции при поддержке международных организаций EAGE, SEG, AAPG 25-28 марта 2019 г. / отв. редактор И. И. Нестеров. Тюмень: ТИУ, 2019. 459 с.

10. Novikova A., Eremenko O. *Innovations in the extraction of high-molecular raw materials as an effective direction of the oil and gas complex. Geonature 2019: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции при поддержке международных организаций EAGE, SEG, AAPG 25-28 марта 2019 г. / отв. редактор И. И. Нестеров. Тюмень: ТИУ, 2019. 459 с.*



*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

***РАЗДЕЛ 6:***

***Проблемы инженерной геологии и  
охраны недр***

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

***Section 6:***

***Problems of engineering geology  
and protection of mineral resources***

УДК 624.131

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ИХ УВЛАЖНЕНИИ

**Станкевич Елена Сергеевна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 2 курса магистратуры, г. Пермь  
stankevichelena89@gmail.com*

**Тунёв Илья Сергеевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 1 курса магистратуры, г. Пермь  
Ilyatunev2@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Маковецкий Олег Александрович

**Аннотация:** В настоящее время территории города Перми все сильнее подвергается влиянию опасных геологических процессов и явлений, этому способствует рост плотности и этажности современной застройки. Наиболее негативным для функционирования городских систем является подъем уровня грунтовых вод. В статье рассмотрено влияние увеличения влажности на деформационные свойства грунта.

**Ключевые слова:** увеличение влажности, грунт, подтопление, деформационные свойства.

## ANALYSIS OF CHANGE OF DEFORMATION PROPERTIES OF SOILS UNDER THEIR HUMIDIFICATION

**Stankevich E.S.,**

*Perm State University, 2nd year Master's Degree Student, Perm,  
stankevichelena89@gmail.com*

**Tunev I.S.,**

*Perm State University, 1st year Master's Degree Student, Perm,  
Ilyatunev2@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, assistant professor, Makovetskiy O.A.

**Abstract:** Currently, the city of Perm is increasingly exposed to the influence of dangerous geological processes and phenomena, this contributes to the growth of density and number of floors of modern buildings. The most negative for the functioning of urban systems is the rise of groundwater levels. The article considers the effect of increasing humidity on the deformation properties of the soil.

**Keywords:** increase in humidity, soil, flooding, deformation properties.

Анализ литературных источников показал, что в работах известных Российских и зарубежных ученых С.Д. Воронкевича, Н.Г. Максимовича, З.Г. Тер-Мартirosяна, В.С. Осипова был освещен вопрос изменчивости деформационных свойств грунтов при увлажнении [1,2,3]. На территории Перми широко развиты опасные геологические и инженерно-геологические процессы, достаточно распространенным является процесс подтопления. Каждый из административных районов, так или иначе, подвержен воздействию инженерно-геологических процессов, степень развития и распространения которых определяется природными условиями и техногенной нагрузкой.

Наиболее неблагоприятными для функционирования городских систем является процесс изменения уровня грунтовых вод или повышение влажности грунтов зоны аэрации до критической величины. Основной причиной подъема уровня подземных вод и развивающегося подтопления подземных частей отдельных зданий и сооружений, промышленных площадок и жилых кварталов города Перми является накопление влаги в зоне аэрации и дополнительное поступление в зону полного водонасыщения. Подтопление территории чаще всего связано с деятельностью человека.

Примерами негативного влияния человека на изменение уровня подземных вод могут послужить: созданием искусственных барьеров на пути движения грунтовых вод, ошибками при проектировании и устройстве дренажных и водозащитных систем, вскрытием водоносных горизонтов при выполнении геотехнических работ, протечке из водонесущих коммуникаций, ошибками при производстве работ по водопонижению, разрушением гидроизоляции.

Классификация причин, разработанная А.Б. Пономаревым и С.В. Калошиной, способствующих изменению уровня подземных вод, приведена на рисунке 1.

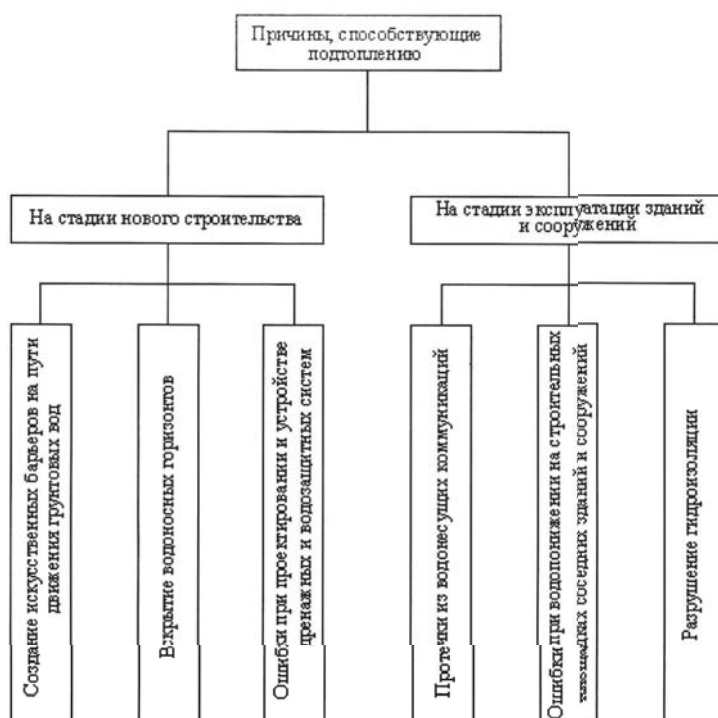


Рис.1 Основные причины, способствующие подтоплению

Причины подтопления территории делятся на естественные и искусственные. Из естественных причин основными являются инфильтрация атмосферных осадков, рельеф и геолого-литологическое строение. Влияние инфильтрации атмосферных осадков можно значительно снизить, правильно организовав поверхностный сток. Основными искусственными причинами подтопления являются утечки воды из водонесущих коммуникаций, которые на отдельных участках достигают до 40% от величины водопотребления.

В ходе протекания процесса подтопления наблюдается переформирование вещества, проявляющегося в появлении новых признаков у грунтов, плотности, прочности, проницаемости и т.д. Уменьшается плотность и прочность грунтов, а скорость фильтрации повышается. Разрушению подвергаются глинистые минералы. Совокупность воздействующих процессов способствует значительному ухудшению прочностных и деформационных свойств грунтов: модуля деформации, угла внутреннего трения, степени водонасыщенности, увеличение коэффициента пористости, уменьшение удельного сопротивления.

Для количественной оценки изменения деформационных свойств грунтов при изменении влажности были проведены испытания, а именно метод компрессионного сжатия по ГОСТ 12248-2010[5]. В качестве исследуемого грунта мы рассматривали текучепластичный суглинок аллювиально-деллювиального происхождения, как грунт, максимально меняющий деформационные характеристики при увлажнении. У образца грунта найдены основные физические характеристики (естественная влажность, плотность грунта, плотность твердых частиц, гранулометрический состав, пористость и коэффициент пористости) по ГОСТ 5180-2015 [6].

Было проведено изучение деформационных свойств грунта при разных влажностях компрессионным методом по ГОСТ 12248-2010. Было проведено 3 испытания: с грунтом природной влажности, с грунтом, замоченным в воде на 48 часов и грунтом, замоченным в воде на 96 часов. При этом плотность грунта не изменялась и оставалась в природном состоянии. Суть испытаний

заключается в нагрузке грунта при заданной влажности с естественным сложением в приборе одноосного сжатия (одометре) со сроком условной консолидации грунта в течение одного часа в 5 ступеней. Первые две ступени по 0,0125 мПа, затем по 0,025 мПа. Изменения фиксируются с помощью устройств для измерения вертикальных деформаций образца - индикаторов часового типа. С помощью найденных деформаций грунта находят основную характеристику деформации – модуль деформации  $E$ . Затем строится график зависимости влажности грунта от модуля деформации на каждой ступени для каждого грунта. С помощью этих графиков видна тенденция изменения деформационных свойств при изменении влажности.

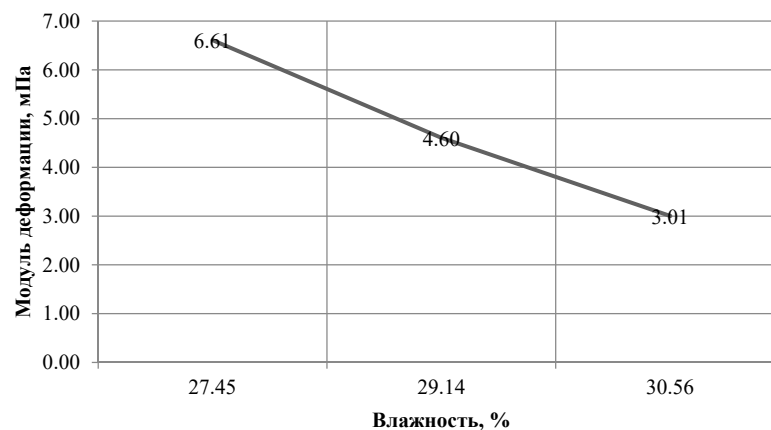


Рис. 2. График зависимости модуля деформации от влажности в проведённом эксперименте

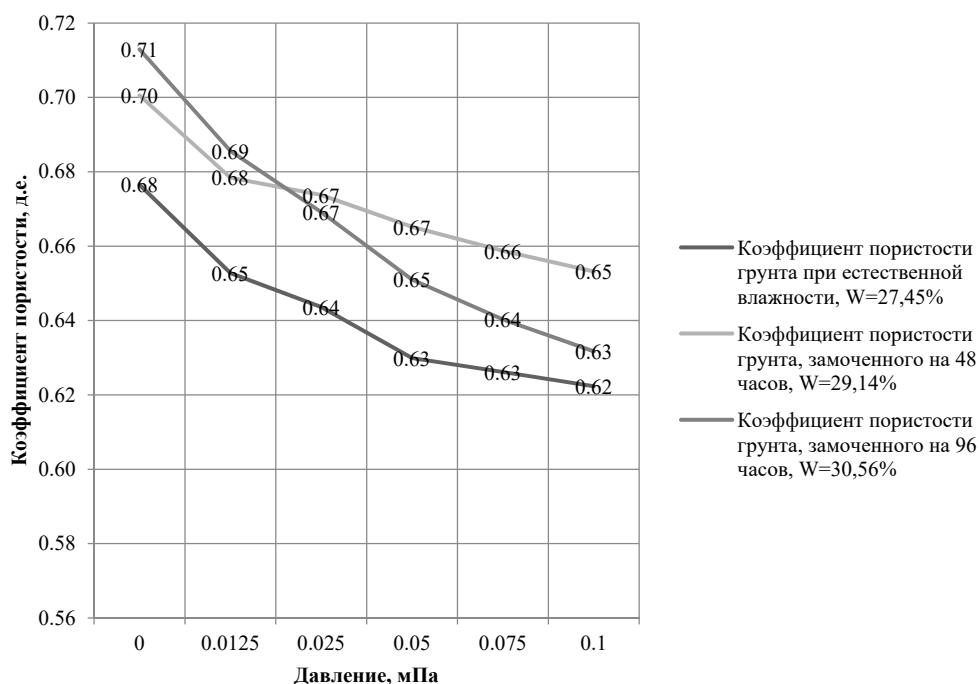


Рис. 3. График зависимости коэффициента пористости от давления

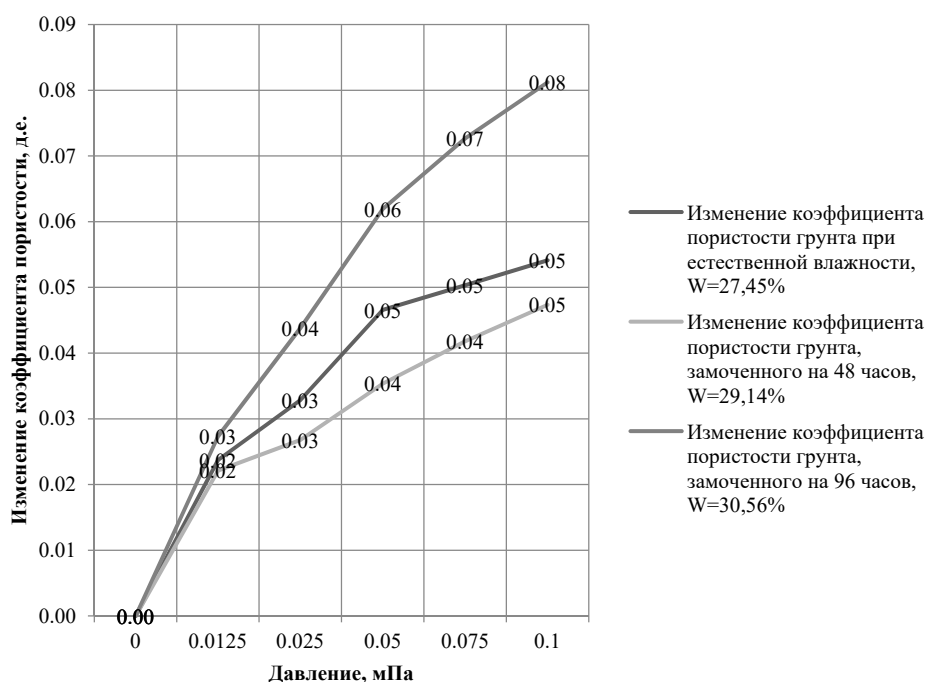


Рис. 4. Зависимость уменьшения коэффициента пористости от влажности

Проведённые лабораторные исследования на грунте показали изменение деформационных свойств грунта, а именно скорости изменения коэффициента пористости и модуля деформации грунта. Эти изменения напрямую зависят от условий подтопления грунта и изменения влажности – чем больше влажность, тем хуже и быстрее изменяются деформационные свойства грунта.

В процессе увлажнения различные виды грунтов ведут себя по-разному, из чего можно сделать вывод, что проблему подтопления необходимо рассматривать для конкретных инженерно-геологических условий. Полученные зависимости позволят определить теоретические закономерности изменения деформационных характеристик для данного типа грунтов. Это будет являться дальнейшим направлением наших исследований.

#### Литература

1. Воронкевич С.Д., Ларионова Н.А. Физико-химические процессы техногенной эволюции грунтов // Материалы конференции геологического факультета ПГУ. – Пермь, 2000. – С. 201–205.
2. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Рос. академии наук. – 2001. – Т. 71, № 4. – С. 201–302.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Прогноз механических процессов в массивах многообразных грунтов. – М.: Недра, 1986. – 292 с.
4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости
5. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

УДК 624.131

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ УВЛАЖНЕНИИ

**Владимиров Валентин Викторович**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 1 курса магистратуры, г. Пермь  
vladimirovv13@gmail.com*

**Коковина Ксения Витальевна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 2 курса магистратуры, г. Пермь  
ksyushka677@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Маковецкий Олег Александрович

**Аннотация:** В настоящее время территория города Перми и ее окрестностей продолжает интенсивно развиваться, вследствие чего возрастает и количество потребляемой воды, часть которой попадает в грунты, тем самым нарушая водной баланс уже застроенных территорий. В ходе написания статья рассмотрено влияние данного процесса, негативно сказывающегося на изменении прочностных свойств грунтов строительных площадок.

**Ключевые слова:** прочностные свойства, здания и сооружения, грунтовые воды, грунт.

## THE CHANGE IN THE STRENGTH PROPERTIES OF THE SOIL WHEN WET

**Vladimirov V.V.**

*Perm State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
vladimirovv13@gmail.com*

**Kokovina K.V.**

*Perm State University, 2<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
ksyushka677@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, assistant professor, Makovetskiy O.A.

**Abstract:** At present, the territory of the city of Perm and its environs continues to develop intensively, as a result of which the amount of water consumed increases, part of which falls into the soil, thereby disrupting the water balance of already built-up areas. In the course of writing, the article considers the impact of this process, which adversely affects the change in the strength properties of soils of construction sites.

**Keywords:** strength properties, buildings and structures, ground water, soil.

Увлажнение грунтов оказывает существенное влияние на изменение прочностных свойств. Исследуемый нами вопрос достаточно широко освещен в работах таких ученых, как Н.Г. Максимовича, В.С. Осипова, С.Д. Воронкевича, З.Г. Тер-Мартirosяна [1,2,3].

Территория города Перми расположена на надпойменной террасе реки Кама с характерными чередованиями аллювиально-делювиальных отложений. Также морфологическое строение осложняет наличие многочисленных мелких рек. Для этой территории характерны природные экзогенные процессы и процессы, вызванные деятельностью человека. Административные районы города Перми находятся в зоне влияния таких инженерно-геологических процессов, как оползни, заболачивание, карст, подтопление, затопление и др.

Наибольший вред функционированию городских систем приносит повышение уровня подземных вод, вызванное ошибками при производстве дренажных и водозащитных систем, вскрытием водоносных горизонтов при геотехническом строительстве, протечкой производственных

и сточных вод, поступлением поверхностных вод при намывке грунта, уменьшением испарения под зданиями и сооружениями.

Основываясь на опыте строительства прошлых лет, причины переувлажнения грунтов сводятся к недостаткам градостроительства на всех этапах, от инженерно-геологических изысканий для строительства, до эксплуатации территории.

Причины и источники увеличения влажности грунтов можно поделить на две группы: естественные и антропогенные. Они могут проявляться комплексно или по отдельности, имея влияние на инженерно-геологические условия площадок строительства и уже застроенных территорий. К естественным причинам увеличения влажности грунтов можно отнести подъем уровня водоемов, цикл колебания климата, сезонные колебания уровня подземных вод, опускание прибрежных территорий. К антропогенным причинам относятся утечки из водонесущих коммуникаций, нарушение естественного поверхностного и подземного стоков, гидротехническое строительство водохранилищ.

Процесс увеличения влажности грунтов приводит к значительному ухудшению прочностных характеристик: угла внутреннего трения  $\phi$  и удельного сцепления  $c$ .

Для количественной оценки изменения прочностных свойств грунтов, при изменении влажности, были проведены испытания, а именно методом одноплоскостного среза по ГОСТ 12248-2010 [4]. В качестве исследуемого грунта мы рассматриваем текучепластичный суглинок аллювиально-делювиального происхождения, как грунт, максимально меняющий деформационные характеристики при увлажнении. У образца грунта найдены основные физические характеристики (естественная влажность, плотность грунта, плотность твёрдых частиц, гранулометрический состав, пористость и коэффициент пористости) по ГОСТ 5180-2015 [5].

Были проведены четыре серии экспериментов: с грунтом природной влажности, с грунтом, замоченным в воде на 48 часов и грунтом, замоченным в воде на 96 часов, предварительно уплотненным грунтом, замоченным в воде на 96 часов. Срез проводился при нагрузках 50, 100, 150 кПа. Испытания проводились по схеме неконсолидированный быстрый срез.

Результатом проведенных испытаний является сравнение показателей  $c$  и  $\phi$  при разной влажности грунта, а также предварительно уплотненного образца грунта. Для этого строится график зависимости удельного сцепления и угла внутреннего трения от влажности грунта. С помощью этих графиков видна тенденция изменения прочностных свойств при изменении влажности.

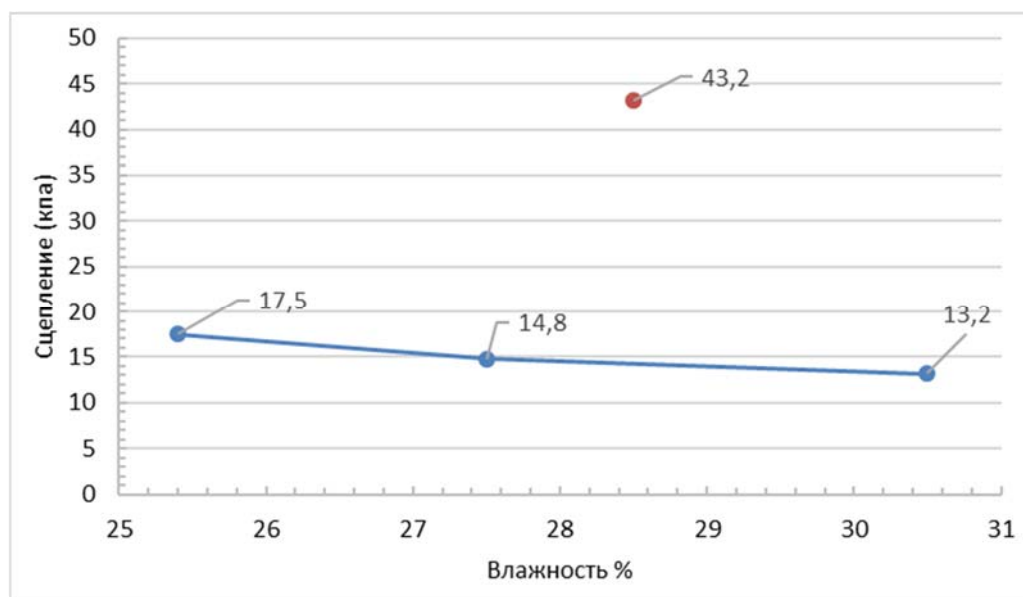


Рис.1. График изменения удельного сцепления при увеличении влажности грунта

В ходе лабораторных исследований типичного грунта района г. Перми, находящиеся в условиях подтопления, было установлено что прочностные свойства этого грунта при замачивании на 48 и 96 часов изменяются не значительно. Показатели удельного сцепления постепенно уменьшаются с увеличением влажности (рис. 1). С 17,5 (кПа) при естественной влажности до 13,2 (кПа) при влажности в 30,5 %.



Отдельно стоит упомянуть удельное сцепление, полученное у грунта, замоченного также на 96 часов, но перед этим предварительно уплотненного (при влажности в 28,5 %). Его показатель сцепления равен 43,2 (кПа), что в 3 раза больше чему грунта без уплотнения.

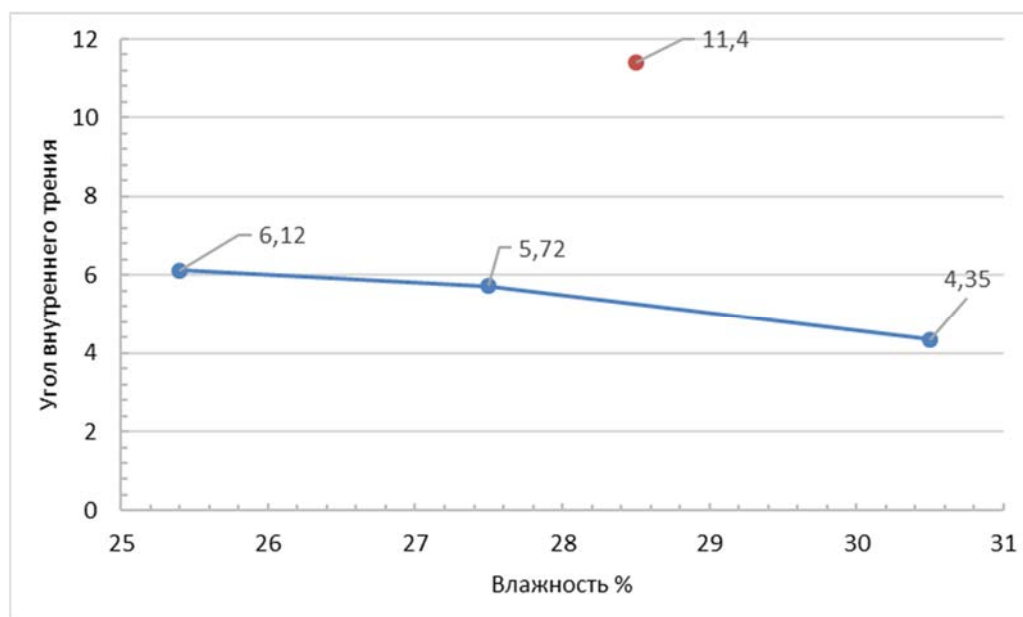


Рис. 2. График изменения угла внутреннего трения при увеличении влажности грунта

По показателю угла внутреннего трения можно сделать аналогичные выводы. Угол внутреннего трения постепенно уменьшается при увеличении влажности с 6,12 до 4,35. Так же можно установить, что в промежутке влажности 27,5-30,5 % Угол внутреннего трения уменьшился на 1,37, в то время как в промежутке влажности 25,4-27,5 % уменьшился всего на 0,4.

После уплотнения же угол внутреннего трения составил 11,4 градуса, что в 2 раза больше чем у грунта без предварительного уплотнения.

Проведенные лабораторные эксперименты показали, как изменяется угол внутреннего трения и изменение величины сцепления. Эти изменения напрямую зависят от условий подтопления. На изменение механических характеристик грунта влияет внешнее давление. Изменение прочностных характеристик грунта, предварительно нагруженного существенно отличаются от не нагруженного грунта. На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что для оценки и получения закономерностей изменения физико-механических характеристик грунта в естественных условиях и при подтоплении необходим сбор статистики по основным типам грунтов г. Перми, и рассмотрение сопряженных задач (нагружение оснований и фильтрация подземных вод).

### Литература

1. Воронкевич С.Д., Ларионова Н.А. Физико-химические процессы техногенной эволюции грунтов // Материалы конференции геологического факультета ПГУ. – Пермь, 2000. – С. 201–205.
2. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Рос. академии наук. – 2001. – Т. 71, № 4. – С. 201–302.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Прогноз механических процессов в массивах многообразных грунтов. – М.: Недра, 1986. – 292 с.
4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
5. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

УДК 624.15

## ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД НА УЧАСТКАХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЙОНА ГОРОДА ПЕРМИ

*Донецких Анастасия Владимировна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студент 2 курса магистратуры, г. Пермь*

*Nastya\_Doneckih@mail.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Гайнанов Шарибзан Хатинович*

**Аннотация:** город Пермь расположен на территории, где в конце XVIII – начале XIX века осуществлялись промышленные разработки медистых песчаников. Широкое распространение старых горных выработок на территории города осложняет условия строительства и требует оценки их реального влияния на инженерно-геологические условия. В статье приводится анализ влияния горных выработок на свойства пород.

**Ключевые слова:** горные выработки, медистые песчаники, инженерно-геологические условия, физические свойства пород.

## THE INFLUENCE OF MINING ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF ROCKS ON SECTIONS OF THE INDUSTRIAL DISTRICT OF THE CITY OF PERM

*Donetskikh A.V.*

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm,*

*Nastya\_Doneckih@mail.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, assistant professor, Gaynanov S.K.*

**Abstract:** The city of Perm is located on the territory where industrial development of cupriferous sandstones was carried out in the late XVIII – early XIX century. The widespread use of old mining workings on the territory of the city complicates the construction conditions and requires an assessment of their real influence on the engineering-geological conditions. The article shows analyzes the influence of mining on the properties of rocks.

**Keywords:** mining, cupriferous sandstones, engineering-geological conditions, physical properties of rocks.

Характерной особенностью территории г. Перми является довольно широкое распространение старых горных выработок (рудников), оставшихся после промышленных разработок (добычи) медистых песчаников в конце XVIII- начале XIX веков из штолен, шахт и др. В настоящее время под жилыми микрорайонами города пролегают шахты и штольни, как правило, не засыпанные и никак не закрепленные. Одним из таких районов является Индустриальный район, города Перми.

*Цель исследования* – оценить степень влияния существующих горных выработок на свойства вышележащих пород в местах присутствия выработок на несущую способность оснований сооружений.

В тектоническом отношении изучаемые участки приурочены к западному крылу центральной части Лобановского вала.

В геоморфологическом отношении участок проектируемых работ расположен в пределах IV левобережной террасы р. Камы.

Участки исследования сложены терригенными отложениями шешминского горизонта уфимского яруса пермской системы, представленными континентальной терригенной формацией.

В геологическом строении исследуемой площади принимают участие нижнепермские породы, представленные песчаниками и аргиллитами трещиноватыми, сильновыветрелыми, а также перекрывающие их аллювиальные глинистые отложения.

По архивным документам на описываемой территории (микрорайон Балатово) выявлено 26 рудников [2]. Их ориентировочное местоположение представлено в таблице и на карте (рис.). Часть рудников установлена по обследованиям на местности, часть нанесена по материалам схем, карт и планов.

Таблица

Местоположение рудников микрорайона Балатово по материалам 1968 года [2]

№ № п/п	№ рудника по каталогу и карте	Наименование рудника	Место нахождения
1	4	Никольский	В 600 метрах к югу от д. Елесино (привязан по карте 1830 г.)
2	6	Безымянный	На левом берегу р. Данилихи у железнодорожного полотна (против кв. 822)
3	12	Капитанский	По р. Брюханихе, под д. Андронов
4	46	Андропова	На левом берегу р. Данилихи у железнодорожного полотна (против кв. 822)
5	67	Матвеева	По р. Брюханихе, под д. Андронов
6	90	Ново-Троицкий	В кв. 646-648 по ул. Танкистов 39
7	91	Благовещенский	К северу от д. Макарята и Елесино
8	99	Федотовский	Квартал 861 в районе сквера
9	100	Старо-Воскресенский	В квартале 1988
10	101	Андреевский	В квартале 3827
11	131	Орловский II-й	В квартале 3787, в р-не д. Андронов
12	139	Безымянный	В юго-восточной части кв. 3805
13	141	Орловский	К северу от песчаного карьера в квартале 3840
14	144	Безымянный	В районе пересечения ул. Качалова и переулка Сурицкого
15	196	Ново-Петропавловский	В районе пересечения шоссе Космонавтов с ул. Светлой
16	197	Безымянный	По ул. Танкистов в районе квартала 717
17	198	Безымянный	В квартале 860, на территории 2-й терапевтической больницы
18	303	Безымянный	В квартале 760, на территории больничного городка
19	306	Безымянный	По р. Мулянке, южнее д. Моностырен
20	312	Безымянный	По р. Брюханихе в районе квартала 3792
21	462	Безымянный	Восточнее д. Андронов
22	463	Безымянный	На правом берегу р. Брюханихи, вниз по течению от д. Андронов
23	477	Егорьевский	В квартале 869 на площадке д. 35 по ул. Беляева
24	505	Верх Муллинский	В квартале 3853
25	506	Безымянный	Выявлен при обустройстве площадки под строительство дома №41 по ул. Мира, в квартале 836
26	507	Покровский	В квартале 839

Для исследования степени влияния существующих горных выработок на свойства вышележащих пород в местах присутствия выработок на несущую способность оснований сооружений исследовано 4 участка, находящихся в Индустриальном районе г. Перми (рис.).

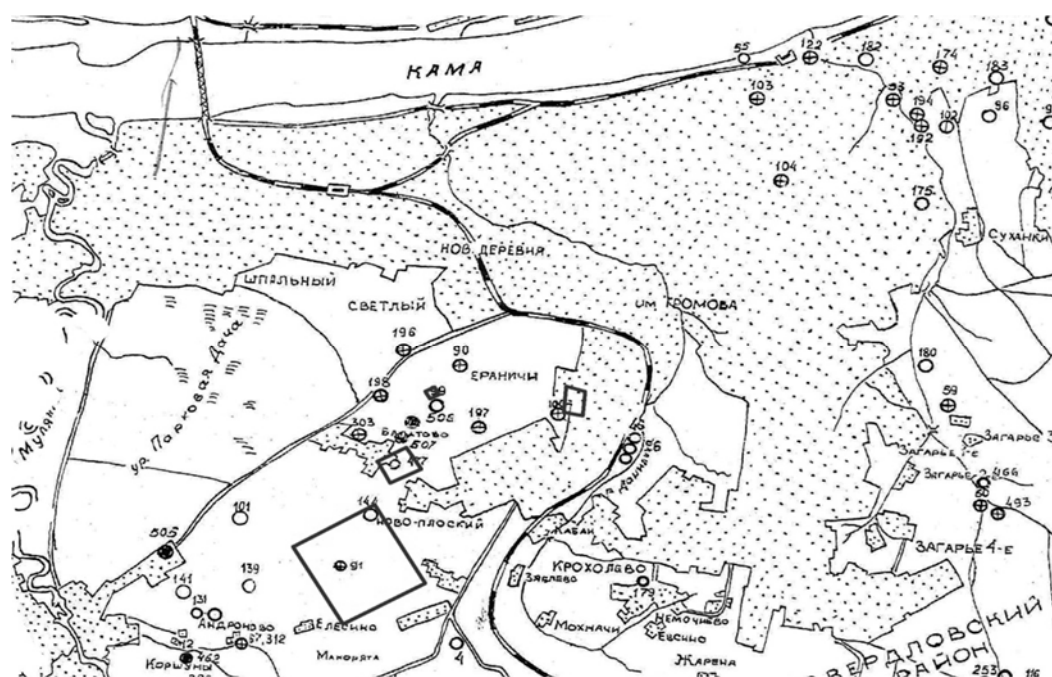


Рис. Фрагмент карты расположения «Медных рудников и приисков в городе Перми и окрестностях» [2]

□ Исследуемые участки в Индустриальном районе

○ <sup>101</sup> - Рудники

На территории Индустриального района города Перми, подземные горные выработки вскрыты в песчаниках шешминского горизонта в интервалах глубин 16,8-34,5 м. Выработки встречаются в виде заполненных и незаполненных полостей. Заполнитель - суглинок, глина, с щебнем аргиллита и песчаника, гравием и галькой, с обломками деревянной крепи.

Исследование физических свойств и их изменение является важной составляющей при изучении инженерно-геологических условий территории. Вследствие того, что застройка городских районов ведется на подработанных участках, где возможно образование провалов, встал вопрос по изучению влияния горных выработок на физические свойства пород и на устойчивость различных зданий и сооружений.

Анализ изменения физических свойств проводился для вышележащих четвертичных пород. Для этого были использованы следующие показатели: естественная влажность ( $w$ ), плотность грунта ( $\rho$ ), пористость ( $n$ ).

Для выявления закономерностей изменения свойств пород, по данным таблиц физико-механических свойств грунтов, мною были построены графики показателей физических свойств изучаемых пород по глубине.

Согласно данным графикам, можно сделать вывод, что с глубиной плотность четвертичных грунтов незначительно, как увеличивается и соответственно уменьшается влажность и пористость, так и уменьшается и соответственно увеличивается влажность и пористость, не смотря на наличие или отсутствие подземных горных выработок.

Подводя итог, стоит отметить, что ранее, проводились подобные работы по выявлению влияния горных выработок на локальных участках города Перми, как сотрудниками кафедры «Инженерной геологии и охраны недр», данного университета, так и отражены рядом выпускных квалификационных работ. Полученные выводы ещё раз доказывают, что сами подземные горные выработки существенно не влияют на физические свойства пород, и коренные породы могут использоваться, как основание для фундамента.

Невысокая прочность песчаников и их трещиноватость обусловлена условиями их формирования и процессами выветривания. По этой причине эту трещиноватость следует считать диагенетической (эпигенетической). Эти трещины не рассекают всю толщу пластов песчаников, аргиллитов и не могут служить коллектором для суффозионных процессов.

Возможность возникновения подобных процессов происходит при следующих условиях: наличие постоянного действующего коллектора для выноса в виде тектонических трещин, как было выявлено в ранее опубликованных работах [1], а также обводненность покровных аллювиальных

отложений. В подобных условиях горные выработки могут ухудшить инженерно-геологические условия покровных отложений, так как являются областью выноса.

### *Литература*

1. Гайнанов Ш.Х., Катаев В.В. Выявление зон трещиноватости в пределах локальных структур // Журнал «Инженерная геология». – 1988. - №6. – С. 92-98.

2. Залкинд И.Э., Солодовникова Л.С., Костарев С.А. Буркова А.В., Оглезнева И.Л. Отчет о результатах буровых работ по выявлению старых горных выработок в жилых и подлежащих застройке районах г. Перми (пос. Балатово), г. Пермь, Пермский геологоразведочный трест, 1968 г.

УДК 624.131

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ**

**Кузьминых Кристина Константиновна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 4 курса (2016-2020), г.Пермь  
e-mail:kristinakuzma98@mail.ru*

**Бычкова Наталья Владимировна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 4 курса (2016-2020), г.Пермь  
e-mail: natalya.bychkova.1998@mail.ru*

*Научный руководитель: к. г.-м. н., доцент  
Ковалева Татьяна Геннадьевна*

**Аннотация:** В статье рассмотрено выявление связей и закономерностей изменения гранулометрического состава глинистого грунта в зависимости от пережитых породой циклов промерзания-оттаивания и возможность формирования при этом у породы просадочных свойств. В ходе проведенных опытов рассмотрены физические свойства глинистых грунтов.

**Ключевые слова:** морозное пучение, глинистый грунт, гранулометрический состав, физические свойства, цикл промерзания-оттаивания.

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF FROST HEAVING ON THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF CLAY SOILS**

**Kuzminykh Kristina Konstantinovna**

*Perm State National Research University, 4<sup>th</sup> year student (2016-2020), Perm  
e-mail:kristinakuzma98@mail.ru*

**Bychkova Natalya Vladimirovna**

*Perm State National Research University, 4<sup>th</sup> year student (2016-2020), Perm  
e-mail:natalya.bychkova.1998@mail.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader  
Kovaleva Tatyana Gennadyevna*

**Abstract:** The article discusses the identification of relationships and patterns of changes in the granulometric composition of clay soil, depending on the rock's experienced through frost heave cycles. In the course of the experiments, the physical properties of clay soils were considered.

**Keywords:** frosty swelling, clayey ground, particle size distribution, physical properties, freezing-thawing cycle.

Одним из особенных свойств некоторых разновидностей глинистых грунтов является просадочность, проявляющаяся в уменьшении объема породы при взаимодействии с водой под нагрузкой или от собственного веса. По одной из теорий, авторами которой являются Е.М. Сергеев и А.В. Минервин, грунт может приобретать просадочные свойства за счет увеличения пылеватости гранулометрического состава под воздействием процесса морозного пучения [3]. Активно процессы морозного пучения протекают в деятельном слое, который находится то в мерзлом, то в талом состоянии в зависимости от времени года.

Целью данной работы является проведение экспериментов, с помощью которых происходит выявление каких-либо связей и закономерностей изменения гранулометрического состава глинистого грунта в зависимости от пережитых породой циклов морозного пучения, для этого рассматриваются физические свойства глинистых грунтов.

Прежде чем начать наблюдения за изменением гранулометрического состава глинистых грунтов, сначала нужно проанализировать физические свойства данного грунта. Так как нам не дана информация по поводу однородности грунта, то анализ физических свойств мы проводим и с той, и с другой стороны данного образца.

Нами был взят образец глинистого грунта - суглинка. В процессе лабораторных исследований были определены: гигроскопическая влажность, плотность твёрдых частиц грунта, влажность на границе текучести, влажность на границе раскатывания, а также гранулометрический состав. Согласно ГОСТу 25100-2011 грунт по числу пластичности и показателю текучести выше этикетки и ниже этикетки является суглинком полутвердым [1].

После определения физических свойств и гранулометрического состава, мы убедились, что данный грунт является однородным, и, исходя из этого, мы можем проводить дальнейшие исследования.

Для моделирования природного процесса морозного пучения нам необходимо подвергнуть образец грунта промораживанию с последующим оттаиванием. Для уплотнения грунта берем цилиндрическую трубу диаметром 10,5 см. Для того чтобы начать работу, мы задаем грунту определенную влажность, равную мягкопластичному состоянию. Для того чтобы рассчитать количество воды, которое нам необходимо добавить в грунт, нам надо найти расчетную влажность. Берем средние значения числа пластичности и влажности на пределе раскатывания и определяем по формуле (1):

$$W_{\text{рас}} = I_p \cdot I_L + W_p, \quad 1)$$

где  $W_{\text{рас}}$  - расчетная влажность,  $I_p$  - число пластичности,  $I_L$  - показатель текучести,  $W_p$  - влажность на пределе раскатывания [2], отсюда  $W_{\text{рас}} = 28,83$ .

Количество воды, которое необходимо добавить в грунт по формуле (2):

$$Q = \frac{m_r \cdot (W_{\text{рас}} - W_{\text{ф}})}{1 + W_{\text{ф}}}, \quad 2)$$

где  $m_r$  - масса грунта,  $W_{\text{рас}}$  - расчетная влажность,  $W_{\text{ф}}$  - фактическая влажность, отсюда  $Q = 76,26$  мл.

Определяем высоту цилиндра, при которой грунт будет соответствовать заданной плотности. Находим коэффициент пористости для водонасыщенного грунта по формуле (3):

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}, \quad 3)$$

где  $S_r = 0,8$ ,  $\rho_w = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_s = 2,71$  г/см<sup>3</sup> [2], следовательно,  $e = 0,74$  д.е.

Затем определяем плотность скелета грунта по формуле (4):

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad 4)$$

где  $e$  - коэффициент пористости,  $\rho_s$  - плотность твердых частиц,  $\rho_d$  - плотность скелета грунта [2], отсюда  $\rho_d = 1,56$  г/см<sup>3</sup>.

Плотность грунта находим по формуле (5):

$$\rho = \rho_d \cdot (1 + W), \quad 5)$$

где  $\rho_d$  – плотность скелета грунта,  $W$  – природная влажность,  $\rho$  – плотность грунта [2], отсюда  $\rho = 1,9 \text{ г/см}^3$ .

Объем грунта  $V = 698,42 \text{ см}^3$ . Для того чтобы сохранить  $\rho = 1,9 \text{ г/см}^3$ , нам надо задать определенную высоту цилиндра, которую находим по формуле (6):

$$V = h \cdot S, \quad (6)$$

где  $h$  – высота цилиндра,  $V$  – объем грунта,  $S$  – площадь поперечного сечения, равная  $86,55 \text{ см}^2$ .

$$h = \frac{V}{S}, \quad (7)$$

отсюда  $h = 8,07 \text{ см}$ .

Добавляем 76,26 мл в грунт, после увлажнения грунт тщательно перемешиваем и помещаем в эксикатор на сутки (для равномерного распределения влаги). После уплотняем послойным трамбованием на заданную высоту и помещаем в морозильную камеру. После каждого 10 цикла определяем гранулометрический состав.

После каждого 10 цикла определяем высоту, на которую нужно уплотнить грунт, чтоб сохранить первоначальную плотность по формуле (7), где объем грунта находим по формуле:

$$V = \frac{m_r}{\rho}, \quad (8)$$

где  $m_r$  – масса грунта,  $\rho$  – плотность грунта,  $V$  – объем грунта.

По результатам экспериментальных исследований была построена зависимость гранулометрического состава от циклов промерзания-оттаивания (рис.1). Анализ зависимости показывает, что содержание песчаной фракции после всех проведенных испытаний остается неизменной, кроме тонкой песчаной фракции, значение которой уменьшилось после 10 циклов промерзания-оттаивания. Происходит увеличение крупной пылеватой фракции после 10 и 20 циклов. Мелкая пылеватая фракция уменьшилась после 10 и 20 циклов, глинистая фракция по сравнению к первоначальному содержанию также уменьшилась после 20 циклов.

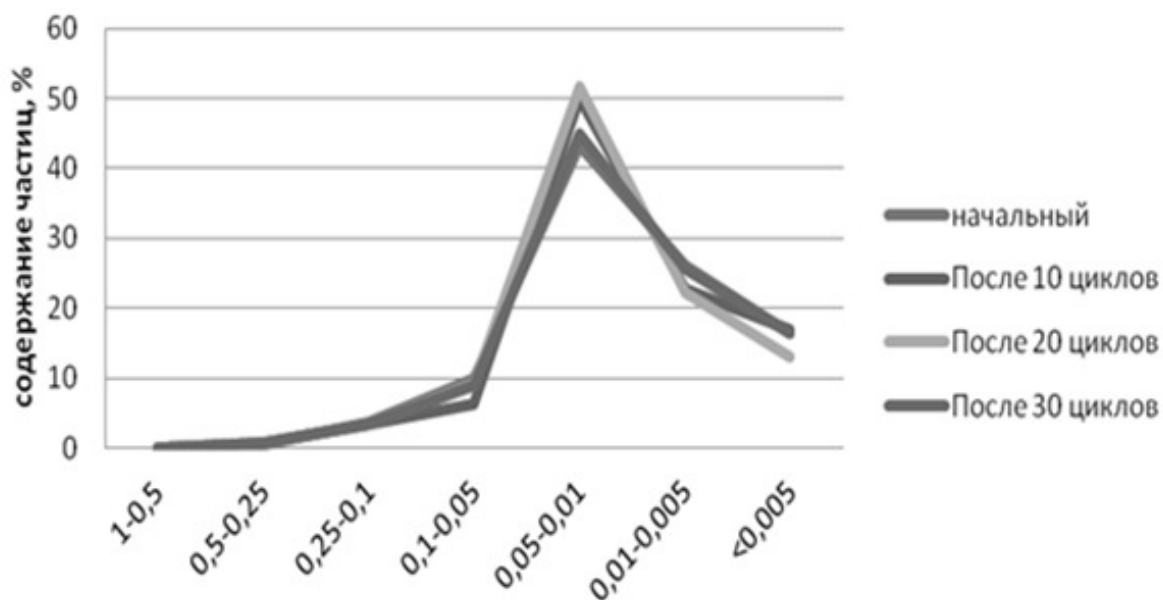


Рис. 1. Зависимость гранулометрического состава от циклов промерзания-оттаивания

Для более точного объяснения изменения содержания частиц рассмотрим рисунок 2.



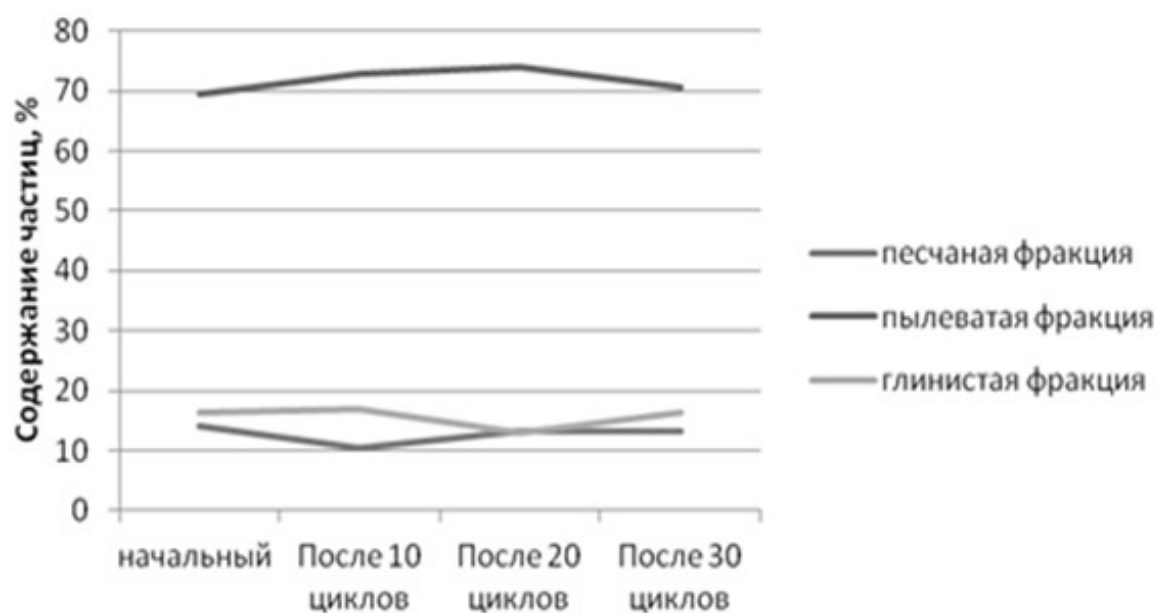


Рис.2. Суммарное содержание фракций

По мнению Е.М. Сергеева и А.В. Минервина, если действительно просадочные свойства формируются, в том числе, из-за морозного пучения то должен быть рост общей пылевой фракции, содержание песчаных частиц должно уменьшиться [3].

Процесс изменения гранулометрического состава является длительным в геологическом времени, проведенных 30 циклов морозного пучения, которые соответствуют 30 годам, вероятнее всего недостаточно, для выявления четких закономерностей. Следовательно, необходимо продолжить эксперимент.

### *Литература*

1. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.
2. Оценка грунтовых условий площадки строительства: методические указания. / Сост. А.И. Полищук, А.В. Нертик. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2004. – 35 с.
3. Соколов В. Н. Проблема лёссов. / Соровский образовательный журнал, №9, 1996.

УДК 624.131.31

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОХОВЕЦКОГО РАЙОНА ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА**

**Саяпов Радик Мавлетзянович**

*Бакирский государственный университет, магистрант 2 курса кафедры геологии и полезных ископаемых географического факультета, г.Уфа  
e-mail: Sayapov1988@inbox.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Мустафин Сабир Кабирович

**Аннотация:** В статье отмечается, что в современных условиях основным объектом изучения в инженерной геологии следует считать геологическую среду. Подчеркивается, что идеология

строительства линейных сооружений, мостовых переходов, должна исходить из геологической среды, инженерно-геологических условий, территории их размещения и влияния. В их числе изучение характера и закономерностей техногенных изменений геологической среды, развитие инженерных аспектов, инженерной геологии и развитие широкого спектра инженерно-геологических технологий. Соответствующие приоритеты детализируются применительно ко всем научным направлениям инженерной геологии. Отмечается и обосновывается необходимость дополнительного включения в эти направления инженерно-геологических технологий и методологии инженерно-геологических изысканий.

**Ключевые слова:** инженерная геология, строительство, геологическая среда, мостовой переход, инженерно-геологические процессы.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF GOROHOVETSKY AREA OF VLADIMIR REGION FOR THE CONSTRUCTION OF A BRIDGE

**Sayapov Radik Mavletzyanovich**

*Bashkir state University, 2nd year master's student of the Department of Geology and minerals of the geographical faculty  
Ufa*

*e-mail: Sayapov1988@inbox.ru*

**Scientific supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Mustafin Sabir Kabirovich

**Annotation:** the article notes that in modern conditions, the main object of study in engineering Geology should be considered the geological environment. It is emphasized that the ideology of construction of linear structures, bridge crossings, should come from the geological environment, engineering and geological conditions, the territory of their location and influence. These include the study of the nature and patterns of man-made changes in the geological environment, the development of engineering aspects, engineering Geology and the development of a wide range of engineering and geological technologies. The corresponding priorities are detailed in relation to all scientific areas of engineering Geology. It is noted and justified the need for additional inclusion in these areas of engineering and geological technologies and methodology of engineering and geological surveys.

**Keywords:** engineering Geology, construction, geological environment, bridge crossing, engineering-geological processes.

Муниципальное образование Гороховецкий район расположен в центральном районе России, в восточной части Владимирской области (рис.1). Он находится в лесной зоне Нерльско-Клязьменской низменности. Площадь района 1 487 км<sup>2</sup>. [2]

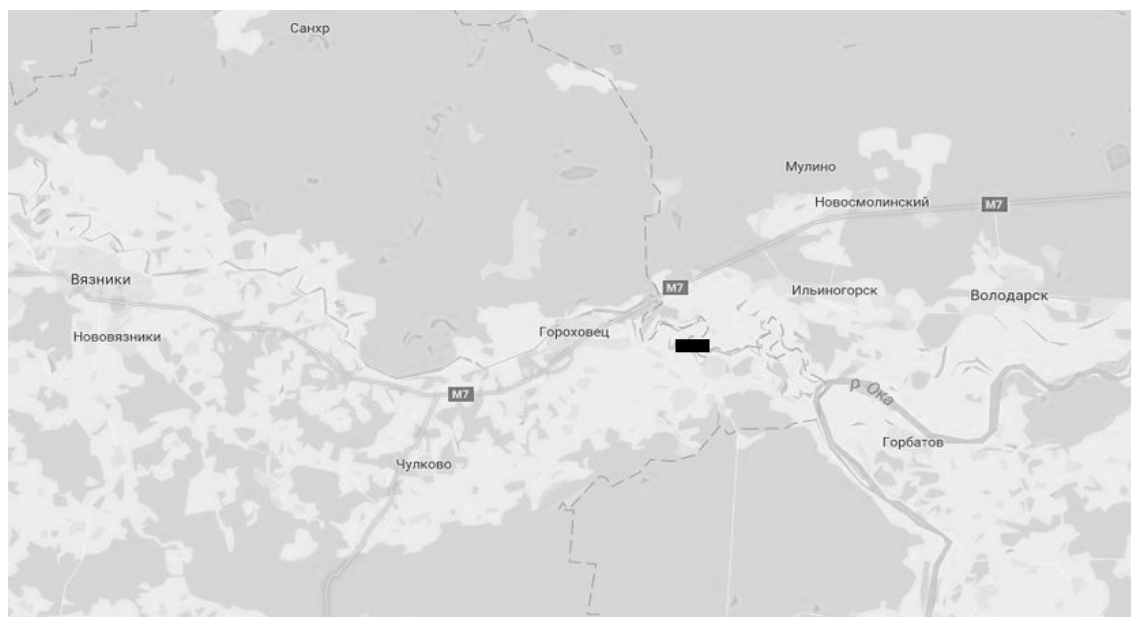


Рис. 1. Обзорная карта района работ

Участок проектируемого мостового перехода приурочен к долине р.Клязьма и располагается в пределах комплексов их террас. В целом же участок трассы ВСМ проходит в пределах крупной структурной впадины именуемой Горьковско-Марийской низменностью и приурочен к Балахнинской низине.[5]

Владимирская область представляет собой доледниковую равнину Средне-Русской возвышенности. Мещерская низина разделяет ее на две части: юго-западную располагающуюся на северном окончании Средне-Русской возвышенности, и северо-восточную, называемую Юрьевским Опольем.

Формирование рельефа восточного края области продолжалось в неогене и в четвертичном периоде. Со сложной геологической историей формирования рельефа области связана и неоднократная перестройка ее гидрографической сети.

Коренную основу области, вскрываемые эрозионной сетью, слагают породы герцинского и альпийского структурных этажей. Герцинский этаж представлен терригенно-карбонатной формацией, угленосной, карбонатной и лагунной формациями.

Альпийский этаж сложен нижней терригенной формацией, представленной двумя субформациями: бат-келловейской континентальной, состоящей из аллювиальных, озерных и болотных отложений, а также верхнемеловой субформацией шельфа, выраженной комплексом глубинных глин шельфовой фации и комплексом глубинных песков шельфа. [8]

Современный этаж представлен сложным комплексом ледниковых и ледниково-речных отложений окского, днепровского и московского оледенений.

На рассматриваемой территории проявляется следующий комплекс процессов:

- заболоченность;
- боковая эрозия;
- эоловые процессы.

Болота распространены в долинах рек Ока, Клязьма и их притоков. Наиболее заболоченные участки приурочены к древним аллювиальным террасам. Большинство болот -труднопроходимые, заторфованные, низинного типа. Мощность торфа преимущественно 3 - 4 м, иногда до 8 м. Минеральным дном на болотах, развитых на водоразделах и в низменностях, служат мелкозернистые пески, а на болотах, развитых в долинах рек, - пески и заиленные суглинки, супеси, глины.

Боковая эрозия наблюдается у крупных излучин рек. Выражается в подмыве основания берегового уступа, образованием ниш и последующим обвалом вышележащих пород со стороны крутых берегов и вогнутой части меандр. Особенно интенсивно боковая эрозия наблюдается на реках Клязьма, Б. Липни. Участки подмыва и обрушения берегов представляют собой обрывы и крутые обнаженные склоны высотой от 2 - 3 до 5 - 10 м, у подножья которых часто наблюдаются обвалы и осыпи.

Эоловые процессы широко развиты на надпойменных террасах. В рельефе они выражены в виде конических бугров, вытянутых и изогнутых гряд, слившихся или полуизолированных холмов высотой от 1 - 3 до 4 - 5 м. Длина дюн от 20 - 30 м до нескольких сот метров. В настоящее время дюны в основном закреплены лесной растительностью. Развевание песков наблюдается в малой степени по окраине некоторых населенных пунктов и вдоль дорог (незакрепленные дюны у д. Новая на левом берегу р. Клязьма).[3]

Приведённый перечень инженерно-геологических процессов дополняется процессами подтопления и водной аккумуляции.

В соответствии с СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81 [4], сейсмическая активность, определенная по шкале MSK-64 по карте сейсмического районирования России ОСР-97-С (вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет– 1%), составляет 6 баллов (рис.2).

По результатам проведенных исследований на площадке из опасных процессов (согласно СНиП 22-01-95[6] приложение Б), осложняющих строительство и эксплуатацию сооружений можно выделить следующее:

Категория опасности природных процессов площадок по интенсивности землетрясений (6 баллов) оценивается как опасная.

Категория опасности природных процессов трассы по пучению – весьма опасные. [6]

Район проектирования относится к Волго-Сурскому артезианскому бассейну.

Характерной особенностью территории является этажное залегание водоносных горизонтов, чередование их со слабопроницаемыми водоупорными толщами.[8]

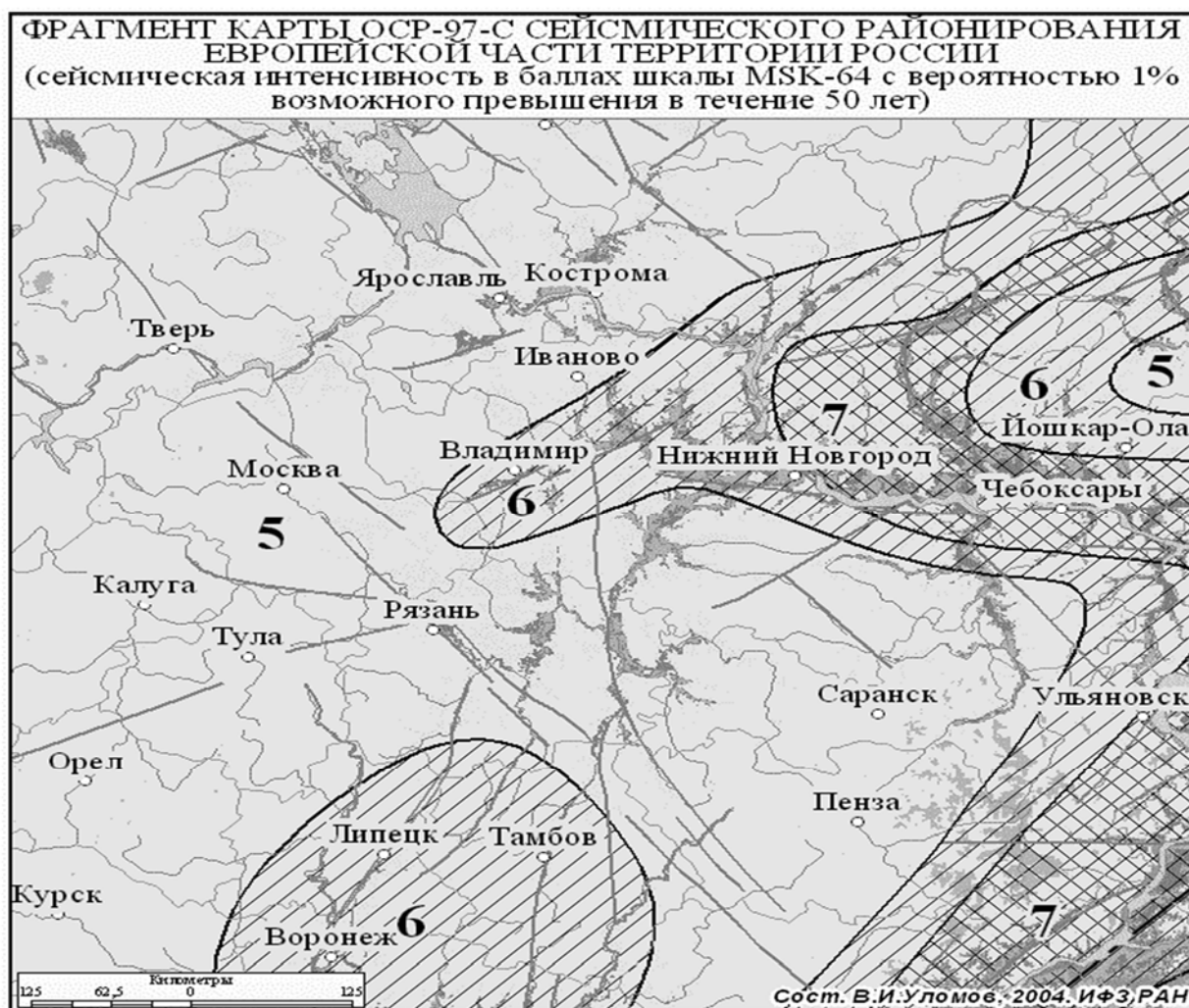


Рис 2. Фрагмент карты Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97.

Мостовой переход проектируется на свайных фундаментах заложением до 45 м от поверхности земли: буронабивные сваи сечением 1,0м.

Обследуемая площадка относится к III категории сложности инженерно- геологических условий согласно СП 47.13330.2012[1], СП 11-105-97[7] приложение Б по геологическому фактору (более четырех различных по литологии слоев).

### Литература

1. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. М., Издательство «Недра». 1980 г.
2. Сидоренко А. В. Геология СССР. Том IV. Центр Европейской части СССР. Геологическое описание. Москва. Под ред. А.В. Сидоренко, изд. «Недра», М. 1971 г. 742стр.
3. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. М., Издательство «Недра». 1980 г.
4. СП 115.13330.2011 «СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий»
5. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
6. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81\* (актуализированного СНиП II-7-81\* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)) (с Изменением N 1)
7. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. Госстрой РФ
8. СП 47.1330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96

УДК 624.131.3, 624.131.4

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ГРУНТЫ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОРГОВОГО КОМПЛЕКСА «ЛЕНТА» В НОВО-САВИНОВСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА КАЗАНИ

*Долгополов Роман Эдуардович*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 1 года обучения, г. Казань*

*e-mail: Roman.Dolgopolov1997@yandex.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Муравьев Федор Александрович*

**Аннотация:** в данной работе проводилась оценка инженерно-геологических особенностей площадки строительства ТК «Лента» в Ново-Савиновском районе города Казани. Были определены степень подтопления участка, степень сульфатной и коррозионной агрессивности грунтов, рассчитана осадка фундаментной плиты методом послойного суммирования. В результате исследований выявлено, что данные инженерно-геологические условия площадки строительства абсолютно не подходят для возведения плитного фундамента, как это предусмотрено проектом.

**Ключевые слова:** инженерная геология, подтопление, коррозионная агрессивность грунтов, сульфатная агрессивность, осадка, Казань, специфические грунты, торф, подтопление территории.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS AND SPECIFIC SOILS OF THE CONSTRUCTION SITE OF THE LENTA SHOPPING COMPLEX IN THE NOVO- SAVINOVSKY DISTRICT OF KAZAN

*Dolgopolov Roman*

*Kazan (Volga region) Federal University, 1<sup>st</sup> year Master's, Kazan,*

*e-mail: Roman.Dolgopolov1997@yandex.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Mouraviev Fedor*

**Abstract:** in this work, we evaluated the engineering and geological features of the construction site of the Lenta shopping center in the Novo-Savinovsky district of Kazan. Here, we determined the degree of flooding of the site, the degree of groundwater sulfate aggressivity and corrosivity of soils. The subsidence of foundation plate calculated by layerwise summation method. The results of our study suggested that these engineering and geological conditions of the construction site categorically are not suitable for the selected type of foundation.

**Keywords:** engineering geology, flooding, soil corrosivity, sulphate aggressivity, subsidence, Kazan city, specific soils, peat, flooding of the territory.

### **Введение**

После окончания строительства ТК «Лента» в Ново-Савиновском районе г. Казани и начала эксплуатации, была обнаружена проблема - деформация фундаментной плиты, связанная с неравномерной осадкой грунтов оснований.

Целью работы являлось изучение инженерно-геологического строения площадки строительства ТК «Лента», с определением физико-механических характеристик грунтов и выявление возможных причин процесса осадки торгового комплекса.

**Физико-географический очерк, геологическое строение и инженерно-геологические условия изучаемого объекта**

В административном отношении площадка изысканий расположена в Ново-Савиновском районе г. Казани на пересечении улиц Адоратского и Лаврентьева и представляет собой действующее одно-двухэтажное здание ТЦ «Лента». В геологическом строении территории принимают участие отложения пермской, неогеновой и четвертичной систем [9]. На дневную поверхность выходят неоплейстоценовые отложения ленинградско-осташковского горизонта (a<sup>1</sup>III<sub>1n</sub>-os), представленные

аллювиальными отложениями первой надпойменной террасы р. Волга [5]. Для изучаемого района характерно широкое развитие процессов заболачивания и гидротехнического подтопления [9]. Основной причиной образования и развития процесса подтопления являются гидрогеологические условия территории (низкая терраса р. Казанки, высокий уровень грунтовых вод) [9]. Вторичными причинами являются техногенное освоение территории с перепланировкой рельефа, утечки из водонесущих коммуникаций. Согласно СП 11-105-97, часть II, приложение «И», территория изысканий по типу подтопляемости отнесена к I-B1 (постоянно подтопленная в техногенно-измененных условиях) [6].

#### **Специфические грунты**

Согласно СП 11-105-97 часть 3, к специфичным грунтам на площадке относятся насыпные, органоминеральные и органические грунты. К органоминеральным и органическим грунтам на исследуемой территории относятся сапропель, торф и заторфованные грунты. Наибольший интерес представляли для изучения именно торфяники.

Торф был вскрыт во всех скважинах. Мощность торфа относительно выдержана и составляет от 1.4 м до 3.5 м. Цвет торфа изменяется от буро-коричневого до угольно-черного. Степень разложения – от сильноразложившегося до слаборазложившегося. В большинстве скважин торф содержит остатки неразложившихся растений. Торф относится к низинному и переходному типу. По происхождению неразложившихся остатков – к лесо-топяному типу, по структуре – к войлочному.

#### **Специфические грунты и их физико-механических свойства**

В первую очередь, были определены физические свойства всех монолитов торфа, согласно ГОСТ 5180-84: природная влажность (186-302%), количество органического вещества (57,03-63,54%), плотность в природном состоянии (0,95-1,07 г/см<sup>3</sup>), плотность в сухом состоянии (0,33-0,49 г/см<sup>3</sup>), влажность на границе текучести (370,1-382,6%), показатель текучести (меньше 0), влажность на границе раскатывания (306,3-323,8%), число пластичности (46,3-75,9) [3].

Необходимо отметить, что, так как грунты в основном находятся в состоянии, близком к водонасыщенному, и гидрогеологические условия исследуемой территории не предусматривают изменения их влажности в процессе эксплуатации здания, все механические характеристики определены в природном состоянии.

Испытания в условиях компрессионного сжатия показали крайне низкие деформационные показатели торфа. Модуль общей деформации колеблется в интервале от 0,24 до 0,36 МПа.

Компрессионные испытания проводились в трех различных состояниях, согласно ГОСТ 12248-2010 [1]:

1. Образец грунта в природном состоянии;
2. Грунт в водонасыщенном состоянии;
3. Образец находился при постепенном водонасыщении.

#### **Специфические грунты и их физико-химические свойства**

Значительное влияние на срок службы свайных конструкций оказывает коррозионная и сульфатная агрессивность окружающей среды, а также внешние техногенные воздействия, которые могут привести к существенному снижению надежности и безопасности эксплуатируемых сооружений и в несколько раз сократить срок их службы.

Для оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к стали определялось удельное электрическое сопротивление грунта, измеренное в лабораторных условиях. Исходя из полученных результатов (табл.), согласно ГОСТ 9.602-2016, было получено, что агрессивность среды по величине удельного электрического сопротивления грунта относится к высоко-коррозионной [4].

Для оценки сульфатной агрессивности в первую очередь, была проведена водная вытяжка - фильтрат водного раствора, полученного после взбалтывания с дистиллированной водой измельченного и высушенного органического материала.

Анализ водной вытяжки производят по общепринятым методикам с определением величины сухого остатка, pH и содержания ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Na, K в мг-экв. на 100 г породы или в процентах к весу породы.

Исходя из полученных результатов, было выявлено, что в двух скважинах наблюдается максимальное содержание  $\text{SO}_4^{2-}$ . Согласно ГОСТ 31384-2017 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии», торфы из данных скважин к портландцементам марки по водопроницаемости W4-W8 сильноагрессивны, к шлакопорт-цементу марки W4 среднеагрессивны, и среда слабоагрессивна к маркам W6 и W8. Среда к сульфатостойким цементам марки W4 слабоагрессивна [2]. К остальным маркам цемента агрессивного воздействия сульфатов нет.

Таблица

Результаты проведения лабораторного испытания

Место отбора пробы	УЭС грунта, Ом*м	Влажность грунта, %	Коррозионная агрессивность
Скв. 6 Глуб. Отб. 5,5 м	18,4	330,0	Высокая
Скв. 6 Глуб. Отб. 6 м	7,0	305,0	Высокая
Скв. 6 Глуб. Отб. 7 м	6,5	325,0	Высокая
Скв. 1 Глуб. Отб. 6,3-6,5 м	6,8	262,0	Высокая

### Расчет осадки для фундаментной плиты

Конструкция ТК «Лента» предполагает, что каркас и пол здания не связаны между собой. Нагрузка от металлического каркаса здания передается на сваи, которые опираются на пески (ИГЭ-6б) на глубине около 12 метров. Пол здания, который воспринимает на себя всю нагрузку от технологического оборудования, погрузочно-разгрузочных механизмов, хранимого груза, опирается на всю сжимаемую толщу (рис.). Именно в фундаментной плите происходят вертикальные деформации, которые связаны с неравномерной осадкой грунтов оснований.

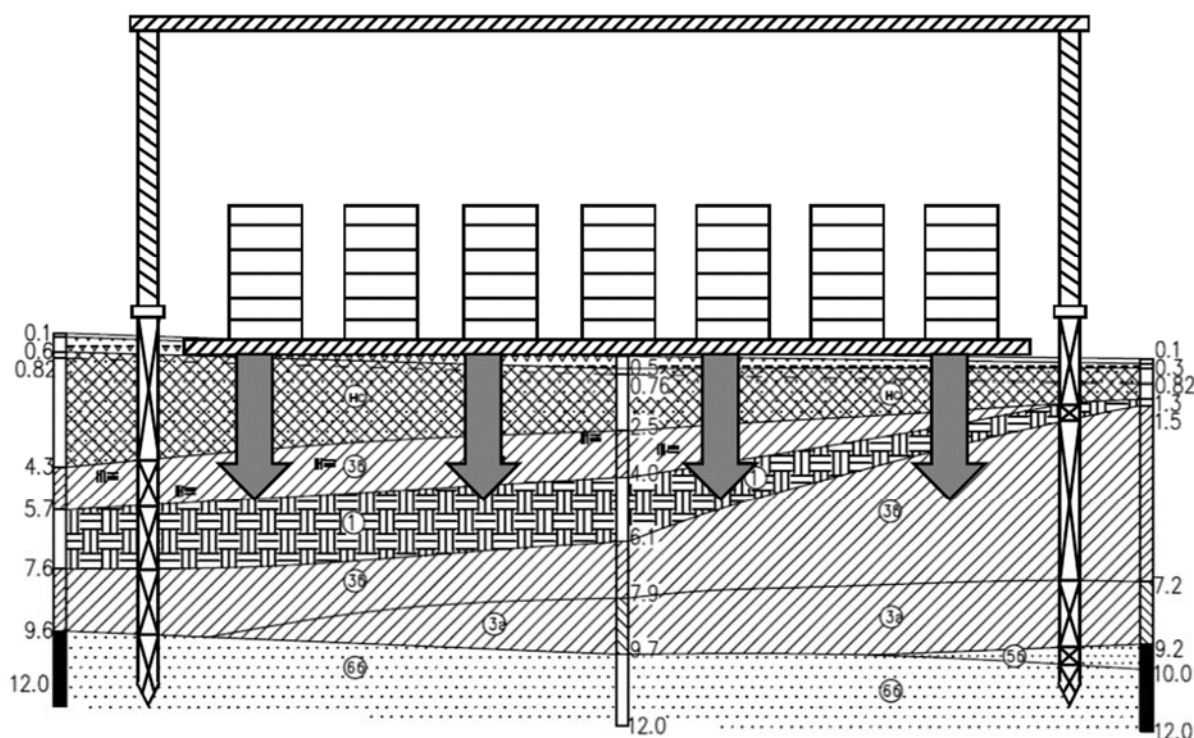


Рис. Схема конструкции здания ТК «Лента»

Для того, чтобы определить осадку, был выбран метод послойного суммирования. Расчет осадки производился, согласно СП 22.13330.2016 [7].

Согласно СП 22.13330.2016 (приложение «Д»), для данного типа фундаментов предельно допустимая осадка после окончания строительства не должна превышать 15 см. [7].

В ходе определения осадки методом послойного суммирования, было получено, что величина вертикальной деформации составляет 71,8 см, что в 4,8 раза превышает предельно допустимое значение.

### Заключение

1. Согласно приложению «Г» СП 47.13330.2016 инженерно-геологические условия площадки относятся к III категории сложности.

2. Уровень грунтовых вод по результатам бурения вскрыт на глубинах 0.78-0.92 м (абс. отм. 58.95-59.20).



3. К опасным инженерно-геологическим процессам на площадке изысканий относится подтопление. Согласно СП 11-105-97, часть II, приложение «И» территория изысканий по типу подтопляемости отнесена к I-Б1 (постоянно подтопленная в техногенно-измененных условиях) [6].

4. К специфическим грунтам на площадке относятся насыпные, органоминеральные грунты, органические грунты (торф) и заторфованные грунты. Учитывая свайный тип фундаментов, существенного влияния на несущую способность каркаса здания специфические грунты не оказывают. Однако насыпные грунты служат основанием полов торгового центра и дорожных покрытий, а органоминеральный грунт и торф попадают в активную сжимаемую толщу.

5. Все вышеперечисленное свидетельствует о том, что данные инженерно-геологические условия площадки строительства абсолютно не подходят для возведения плитного фундамента, как это предусмотрено проектом.

### *Литература*

1. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

2. ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии.

3. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

4. ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.

5. Кочуров Е.Ю., Кузнецов Н.И., Соловьева М.А. // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Средневолжская. Лист N-39-П. Казань. Объяснительная записка. Издательство Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2003г. 185 стр.

6. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.

7. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.

8. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

9. Шевелёв А.И., Жаркова Н.И., Хузин И.А., Поляков С.И., Галеев Р.К., Серебренникова И.А., Латыпов А.И., Нуриев И.С., Ахиярова Ю.Р., Мухамедшина М.И. // Гидрогеологические и инженерно-геологические условия города Казани. Казанский университет, 2012 г. 235 стр.

УДК 624.131.1;66.013(476.2-21Гомель)

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТА «ЦЕХ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

**Ющенко Ирина Сергеевна**

УО «ГГУ им. Ф. Скорины», аспирант 1 года обучения,  
г. Гомель, rengm\_2016@mail.ru

**Научный руководитель:** к.г.н., доцент, Павловский Александр Илларионович

**Аннотация:** В статье подробно изложено геологическое строение и инженерно-геологические условия территории объекта «Цех фосфорной кислоты, которое расположено на территории Гомельского химического завода. Произведена оценка инженерно-геологических условий для строительства на естественном основании.

**Ключевые слова:** площадка, инженерно-геологический элемент, грунтовые воды, изыскания, грунт, горизонт.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE TERRITORY OF THE OBJECT «PHOSPHORIC ACID. JSC «GOMEL CHEMICAL PLANT»

*Yushchenko Irina Sergeevna*

*Educational Establishment "Francisk Skorina Gomel State University",  
1<sup>st</sup> year Post-graduate Student, Gomel, rengm\_2016@mail.ru*

*Research Supervisor: Ph.D., Reader, Pavlovsky Alexander Illarionovich*

**Abstract:** The article describes in detail the geological structure and engineering-geological conditions of the territory of the facility "Phosphoric acid workshop, which is located on the territory of the Gomel Chemical Plant. The assessment of engineering and geological conditions for construction on a natural basis.

**Keywords:** site, engineering-geological element, groundwater, surveys, soil, horizon.

ОАО «Гомельгеосервис» имеет технический архив, в котором собраны данные изысканий на территории ОАО «Гомельский химический завод» за многие десятилетия. Площадка изысканий объекта исследования расположена на территории ОАО «Гомельский химический завод» в районе ЦФК-2 [1].

ОАО «Гомельский химический завод» начал функционирование с 1.01.1965 г. Инженерно-геологические изыскания на территории проектируемого завода начали проводиться с 1960 г., когда распоряжением Совета народного хозяйства Белорусской ССР от 15 июня 1960 г. № 662-р была утверждена площадка для строительства завода на землях колхоза им. Калинина у железной дороги Гомель-Калинковичи. Первый камень в фундамент будущего предприятия был заложен 17 августа 1963 г, а спустя два года уже была пущена первая очередь завода [2]. ОАО «Гомельский химический завод» расположен в юго-западной промышленной зоне г. Гомеля, в районе станции «Центролит» Белорусской железной дороги и занимает земельный участок площадью 291,5 га. На расстоянии 1,5 км с северной стороны от границы производственной площадки расположен н.п. Залипье. С северо-западной стороны, за территорией ТЭЦ-2, на расстоянии 3,2 км находится н.п. Урицкое. Городская застройка находится на расстоянии 1,5 км с северо-восточной стороны (Новая Мильча).

В геоморфологическом отношении площадка изысканий приурочена ко II-й надпойменной террасе р.Сож. Природный рельеф спланирован насыпным грунтом. Поверхность ровная с абсолютными отметками от 136,41 до 136,55 метра. Условия поверхностного стока удовлетворительные, а неблагоприятные геологические процессы не выявлены.

Скважины расположены по оси проектируемого сооружения с учетом возможности подъезда установок к месту работ через 15,7 метра. Из-за наличия слабых грунтов (ИГЭ-3) в нижней части разреза, глубины бурения и зондирования скважин 1 и 2 составила 13,0 метра. Зондирование проводилось в 1-1,5 метра от намеченных скважин для оценки прочности сложения, целенаправленного опробования грунтов и определения мест установки штампов. Глубины зондирования и бурения равновелики (13,0 метров). Для достижения намеченной глубины и оценки прочности сложения нижележающих грунтов, в скважинах 1 и 2 зондирование производилось с забоя скважины после разбурки прочного слоя (ИГЭ-1), глубина зондирования после разбуривания составила 13,0 метров. Для изучения литологического состава грунтов, определения глубины залегания уровня подземных вод, отбора образцов грунтов и проб воды выполнено механическое ударно-канатное бурение. В процессе бурения отбирались образцы грунтов нарушенного и ненарушенного (монолиты) сложения и пробы воды. В геологическом строении участвуют отложения:

1) Голоценовый горизонт – современные техногенные (искусственные) образования (*thIV*), вскрыты с поверхности всеми скважинами, представлены в верхней части асфальто-бетонным покрытием мощностью 0,1 метра, в нижней части песками мелкими, находящимися в маловлажном и влажном состоянии, с включением строительного мусора. Общая мощность отложений составляет 1,7 метра.

2) Поозёрский горизонт – аллювиальные II-й надпойменной террасы р.Сож (*a<sub>2</sub>IIIpz*), вскрыты всеми скважинами, представлены песком мелким находящимся в водонасыщенном состоянии. Мощность отложений изменяется от 4.4 до 4.5 метров.

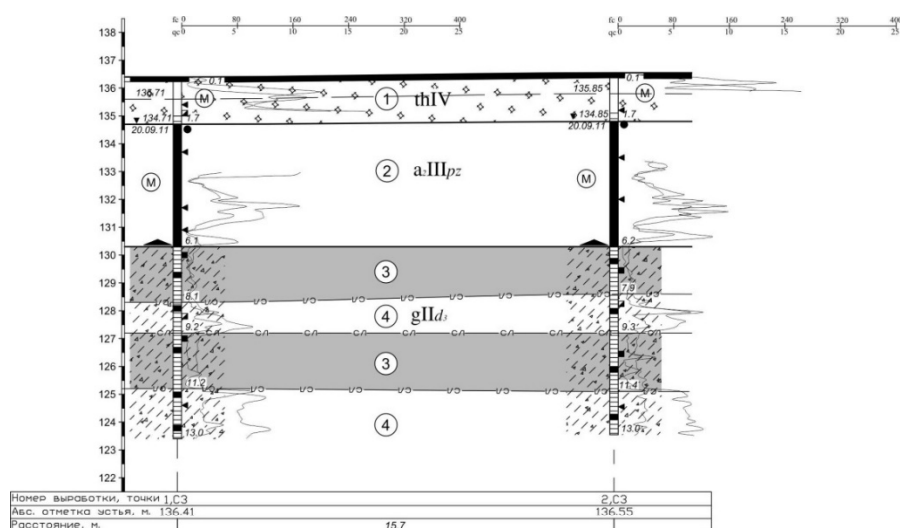
3) Днепровский – моренные мозырского подгоризонта ( $gII d_3$ ), вскрыты всеми скважинами, представлены супесями пластичной консистенции с маломощными (до 0,2 метра) прослоями песка водонасыщенного, с включениями гравия и гальки до 10 %. Вскрытая мощность отложений находится в диапазоне от 6,8 до 6,9 метра.

В период проведения изысканий на площадке вскрыты грунтовые воды и воды спорадического распространения, которые тесно связаны между собой и имеют единый установившийся уровень, зафиксированный на глубине 1,7 метра с абсолютными отметками 134,71-134,85 метра.

Грунтовые воды приурочены к пескам мелким (ИГЭ-2). Воды спорадического распространения приурочены к маломощным (до 0,2 метра) прослойкам песков в глинистых грунтах (ИГЭ-3,4), воды безнапорные. Максимальный прогнозируемый уровень подземных вод, во влагообильные периоды года, следует ожидать на 1,0 метра выше зафиксированного при бурении.

Выделение ИГЭ проведено на основе оценки характера пространственной изменчивости физических (природная влажность, плотность, пористость, коэффициент пористости, влажность на границе текучести, влажность на границе раскатывания) характеристик грунтов и их коэффициентов вариации. Выделены инженерно-геологические элементы (рисунок):

- 1) Голоценовый горизонт - техногенные (искусственные) отложения;
  - 1.1) ИГЭ-1 - грунт насыпной (песок мелкий);
- 2) Поозёрский горизонт - аллювиальные II-й надпойменной террасы р. Сож;
  - 2.1) ИГЭ-2 - песок мелкий средней прочности;
- 3) Днепровский горизонт - моренные мозырского подгоризонта;
  - 3.1) ИГЭ-3 - супесь средней прочности;
  - 3.2) ИГЭ-4 - супесь слабая.



#### Условные обозначения

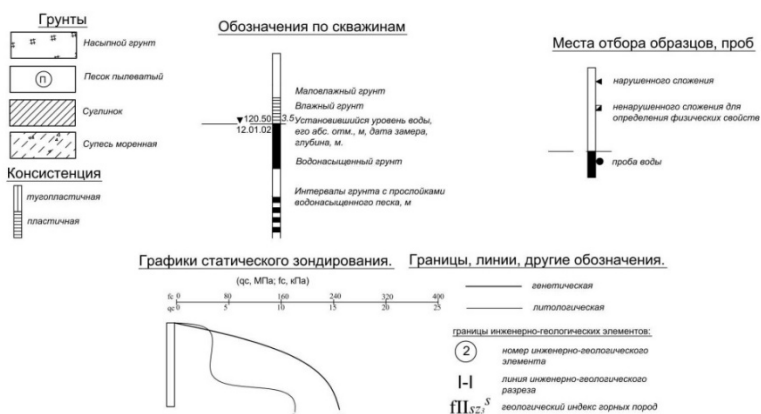


Рис. Инженерно-геологический разрез

Грунты по содержанию сульфатов для бетонов на портландцементе соответствуют классу среды ХА1 при воздействии на бетон марки W4 и W6, классу среды ХА0 при воздействии на бетон марки W8. Грунты по содержанию сульфатов для бетонов на портландцементе с содержанием  $C_2S$  не

более 65 %,  $C_3A$  не более 7 %,  $C_3A+C_4AF$  не более 22 % и шлакопортландцементе соответствуют классу среды ХА0 при воздействии на бетон марки W4, W6, W8.

Грунты по содержанию сульфатов для бетонов на сульфатостойких цементах соответствуют классу среды ХА0 при воздействии на бетон марки W4, W6, W8. Грунты по содержанию хлоридов в пересчёте на  $Cl^-$  для железобетонных конструкций на портландцементе, шлакопортландцементе соответствуют классу среды ХА0 при воздействии на бетон марки W4, W6, W8.

Инженерно-геологические условия для строительства на естественных основаниях ограничено благоприятны. Осложняющие факторы:

- 1) неоднородность состава и плотности сложения насыпного грунта (ИГЭ-1), его большая мощность и незавершенность самоуплотнения, насыпной грунт (ИГЭ-1) залегает ниже глубины заложения фундамента;
- 2) прогнозируемый уровень подземных вод выше предполагаемой глубины заложения фундаментов;
- 3) залегание в зоне воздействия фундаментов слабой супеси (ИГЭ-3) с низкими деформационными свойствами;
- 4) агрессивные свойства подземных вод;
- 5) агрессивные свойства грунтов.

Насыпной грунт (ИГЭ-1) в качестве естественного основания фундаментов не рекомендуется. С инженерно-геологических позиций можно рассмотреть варианты заглубления фундаментов в ниже лежащие грунты (ИГЭ-2), замены насыпного грунта песчаной (гравийной) подушкой.

Естественным основанием могут служить грунты ИГЭ-2. При строительстве необходимо предусмотреть антикоррозионную защиту и гидроизоляцию подземных частей здания, а также может понадобиться строительное водопонижение [1].

#### *Литература*

1. Архив ОАО «Гомельгеосервис». – Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям для объекта 121/11 ГС.
2. Опытнo-промышленная установка по производству заменителя гипсового камня в цехе фосфорной кислоты (ЦФК-2) ОАО «Гомельский химический завод [Электронный ресурс]. Гомель, 2017. URL: [http://belfert.by/sites/default/files/himzavod\\_072017.pdf](http://belfert.by/sites/default/files/himzavod_072017.pdf). (дата обращения: 02.06.2019).

УДК 624.131.1

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ОБЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ГОРОДЕ СУРГУТЕ**

**Климинская Юлия Александровна**

Томский Государственный архитектурно-строительный университет,  
молодой ученый, г. Томск

**Чернышова Наталья Анатольевна**

Томский Государственный архитектурно-строительный университет,  
к.г.-м.н., доцент, г. Томск  
e-mail: [tisi20080611@mail.ru](mailto:tisi20080611@mail.ru)

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Чернышова Наталья Анатольевна

**Аннотация:** В статье приведена характеристика инженерно-геологических условий территории проектируемой объездной автомобильной дороги, проведена оценка сложности инженерно-геологических условий. На основе всех данных выполнено инженерно-геологическое районирование.

**Ключевые слова:** инженерно-геологические условия, оценка сложности инженерно-геологических условий, автомобильная дорога, инженерно-геологическое районирование.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONING OF THE TERRITORY PROJECTED BY-PASS ROAD IN THE CITY OF SURGUT

*Kliminskaya Julia Alexandrovna,*

*Tomsk State University of Architecture and Building, Student, Tomsk*

*Chernyshova Natalya Anatolevna*

*Tomsk State University of Architecture and Building, Candidate of Geology and Mineralogy,*

*Reader, Tomsk*

*e-mail: tisi20080611@mail.ru*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Chernyshova Natalya*

*Anatolevna*

**Abstract:** The article provides a description of the engineering-geological conditions of the territory designed bypass road, an assessment of the complexity of the engineering-geological conditions. Geotechnical zoning is based on all data.

**Keywords:** engineering-geological conditions, difficulty rating of engineering and geological conditions, highway, engineering and geological zoning.

Рассматриваемая территория располагается в центральной части Западно-Сибирской равнины и целиком относится к зоне распространения четвертичных озерно-аллювиальных и частично озерных уровней. В течение четвертичного времени она претерпевала несколько крупных этапов рельефообразования.

По геоботаническому районированию местность относится к подзоне средней тайги лесной зоны Западно-Сибирской низменности. Проектируемый объект находится на застроенной территории, поэтому растительность отсутствует.

Климатическая характеристика района изысканий принята по метеостанции Сургут.

Климат данного района резко континентальный. Зима суровая, холодная, продолжительная. Лето короткое, теплое. Короткие переходные сезоны - осень и весна с поздними весенними и ранними осенними заморозками. Безморозный период очень короткий. Резкие колебания температуры в течение года и даже суток.

Среднегодовая температура воздуха - минус 3,4 °С, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца января – минус 22 °С, а самого жаркого июля + 16,9 °С. Абсолютный минимум температуры – минус 55 °С, абсолютный максимум - + 34 °С. Дата первого заморозка осенью - 5.09, последнего - 5.06. Осадков в районе выпадает много, соответственно держится высокая влажность воздуха, средняя относительная влажность меняется от 67,8 до 82,1 %.

Средняя дата образования снежного покрова -16.10, дата схода - 14.05. Сохраняется снежный покров 207 день.

В течение года преобладают ветры юго-западного направления. Средняя годовая скорость ветра - 4,3 м/с.

По климатическому районированию для строительства территория относится к I климатическому району, к подрайону – ID.

Проектируемый объект находится на застроенной территории (одноэтажные частные дома, гаражи, ангары, жилые и офисные здания, дороги, коммуникации, частично в непосредственной близости от строящегося жилого комплекса «Возрождение»). Поверхность является антропогенно преобразованной, на ней проведена вертикальная планировка, нарушено естественное залегание почвенных горизонтов и коренной растительности.

Сведений о деформациях ранее построенных объектов на данный момент не установлено. Проектными и строительными организациями накоплен большой опыт освоения данной территории, который учитывается при последующей застройке. Деформаций зданий и сооружений, связанных с инженерно-геологическими условиями, на территории отмечено не было. В процессе проведения рекогносцировочного обследования зданий и сооружений на территориях, прилегающих к участку работ, деформаций не выявлено. Любые виды строительства нарушают естественный почвенно-растительный покров территории. После завершения строительства производится уборка строительного мусора, ликвидируются ненужные выемки, насыпи, выполняются планировочные работы и благоустройство земельного участка.

В процессе строительных работ истощения подземных и поверхностных вод не произойдет.

В целом, воздействие планируемой деятельности на ландшафты, растительный и животный мир ожидается как вполне допустимое.

По многолетнему опыту строительства на данной местности при проектировании зданий и сооружений применяется свайный фундамент. Для уменьшения воздействия коррозионно-агрессивной среды на бетон и металлические конструкции, при проектировании и в ходе строительства, применяются антикоррозионные покрытия. Район работ расположен в пределах Западно-Сибирской плиты. В основании Западно-Сибирской плиты находится палеозойский фундамент, глубина залегания которого составляет, в среднем, 7 км. В геологическом строении района принимают участие два комплекса пород, отвечающих двум основным этапам формирования. Первый комплекс, сложенный эффузионной толщей Туринской серии, накапливался в условиях парагеосинклинального режима.

Второй комплекс - мезозойско-кайнозойский - представлен почти горизонтально залегающими породами и отражает платформенную стадию развития территории. В геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к I, II, III надпойменным террасам и пойме р.Обь с абсолютными отметками 32,62-45,71 м. (по устьям скважин). Изысканная дорога частично проходит по пойме р.Обь и пересекает старичное озеро. Верхняя часть разреза сложена - насыпным грунтом, представленным песком мелким, малой степени водонасыщения, с примесью строительного мусора и органических веществ. Вскрытая мощность слоя 0,8-1,5 м. В гидрогеологическом отношении исследуемый район расположен в центральной части Западно-Сибирского артезианского бассейна, в вертикальном разрезе которого выделяется пять гидрогеологических комплексов.

Каждый из выделенных комплексов состоит из ряда водоносных и водоупорных горизонтов, находящихся между собой в определенных взаимоотношениях, определяющих гидрогеологический облик комплекса.

Гидрогеологические условия района работ характеризуются наличием водоносного горизонта подземных вод, приуроченного к четвертичным отложениям. Водоносный горизонт поровый, безнапорный. Водовмещающими породами являются пески мелкие, пылеватые, средней плотности и плотные и супеси пластичные.

Сезонные колебания уровня грунтовых вод могут достигать до 1,5м, в паводковый период, в пойменной части изыскиваемого объекта и до 1,0м на территории проектируемых сетей, расположенных на I, II, III надпойменных террасах. Более точно прогнозный уровень может быть определен только по данным режимных наблюдений. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока напорных вод из нижележащих горизонтов. Разгрузка подземных вод идет в ближайшие реки и ручьи. В общем виде конфигурация пьезогидроизогипс подземных вод повторяет рельеф местности.

По химическому составу грунтовые воды гидрокарбонатно-хлоридно- натриево-кальциевые, пресные, по агрессивности неагрессивные и слабо агрессивные.

При строительстве неизбежно антропогенное воздействие на грунты. На данном этапе оно не выражается в глобальном изменении рельефа. Проявление изменений возможно на более позднем этапе жизни массива. Изменение физико-механических свойств песчаных грунтов в процессе диагенеза весьма незначительно. К специфическим грунтам на площадках изысканий отнесены техногенные, сезонномерзлые грунты, суглинки текучепластичной и мягкопластичной консистенции, с примесью органических веществ.

Мощность насыпного грунта 0,8-1,5 м. Техногенные грунты представлены песком мелким, малой степени водонасыщения, с примесью строительного мусора и органических веществ. По давности отсыпки относятся к слежавшимся грунтам.

По сложности инженерно-геологических условий в соответствии с СП 47.13330.2012 [5] район работ относится к III категории (сложная).

На инженерно-геологическом разрезе представлены суглинки текучепластичной и мягкопластичной консистенции, с примесью органических веществ, которые обладают малой несущей способностью, и не могут служить основанием под свайный фундамент.

При проектировании следует учесть прохождение сваями на всю мощность техногенных грунтов и слабых (текучепластичных) суглинков с примесью органических веществ.

В районе работ имеют место процессы сезонного промерзания и морозного пучения.

Нормативная глубина сезонного промерзания (на открытой, оголенной от снега поверхности) для грунтов выше уровня подземных вод, определяется согласно п.2.27 СНиП 2.02.01-83\* [2] для песков мелких, пылеватых и супеси - 2,7 м, для песка средней крупности - 2,9, для суглинков - 2,2.

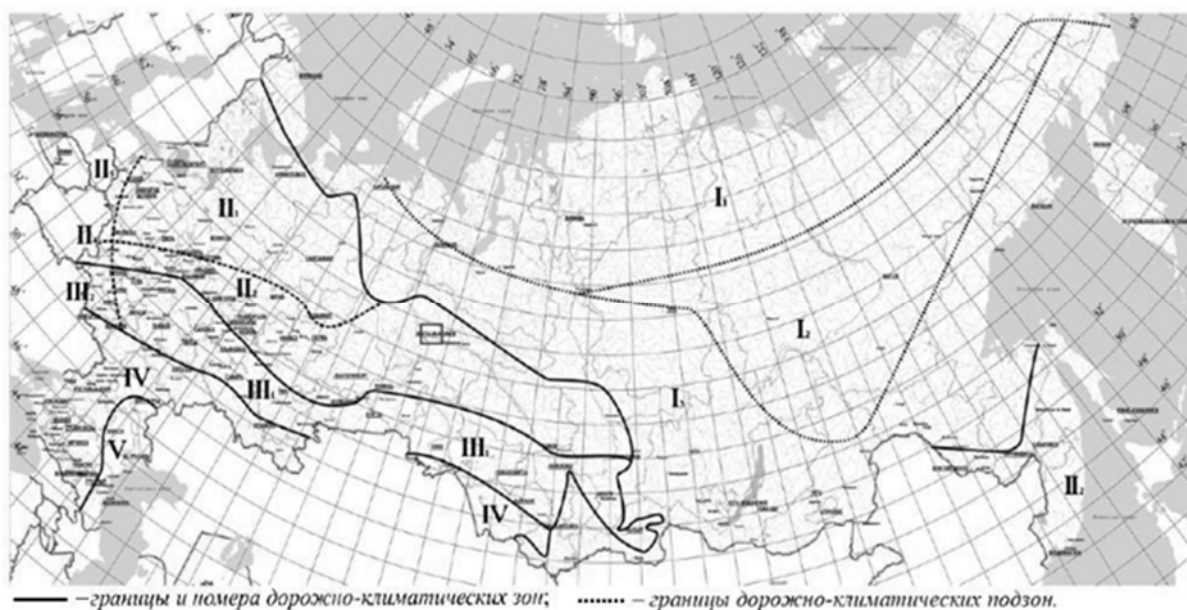


Рис. 1. Карта дорожно-климатического районирования

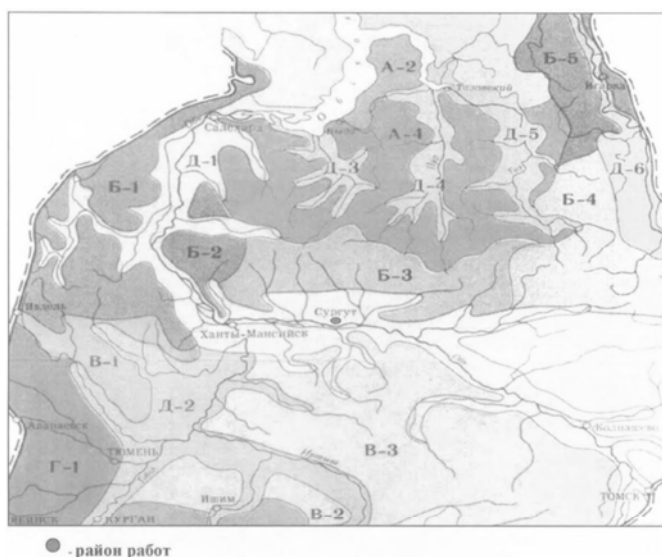
Среди криогенных процессов, происходящих на территории, ведущая роль принадлежит процессам морозного пучения грунтов, и они повсеместно распространены. Процессы сезонного промерзания и сопровождающие их процессы физического и химического выветривания способствуют систематическому изменению характера сложения грунтов – их разуплотнению.

Сейсмичность района изысканий составляет 5 баллов на основании карт ОСР- 97 (А-10%, В-5%, С-1%) сейсмического микрорайонирования (СНиП II-7-81\* [4]).

Согласно СНиП 22-01-95 [3] Приложение Б участок изысканий по критерию землетрясений относится к умеренно опасным, по пучению - к весьма опасным, По подтоплению исследуемый объект можно поделить на два участка.

В соответствии со схемой инженерно-геологического районирования (рис. 2) Западно-Сибирской плиты, район работ расположен в области преимущественного развития верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложений области долины р. Оби, имеющей обозначение как Д-1.





Регион	Инженерно-геологические области	
	Первого порядка	Второго порядка
Западно - Сибирская плита	А. Область преимущественного развития морских четвертичных отложений	А-1 Ямалская область А-2 Тазовская область А-3 Гидинская область А-4 Северная Обь-Енисейская область
	Б. Область преимущественного развития ледниковых четвертичных отложений	Б-1 Мужинско-Сосыинская область Б-2 Обско-Казымская область Б-3 Область центральной части Сибирских Увалов Б-4 Вах-Тазовская область Б-5 Северо-Енисейская область
	В. Область преимущественного развития озерно-аллювиальных верхне-плюцен четвертичных отложений	В-1 Тавдинско-Кондинская область В-2 Тобол-Иртышская область В-3 Обь-Иртышская область В-6 Южная Обь-Енисейская область
	Г. Область преимущественного развития континентальных мезо-кайнозойских отложений	Г-1 Зауральская область Г-2 Приказахстанская область Г-3 Чулымско-Енисейская область
	Д. Область преимущественного развития верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложений (крупные речные долины)	Д-1 Область долины р. Оби Д-2 Область долины р. Иртыша Д-3 Область долины р. Надыма Д-4 Область долины р. Пура Д-5 Область долины р. Таза Д-6 Область долины р. Енисей

Рис. 2. Схема инженерно – геологического районирования

В соответствии с физико-географическим районированием район работ расположен в Сургутской провинции лесной зоны Западно-Сибирской страны. В административном отношении территория находится в Сургутском районе Ханты-мансийского автономного округа, Тюменской области.

В соответствии с климатическим районированием России для строительства, рассматриваемый район находится в северной строительно-климатической зоне с суровыми условиями, в 1 Д климатическом подрайоне [1]. Указанная зона характеризуется следующими факторами определяющими общность типологических требований к зданиям и сооружениям: суровая и длительная зима, обуславливающая максимальную теплозащиту зданий и сооружений; короткий световой год; большая продолжительность отопительного периода; низкие средние температуры воздуха наиболее холодной пятидневки и суток; большие объемы снеготранспорта; необходимость защиты зданий и сооружений от продувания сильными ветрами.

### Литература

1. СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология». М., 2000.
2. СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений», М., 2011.
3. СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий», М., 2011.
4. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах», М., 2010.
5. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», М., 2013.

УДК 551.435.8

## КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ КАРСТА НА ТЕРРИТОРИИ ОТДЕЛЬНЫХ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Минина Ирина Витальевна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистр 2 года обучения, г. Пермь  
irishkaminina96@mail.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Гайнанов Шарибзан Хатинович

**Аннотация:** Большая часть территории Ленинградской области характеризуется распространением карстующихся пород. Карст наиболее выражен на территории Волосовского, Гатчинского и Ломоносовского районов. Активно развивающийся карстовый процесс, а как следствие и формы его проявления, широко развиты в пределах Ижорского плато, расположенного в центральной части исследуемой территории. В статье приводится краткая характеристика природных условий, оказывающих благоприятное воздействие на развитие карстовых процессов.

**Ключевые слова:** карст, поверхностные карстовые формы, Ленинградская область, Ижорское плато, карбонатный карст.

## BRIEF DESCRIPTION OF NATURAL CONDITIONS OF KARST DEVELOPMENT IN THE TERRITORY OF SEPARATE ADMINISTRATIVE DISTRICTS OF THE LENINGRAD REGION

**Minina I.V.,**

*Perm State University, 2st year Master's Degree Student, Perm,  
irishkaminina96@mail.ru*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, assistant professor, Gaynanov Sh.Kh.

**Abstract:** Most of the territory of the Leningrad region is characteristically exhibit by widespread karst rocks. Karst is most pronounced in the Volosovsky, Gatchinsky and Lomonosovsky districts. The actively developing karst process, as a consequence and the forms of its manifestation, are widely developed within the Izhora Upland, which is located in the central part of the research area. The article provides brief characteristics of natural conditions that have a favorable effect on the development of karst processes.

**Keywords:** karst, surface karst sinkholes, Leningrad regio, Izhora Upland, carbonate karst.

Вся территория Гатчинского, Волосовского и южная часть Ломоносовского районов Ленинградской области характеризуются распространением карстующихся отложений. Активно развивающийся карстовый процесс, а как следствие и формы его проявления, широко развиты в центральной части исследуемой территории (юг Ломоносовского р-на, север Волосовского р-на и северо-запад Гатчинского р-на) в пределах Ижорского плато Восточно-Европейской платформы.

Поверхность рельефа Ижорского плато плавно снижается от центра к периферии и характеризуется денудационным типом рельефа. Абсолютные высоты составляют 125-150 м, максимальные – 160-168 м. Здесь развита первичная мореная равнина, осложненная участками холмисто-моренным рельефом, отдельными мореными градами, а также крупной мореной напора – Дудеграфские высоты.

Ижорская возвышенность характеризуется почти полным отсутствием современной гидрографической сети, так как разнообразные карстовые воронки, слепые долины и суходолы с понорами сразу поглощают дождевые и талые воды, переводя поверхностный сток в подземный [1].

В истории геологического развития данной территории карстовые процессы проявлялись неоднократно. Из эпох карстообразования более отчетливо выделяются три основных цикла, условно названные додевонский, доледниковый и послеледниковый (современный). В развитии новых

карстовых форм отмечается определенная унаследованность от предыдущих стадий развития карста. Современный карст наложился на более древний и отчасти затушевывает следы последнего, хотя продолжительность его во много раз меньше предшествующих циклов; современный «молодой» карст по возрасту является еще только развивающимся.

В пределах исследуемой территории зафиксировано 1033 поверхностных карстовых проявлений. Большая часть карстопроявлений зафиксирована по результатам анализа и дешифрирования топографических планов различного масштаба, а также дешифрирования космических снимков из различных источников (Google, Yandex, Here, Bing).

Анализ поверхностной закарстованности показал, что плотность поверхностных карстовых форм в пределах Ижорского плато изменяется от единиц до 20 шт/км<sup>2</sup>. Большая их часть сосредоточена на возвышенных участках и вблизи речных долин.

Наиболее характерными поверхностными карстовыми формами являются воронки, поноры, понижения, котловины, озера и суходолы. Самой распространенной поверхностной формой карста являются воронки. Подземные формы карста представлены системой хорошо разработанных, нередко зияющих трещин, различными пустотами и полостями. Расположение наибольших из них, так же как и поверхностных карстовых форм, подчиняются основным направлениям тектонических нарушений; некоторые карстовые полости заполнены рыхлым материалом [4].

Для развития карстовых процессов необходимо выполнение следующих условий: присутствие в разрезе пород, способных к растворению, их трещиноватость, наличие движущихся вод и их агрессивность по отношению к растворимым породам.

Согласно схеме районирования карста Русской равнины исследуемая территория входит в состав Прибалтийской карстовой области, Северо-Прибалтийской карстовой провинции, Ижорско-Волховского карстового округа, Ижорского карстового района [4].

В структурно-тектоническом отношении рассматриваемая территория приурочена к Прибалтийско-Ладжской моноклизе, осложняющая северо-западную оконечность Восточно-Европейской платформы. Вся исследуемая территория расположена в пределах Нарвско-Волховской зоны площадной трещиноватости, характеризующаяся сгущением локальных зон трещиноватости и повышенной проницаемости [1].

Длительная история геологического развития территории Ижорского плато обусловила накопление мощных толщ растворимых пород, перекрытых комплексом песчано-глинистых отложений четвертичного возраста.

Карстующаяся толща представлена известняками и доломитами ордовикского возраста, залегающими на размытой поверхности кембрийских терригенных образований. В меньшей степени карстованию подвержены мергели и доломиты среднедевонского возраста, залегающие на ордовикских известняках и имеющие ограниченное распространение (южная и юго-восточная части Гатчинского и Волосовского районов).

Коренные образования повсеместно перекрыты отложениями четвертичной системы различного возраста, состава и генезиса. В пределах Ижорского плато имеют широкое распространение отложения ледникового и озерно-ледникового происхождения, представленные песчано-глинистыми образованиями с большим включением крупнообломочного материала. На заболоченных участках имеют развитие биогенные отложения [1,3].

Мощность толщи, перекрывающей карстующиеся разности, колеблется в широких пределах от нескольких первых метров до первых сотен, увеличиваясь в юго-восточном направлении. Большинство карстопроявлений тяготеет к участкам с мощностью перекрывающей толщи от 2,0 до 8,0 м (рис.1).

В гидрогеологическом плане территория исследования расположена в пределах Восточно-Европейской артезианской области, северного склона Московского артезианского бассейна. В пределах Ижорского плато подземные воды приурочены к четвертичным и ордовикским отложениям. Здесь имеют развитие горизонты грунтовых, порово-пластовых и трещинно-карстовых вод [2,3].

Для характеристики условий развития карста более подробно рассмотрим трещинно-карстовые воды, приуроченные, в большинстве своем, к трещиноватым известнякам, местами разрушенных до состояния щебня. Реже горизонт трещинно-карстовых вод встречен в доломитах. Глубина залегания варьирует в широких пределах, от первых метров до сотен. По химическому составу воды в основном гидрокарбонатно-магниевого и гидрокарбонатно-кальциевого состава, с минерализацией, колеблющейся в пределах от 0,1 до 1,2 г/дм<sup>3</sup>. Большинство карстовых форм тяготеет к участкам с величиной минерализации от 0,35 до 0,55 г/дм<sup>3</sup> (рис. 2).

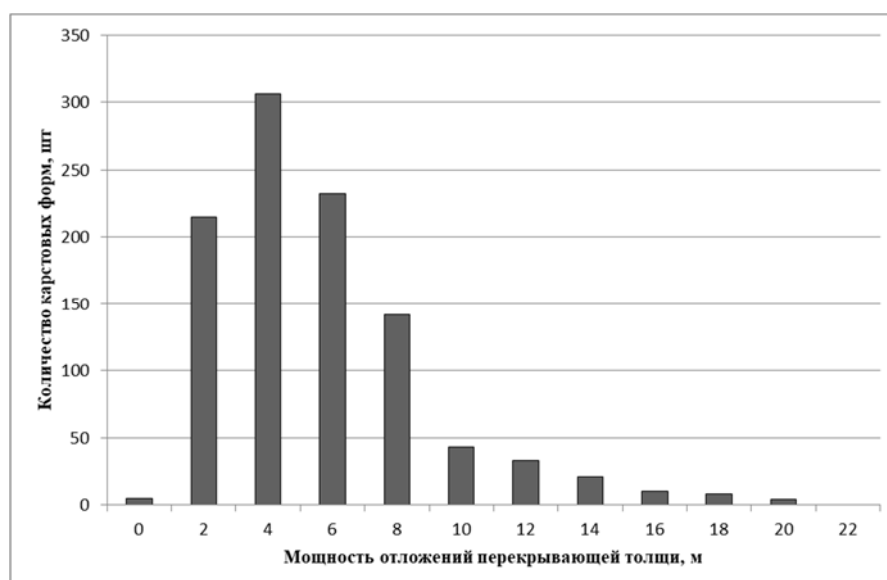


Рис. 1 Гистограмма распределения карстовых форм в зависимости от мощности перекрывающих отложений

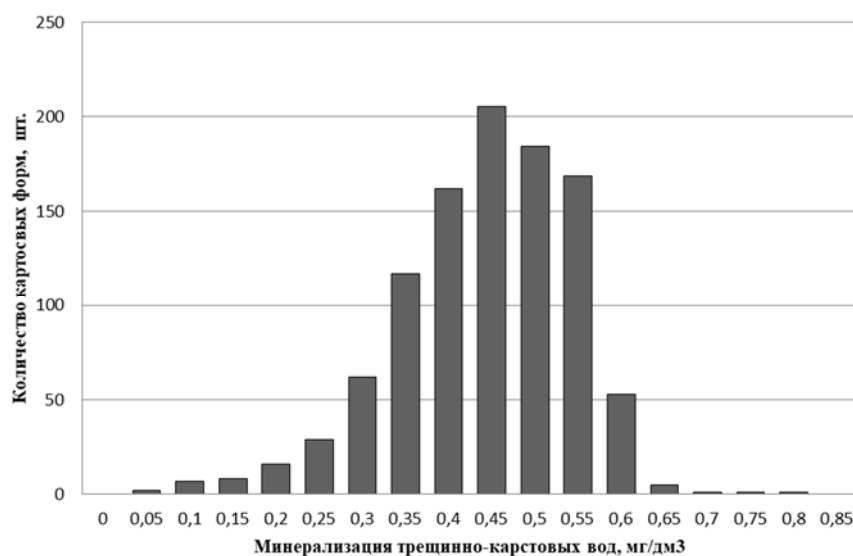


Рис. 2 Гистограмма распределения карстовых форм в зависимости от минерализации трещинно-карстовых форм

Таким образом, согласно типизации карста по литологии карстующихся пород исследуемая территория характеризуется развитием карбонатного типа карста. По степени обнаженности карстующихся пород и характеру перекрывающей толщи практически повсеместно развит покрытый тип карста. За исключением участков долин рек, по берегам которых карстующиеся породы выходят на дневную поверхность.

Для более детальной оценки инженерно-геологических условий Ижорского плато необходимо проведение районирования территории по степени карстовой опасности, с выделением областей благоприятных, относительно благоприятных и неблагоприятных для проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

### Литература

1. Государственная геологическая карта РФ. Объяснительная записка. Лист Лист О-36-I (Ильменская серия) (М 1:200 000)
2. Гидрогеология СССР. Том III. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Северо-Западное территориальное геологическое управление Тематическая комплексная экспедиция Изд-во «Недра», Москва, 1967
3. Подземные воды СССР. Обзор подземных вод Ленинградской области за 1960-1980 гг. Том I. Буровые на воду скважины. Книги 1-9
4. Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. Изд-во «Наука», Москва, 1978

УДК 551.3, 624.1

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ЛЯНГАР ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

*Ахмедов Алишер Азизович*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 1 года обучения, г. Казань  
e-mail: alishdart@gmail.com*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Хузин Илнур Амирович*

**Аннотация:** В представленной работе проведена оценка гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей городского посёлка Лянгар Ферганской области Республики Узбекистан. При помощи программного комплекса Processing Modflow определена степень подтопления изучаемого участка и построена карта подтопления территории с выделением зон с различной степенью подтопления; определена степень агрессивности подземных вод и грунтов, а также сейсмичность участка с учетом свойств грунтов, геологического строения и глубины залегания грунтовых вод.

**Ключевые слова:** гидрогеология, инженерная геология, подтопление, агрессивность подземных вод и грунтов, сейсмичность, Processing Modflow, Фергана, Узбекистан.

## FEATURES OF HYDROGEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS OF THE URBAN SETTLEMENT OF LIANGAR OF THE FERGANA REGION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

*Alisher Akhmedov*

*Kazan (Volga region) Federal University, 1st year Master's Degree Student, Kazan  
e-mail: alishdart@gmail.com*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Khuzin Ilnur Amirovich*

**Abstract:** The presented work assessed hydrogeological and geotechnical features of the city settlement Liangar of the Fergana region of the Republic of Uzbekistan. Using the software complex Processing Modflow, the degree of flooding of the studied area was determined and a map of flooding of the territory was built with allocation of zones with different degree of flooding; The degree of aggressiveness of groundwater and soils is determined, as well as seismicity of the site taking into account the properties of soils, geological structure and depth of groundwater formation.

**Keywords:** Hydrogeology, engineering geology, flooding, aggressiveness of groundwater and soils, seismicity, Processing Modflow, Fergana, Uzbekistan.

В настоящее время в Ферганской области, как и в других районах Республики Узбекистан, стремительными темпами идёт строительство жилых комплексов, коттеджных поселков. Основными проблемами строительства на данной территории являются ее подтопляемость, агрессивность подземных вод и грунтов, а также высокая сейсмическая активность. Оценке этих показателей и посвящена данная работа.

Исследуемая территория расположена в пределах Ферганской межгорной впадины, в 12 км северо-западнее г. Фергана. Площадь территории составляет 6,65 км<sup>2</sup>.

Участок сложен четвертичными отложениями мощностью 1.5 км. Непосредственно на территории исследования вскрываются верхнечетвертичные отложения голодностепского комплекса. Грунты представлены толщей суглинков, супесей, песков. В гидрогеологическом плане территория приурочена к Ферганскому артезианскому бассейну. Подземные воды представлены аллювиально-пролювиальным верхнечетвертичным комплексом и залегают на глубине от 0-3.8 м.

В основу работы легли данные инженерно-геологических изысканий на данной территории.

Для определения степени подтопления участка была построена фильтрационная модель при помощи программного комплекса Processing Modflow. В основу модели легла инженерно-геологическая карта масштаба 1:5000.

Модель является однослойной с размерами ячеек 10x10 метров и количеством 300x400 шт. В качестве нижней границы была принята подошва первого слоя, который сложен толщей суглинков мощностью 10 метров. Дополнительное питания за счет атмосферных осадков не было учтено, так как на территории исследования испарение резко преобладает над количеством атмосферных осадков, что в купе с неглубоким залеганием грунтовых вод (менее 3 м) даёт нам право пренебречь данным параметром. В качестве поверхностных водотоков заданы многочисленные каналы, протекающие в пределах изучаемого участка.

После построения и калибровки модели были определены глубины залегания грунтовых вод и в соответствии со СНиП 2.06.15-85 построена карта, на которой выделены 3 зоны с различной степенью подтопления:

1. Зона слабого подтопления (глубина залегания грунтовых вод 2-3 м) – занимает относительно небольшие участки общей площадью 1.1 км<sup>2</sup> (16.5% территории);
2. Зона умеренного подтопления (глубина залегания грунтовых вод от 0.1-2 м) – распространена на подавляющей части территории и занимает площадь 5.48 км<sup>2</sup> (82.4% территории)
3. Зона сильного подтопления (глубина залегания грунтовых вод менее 0.3 м) – распространена на незначительной части территории общей площадью 0.03 км<sup>2</sup> (0.45% территории). На данном участке наблюдаются интенсивные процессы заболачивания, что подтверждается также и полевым осмотром территории.

По данным Салиева Б.К. (1992) подтопление изучаемой территории вызвано главным образом интенсивным орошением сельскохозяйственных земель, а также строительством многочисленных оросительных, обводнительных и сбросных каналов. В результате, крупное ирригационное строительство, орошение и освоение новых сельскохозяйственных территорий Ферганской долины, вкупе со сложными гидрогеологическими условиями повлияло на режим и баланс подземных вод, вызвав большие потери стока (15-20%), и способствовало процессу подтопления [3].

При анализе результатов многолетних полевых исследований, Салиев Б.К. выделил три фазы подтопления [4]:

I фаза – с увеличением нормы полива грунты зоны аэрации насыщаются до полной влагоемкости, образуется фильтрационный слой, который смыкается с глубоко залегающими грунтовыми водами. При этом приходные статьи водного баланса преобладают над расходными. После 12-18-летнего ирригационного освоения уровень грунтовых вод повысился от 25-20 м от поверхности земли до 5-8 м. Скорость подъема уровня 0,2-0,8 м/год.

II фаза - полное смыкание инфильтрационных вод с грунтовыми и прогрессирующий подъем уровня грунтовых вод.

III фаза - подтопление территорий. Подъем уровня грунтовых вод стабилизируется на глубине от 0,5 до 2,5 м. Приходные и расходные статьи водного баланса выравниваются за счет режима испарения [3].

Степень агрессивности подземных вод и грунтов определялась по данным лабораторных анализов водных вытяжек из грунтов, а также проб грунтовых вод в соответствии с КМК 2.03.11-96 [1]. Подземные воды характеризуется содержанием сухого остатка от 1000 до 3900 мг/л, содержание ионов SO<sub>4</sub> варьируется от 330 до 2300 мг/л, причем минерализация их уменьшается с севера на юг. Наибольшая агрессивность подземных вод наблюдается в северной части территории. Подземные воды здесь от сильно до среднеагрессивных к бетонам на портландцементе, в средней и южной части от неагрессивных до слабоагрессивных к тем же бетонам. К железобетонным конструкциям воды, в основном, слабо, реже, среднеагрессивные.

Грунты характеризуются содержанием плотного остатка от 2900 мг/кг до 24000 мг/кг, содержание ионов SO<sub>4</sub> в северной части территории достигает 14990 мг/кг. Наибольшая засоленность грунтов наблюдается в северной части территории. Грунты здесь сильноагрессивные к бетонам на сульфатостойких составах цемента. В средней и южной части грунты слабоагрессивные к бетонам на портландцементе и шлакпортландцементе. К железобетонным конструкциям грунты среднеагрессивные.

Для определения сейсмичности участка был проведен ряд лабораторных работ по определению физико-механических свойств грунтов. Согласно полученным данным, в соответствии с таблицей 1.1 КМК 2.01.03-96 грунты были отнесены к категории III по сейсмическим свойствам, так как коэффициент пористости суглинков и супесей составляет  $e < 0,8$  при показателе консистенции  $I_L >$

0,5, пески мелкие и пылеватые с показателем степени влажности  $S_r > 0,8$ , а глубина залегания грунтовых вод выше 5 м. [2]. Исходя из этого, сейсмичность изучаемой площадки с учетом свойств грунтов, геологического строения, а также глубины залегания грунтовых вод составила 9 баллов.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- территория исследований является подтопленной, так как на большей части территории грунтовые воды залегают на глубине выше 3м;

- на исследуемом участке наблюдаются интенсивно протекающие процессы засоления, а также сильная агрессивность подземных вод и грунтов. Это объясняется резким преобладанием испарения над количеством атмосферных осадков, а также с неглубоким залеганием грунтовых вод;

- территория относится к районам с высокой сейсмичностью с силой землетрясения 8 баллов с повторяемостью раз в 150 лет. Однако, с учетом свойств грунтов, геологического строения, а также глубины залегания грунтовых вод сейсмичность изучаемой площадки составляет 9 баллов;

- при строительстве на данной площадке необходимо проводить комплекс инженерных мероприятий, таких как дренаж, гидроизоляция фундаментов, антиагрессивные и противокоррозионные, а также антисейсмические мероприятия.

### **Литература**

1. КМК 2.03.11-96 *Защита строительных конструкций от коррозии. Государственный комитет Республики Узбекистан по архитектуре и строительству. Ташкент. 1996.*
2. КМК 2.01.03-96 *Строительство в сейсмических районах. Государственный комитет Республики Узбекистан по архитектуре и строительству. Ташкент. 1996 г.*
3. Салиев Б.К. *Совершенствование гидротехнических и мелиоративных методов защиты от подтопления территории городов и сельских населенных пунктов зоны орошения. Москва. 1992. 39 стр.*
4. СНиП 2.06.15-85 *Инженерная защита территории от затопления и подтопления. «Гидропроект». Москва. 1985.*

УДК 3179

## **ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЯ ШЕЛЬФОВО-БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

**Минакова Екатерина Сергеевна**

*Кубанский государственный университет, магистр 1 курса, Краснодар rector@kubsu.ru  
ООО «Грис», Темрюк, [gris1950@yandex.ru](mailto:gris1950@yandex.ru)*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, Бондаренко Николай Антонович

**Аннотация:** В статье оценивается многофакторность инженерно-геологических условий участка шельфа и береговой зоны Таманского полуострова, обосновывается схема ИГ-районирования, созданная на основе исследований.

**Ключевые слова:** инженерно-геологическое районирование, тектонические условия, свойства грунтов, опасные инженерно-геологические процессы и явления, геологическое строение, категория сложности территории.

## **FEATURES OF ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONING OF THE SHELF-SHORE ZONE OF THE TAMAN PENINSULA**

**Minakova Ekaterina Sergeevna**

*Kuban State University, Master's Degree Student, Krasnodar, rector@kubsu.ru  
ООО «Gris», Temruk, [gris1950@yandex.ru](mailto:gris1950@yandex.ru)*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Bondarenko Nikolay Antonovich



**Abstract:** The article assesses the multifactor engineering-geological conditions of the shelf section and the coastal zone of the Taman Peninsula, substantiates the IG zoning scheme based on research.

**Key words:** engineering-geological zoning, tectonic conditions, soil properties, hazardous engineering-geological processes and phenomena, geological structure, category of territory complexity.

Таманский полуостров с прилегающим шельфом являются одними из перспективных для освоения районов Краснодарского края и России. В настоящее время здесь активно ведется строительство портов, включаемых подходные каналы, причальные сооружения, производственные объекты. Хорошая изученность геологического строения шельфа и береговой зоны в совокупности с тектоническими, геоморфологическими и климатическими условиями, а также оценка опасных инженерно-геологических процессов и явлений, позволяет охарактеризовать территорию по степени инженерно-геологической сложности.

В настоящее время все больше внимания в науке уделяется вопросам инженерно-геологического районирования. Известно, что в инженерной геологии не принято давать оценку территории только лишь по одному фактору, так как это несет за собой большой риск. Актуальность данного исследования заключается в том, чтобы на основе изучения многофакторности ИГ-условий условий, выявить их зависимость между собой и дать оценку сложности территории предполагаемой застройки. В данном исследовании были использованы материалы бурения и данные лабораторных исследований грунтов ООО «Грис».

Объектом исследования выбран участок шельфа и береговой зоны Таманского полуострова, расположенный в 500 м на юго-западе от о. Тузла.

Рельеф дна имеет относительно сложное строение. Подводный склон осложнен широкими аккумулятивными образованиями, протяженными длинными понижениями (в виде балок) и группой возвышенностей. Берега участка являются важным поставщиком взвешенного материала в его акваторию, сложенные легко размываемыми породами, которые подвержены активно действующим экзогенным геоморфологическим процессам: абразии и оползням.

Таманский полуостров относят к области крупного наложенного поперечного прогиба, обособление которого связано с кайнозойским этапом развития этой территории. Депрессия выполнена мощной толщей молассовых отложений альпийской орогенной формации. Общая мощность осадочной толщи исследуемого района достигает 10-12 км, из которых 5-6 км приходится на отложения глин майкопской серии ( $P_3-N_1$ ). Благодаря довольно однообразным условиям складкообразования, сложившимся в кайнозое в период опусканий на участке Керченско-Таманского прогиба, на Таманском полуострове в отложениях от олигоцена до плиоцена сформировались системы линейно вытянутых антиклинальных зон, представленных цепочками брахиформных складок почти широтного простирания. Складки антиклинальных зон характеризуются резко выдвинутым вверх по вертикали ядром, сложенным глинами майкопской серии [1].

В геологическом строении района принимают участие отложения понтического яруса неогена ( $N_{2pn}$ ), представленные глинами серыми, темно-серыми до черных, толсто-слоистыми, мощностью около 100-120 м.

В структурном отношении понтические и меотические отложения слагают небольшие пологие складки. Складки чаще имеют изометрическую форму или слегка вытянуты в северо-восточном направлении. Формировались эти отложения в условиях мелководного моря. Сверху данные отложения перекрыты комплексом четвертичных отложений различного генезиса.

В пределах участка на разведанную скважинами глубину 36,0 м (до отметки минус 45,7 м) принимают участие (сверху-вниз):

- современные морские отложения -  $mIV$ ;
- современные лагунно-морские отложения –  $lmIV$ ;
- морские отложения –  $mIII-IV$ ;
- неогеновые отложения –  $N_{2pn}$ .

По литологическому разнообразию на исследуемой территории присутствуют следующие виды пород и отложений [2]:

- ил суглинистый, пылеватый, текучий (ИГЭ-1);
- песок мелкий, средней плотности, водонасыщенный (ИГЭ-2);
- суглинок тяжелый, пылеватый, мягкопластичный (ИГЭ-3);
- глина легкая, песчанистая, слабонабухающая, полутвердая (ИГЭ-4);
- глина легкая, пылеватая, мягкопластичная (ИГЭ-5);
- супесь песчанистая, пластичная, с примесью органического вещества (ИГЭ-6);

- песок пылеватый, плотный, водонасыщенный (ИГЭ-7);
- глина легкая, песчанистая, тугопластичная (ИГЭ-8);
- глина легкая, песчанистая, тугопластичная, слабонабухающая (ИГЭ-9);
- глина тяжелая, полутвердая, полутвердая, средненабухающая (ИГЭ-10).

По данным бурения подземные воды на исследуемом участке вскрыты на глубине от 1,6 м до 8,0 м. Воды обладают напором, высота напора от 1,6 м до 8,0 м.

Сейсмичность района составляет 9 баллов. Категория грунтов по сейсмическим свойствам вторая и третья [3].

По данным исследований на участке выявлен ряд опасных инженерно-геологических процессов.

1) Процессы выветривания происходят не только на суше, но и на дне морей и океанов. Здесь под воздействием минерализованной морской воды, ее температур, давления и газового режима идет разложение горных пород, минералов и создаются элювиальные новообразования, химические, метасоматические и биологические продукты.

2) На Таманском полуострове и в смежной акватории известно более 40 действующих и потухших грязевых вулканов; корни значительной части их опускаются до нижнего мела, т.е. на глубину 5-6 км. В акватории Черного моря расположены действующие грязевые вулканы, проявляющие довольно высокую активность и представляющие определенную опасность при извержении.

3) Донная абразия – максимальный размыв будет наблюдаться в интервале глубин от 1,0 до 1,5 м с постепенным затуханием на глубинах 4 ÷ 5 м. В сторону берега размыв дна сохраниться. Размыв дна (понижение отметок дна), сложенных коренными породами за год можно оценить в 0,01 м.

4) Береговая абразия – процесс разрушения берега и подводного берегового склона под воздействием волн и прибой. Скорость абразии составляет 0,1 м в год. Заносимость акватории составляет 0,13 м в год.

5) Грунты ИГЭ-4, 9 при природной влажности являются слабонабухающими, грунты ИГЭ-10 – средненабухающими. Давление набухания равно 48-135 кПа. Относительное свободное набухание  $\varepsilon_{sw} = 0,058-0,108$ .

6) Категория грунтов ИГЭ-4, 9 по сейсмическим свойствам – вторая, категория грунтов ИГЭ-1 – 3, 5 – 8, 10 по сейсмическим свойствам – третья.

По результатам исследования проведена типизация инженерно-геологических условий рассматриваемой территории, представленная на рисунке 1.



Рис. 1. Схема типизации инженерно-геологических условий исследуемого участка

На основании проведенной типизации инженерно-геологических условий, на исследуемой территории было проведено инженерно-геологическое районирование и определена категория сложности ИГ-условий (рис. 2).

Из полученных данных следует, что всю территорию по ИГ-условиям можно разделить на Сложную (I) и Средней сложности (II). Общими у данных категорий будут по следующие определяющие факторы:

- приразломная тектоническая зона с сейсмичностью 9 баллов;
- зона грязевого вулканизма (ближайший вулкан в 10 км);
- форма залегания коренных пород – структурное несогласие;
- набухание грунтов;
- напорные подземные воды;
- донная эрозия.

Для территории, выделенной в I категорию сложности, помимо общих определяющих факторов характерно наличие слабых органоминеральных грунтов мощностью до 4 м и сильной береговой и донной абразии и размыва акватории.

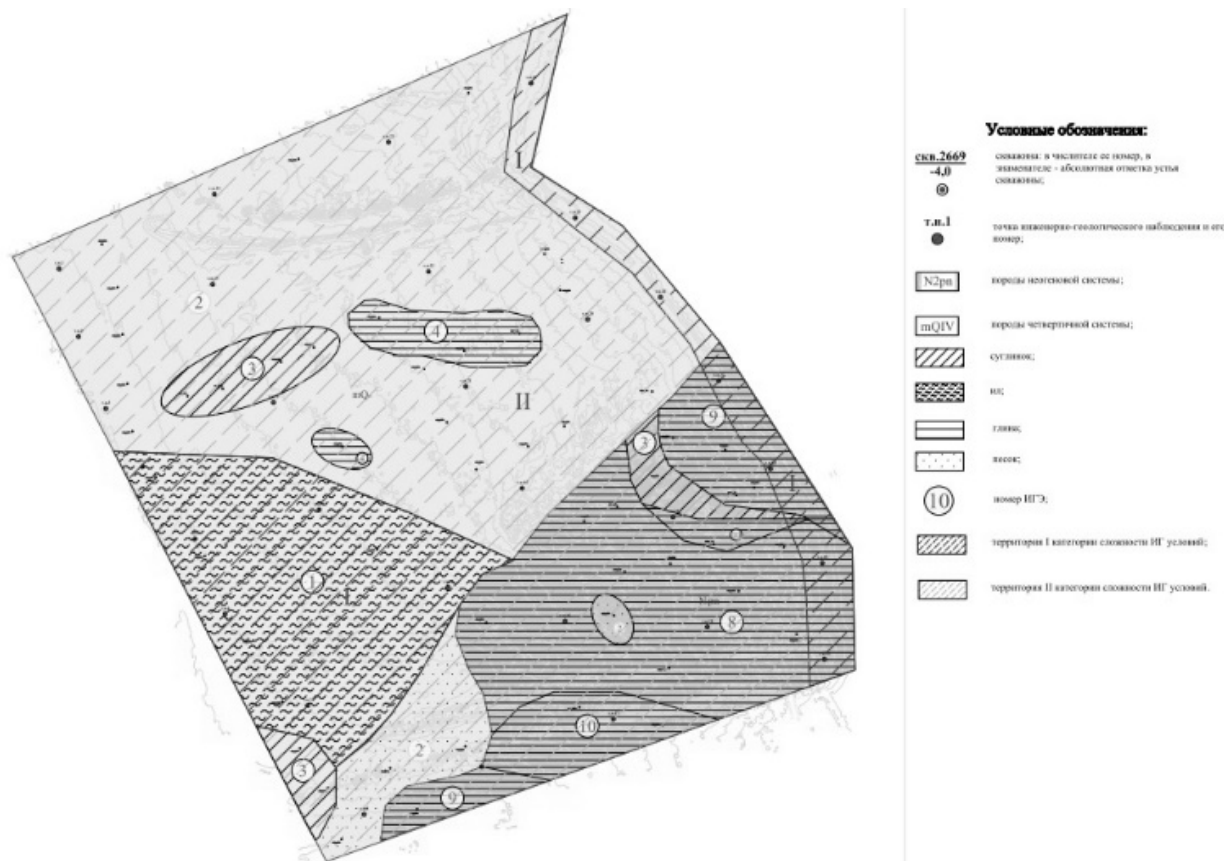


Рис. 2. Карта инженерно-геологических условий

### Литература

1. Д.В. Семиколенных, Керченский пролив в позднем плейстоцене – голоцене. <http://www.geogr.msu.ru/>, с. 1-3.
2. ООО «Грис», Технический отчет по инженерно-геологическим исследованиям «Создание сухогрузного района морского порта Тамань», г. Темрюк, 2019 г.
3. Институт физики Земли РАН, Институт Водных проблем РАН, НИИЦ «Геориск» и НПСФ «Ост-Сейсм», Технический отчет по инженерно-геофизическим исследованиям «Создание сухогрузного района морского порта Тамань», г. Москва, 2015 г.

УДК 3179

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА

**Нагорнова Мария Максимовна**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
студентка 3 курса, г. Пермь*

*e-mail: masha.nagornova2018@yandex.ru*

**Научный руководитель:** кандидат технических наук, доцент,  
*Леонович Михаил Фаддеевич*

**Аннотация:** Разработана и изложена методика проведения исследования для изучения. Представлены результаты по оценке совместного влияния влажности и плотности для грубой фракции. Одним из важных факторов формирования плотности песчаных грунтов в естественных условиях является их влажность.

**Ключевые слова:** грунт, пески, грубая фракция, компрессионные свойства, влажность, плотность.

## ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MOISTURE AND DENSITY OF SANDY SOIL ON THE COMPRESSION CHARACTERISTICS

**Nagornova Maria Maksimovna,**

*Perm State University, 3<sup>d</sup> year Student, Perm,*

*e-mail: masha.nagornova2018@yandex.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Technical Sciences, Reader, Leonovich Mikhail Faddeevich*

**Abstract:** The research methodology for studying is developed and described. The results of evaluating the combined influence of moisture and density for the coarse fraction are presented. One of the important factors in the formation of the density of sandy soils in natural conditions is their moisture content.

**Key words:** soil, sands, coarse fraction, compressive characteristics, moisture, density.

Известно, что предельные плотности сложения песков являются параметрами, которые достаточно широко используются для оценки особенностей состояния песчаных грунтов. Одним из важных факторов формирования плотности песчаных грунтов в естественных условиях является их влажность. [1] Основные исследования выполнены для песчаного грунта грубой фракции.

Целью является выявление закономерностей влияния влажности и плотности сложения на компрессионные свойства песчаного грунта.

На первом этапе выполнены исследования для отдельной - грубой фракции песчаного грунта.

Исследования проводились методом компрессионного сжатия одометром на приборе КПр-1. Оценка компрессионных свойств производилась по модулю компрессионной деформации, рассчитанной в интервале давлений 0.1- 0.5 Мпа. При этом подготовка образцов осуществлялась следующим образом:

Исходя из объема рабочего кольца одометра  $V_k$ , а также плотности песчаного грунта  $\rho$  (в плотном сложении) в воздушно-сухом состоянии устанавливалась масса пробы  $m_r$  (1). Масса пробы  $m_r$  в плотном сложении  $\rho$  занимает объем равный объему рабочего кольца  $V_k$ .

$$m_r = V_k \cdot \rho, \text{ г} \quad (1)$$

Уменьшение или увеличение объема, который занимает грунт, означает соответственно меньшую или большую фактическую плотность  $\rho$ . Фактический объем, занимаемый грунтом  $V_f$ , определялся по отклонениям его высоты  $\Delta h$  от условно нулевой отметки (высота рабочего кольца) - контролируемой индикаторами линейного перемещения часового типа, жестко закрепленными на

верхнем штампе одометра. Таким образом, при расчете коэффициентов пористости учитывалось фактическая начальная высота образца грунта.

Для всех грунтов определяются характерные значения влажности  $W$ : гигроскопическая влажность, влажность максимальной молекулярной влагоемкости, влажность капиллярной влагоемкости.

В ходе эксперимента было установлено, что модуль деформации  $E$  находится в определенной зависимости с показателем плотности  $\rho$ , который в свою очередь тесно связан со влажностью.

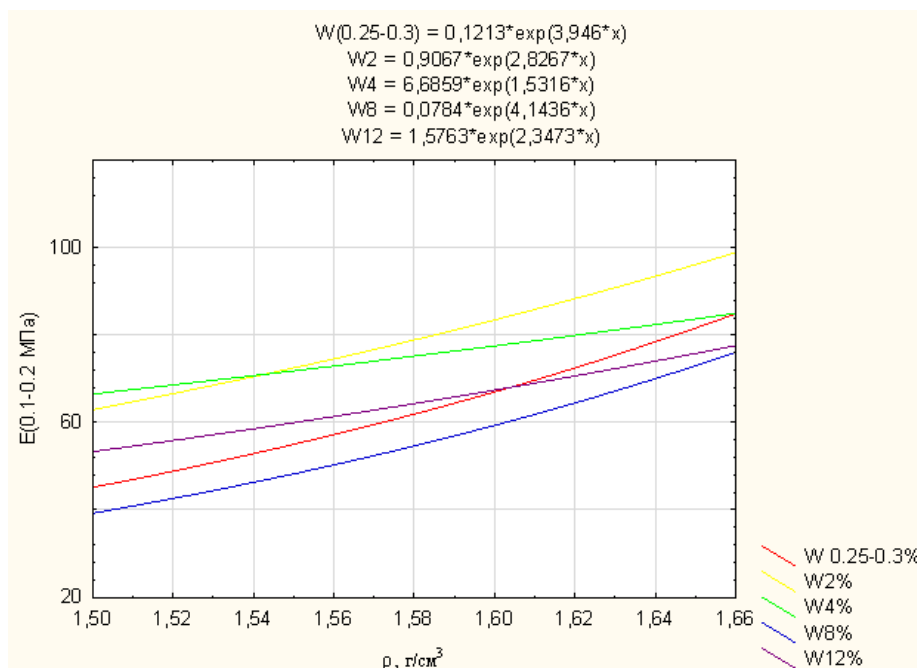


Рис. 1. Зависимость модуля деформации при давлении 0.1-0.2 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.5-1.66 г/см<sup>3</sup>

На рисунках 1,2,3,4, представленных ниже, выявляется закономерность, при которой значения модуля деформации  $E$  при влажности 2-4%, соответствующей влажности максимальной молекулярной влагоемкости, выше, чем при остальных влажностях. Причем наиболее низкие значения модуля деформации наблюдается при давлении 0,1-0,2 МПа при влажности 8%, а при давлениях 0,2-0.5 при гигроскопической влажности (0,25-0,3%).

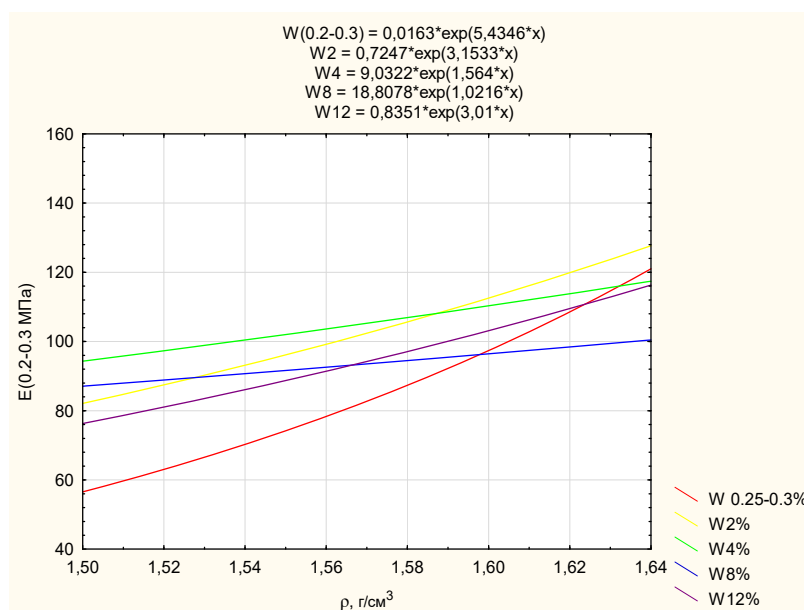


Рис. 2. Зависимость модуля деформации при давлении 0.2-0.3 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.5-1.66 г/см

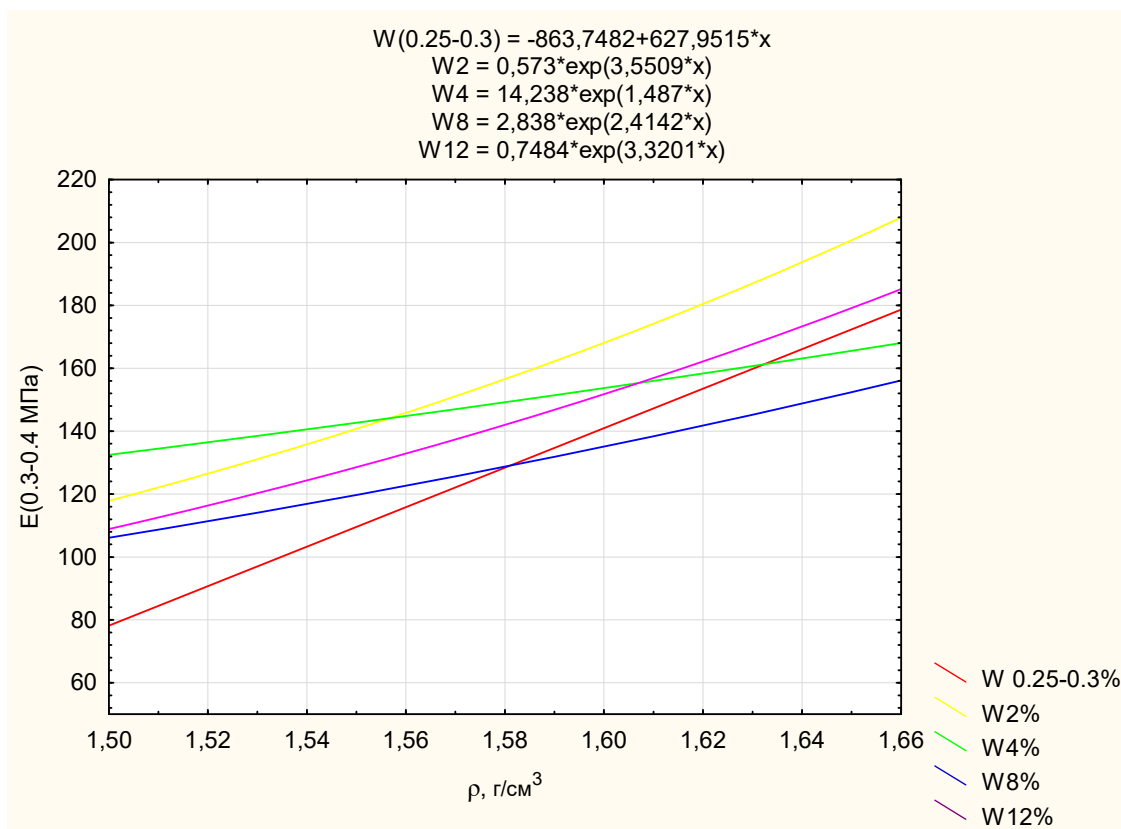


Рис. 3. Зависимость модуля деформации при давлении 0.3-0.4 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.5-1.66 г/см³

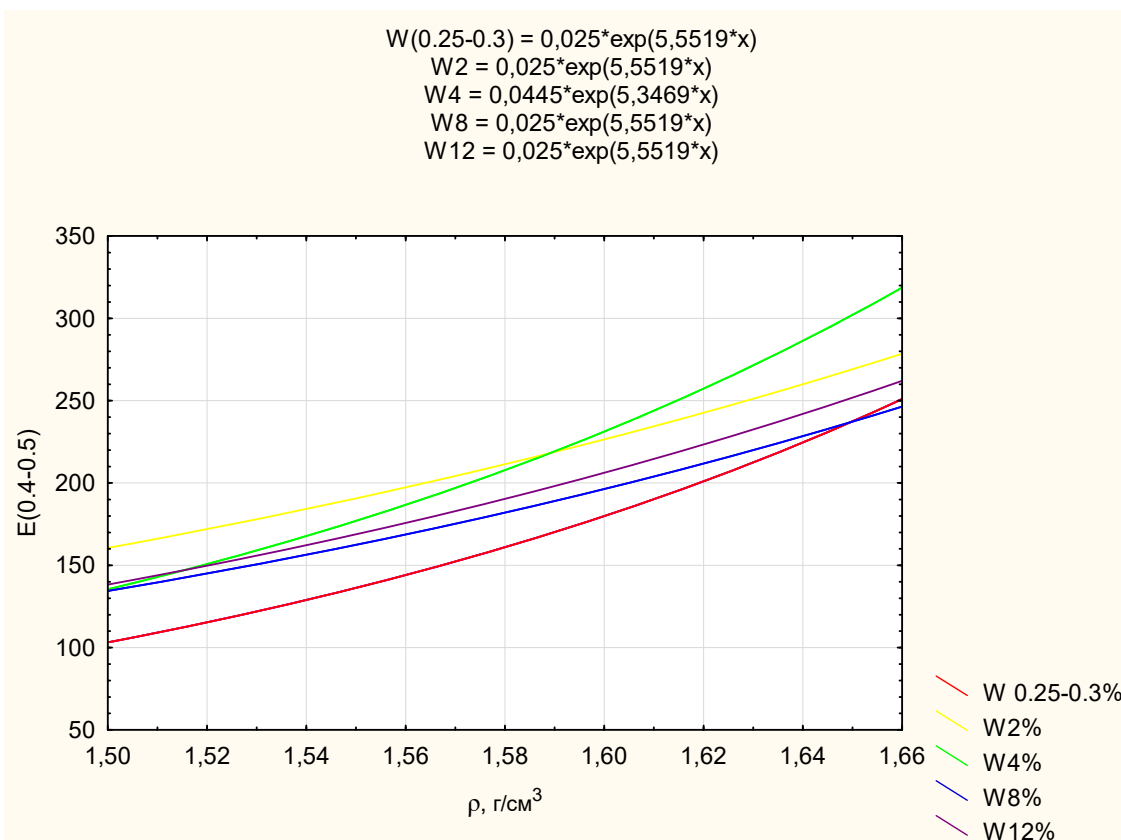


Рис. 4. Зависимость модуля деформации при давлении 0.4-0.5 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.5-1.66 г/см³

Нами было показано, что для песчаного грунта существует оптимальная влажность уплотнения, а именно влажность 2-4%, соответствующая максимальной молекулярной влагоемкости, которая

оказывает влияние на компрессионные свойства грунта. Это может быть обусловлено тем, что добавление незначительного количества влаги обеспечивает свободную переупаковку зерен грунта при механическом воздействии, тем самым выступая в роли смазки. При дальнейшем увеличении влажности уплотняемого песка вода формирует «цементирующее» действие и тем самым препятствует свободной переупаковке частиц при механических воздействиях.

### *Литература*

*1. А.Д.Потапов, И.А.Потапов, А.А. Шименкова Роль плотности-влажности песчаных грунтов в формировании эффективных напряжений с позиций физико-химической теории. // М. :105с.*

УДК 624.131.37

## **ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БАЗЫ ОТДЫХА «РУБИН» В ВОЛЖСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

**Кононов Артём Владимирович**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
магистрант 1 курса (2019-2020), , город Казань  
e-mail: recikler321@mail.ru*

**Научный руководитель:** к.т.н, доцент, Айрат Исламгалиевич Латыпов

**Аннотация:** В работе подробно рассмотрено геологическое; гидрогеологическое строение площади озера Яльчик в Волжском районе республики Марий Эл; инженерно-геологическая изученность; методика построения модели карстообразования и ее интерпретация; рентгенографические исследования; общая оценка карстоопасности территории.

**Ключевые слова:** Карст, инженерно-геологические условия, моделирование, рентгено-фазовый анализ, озеро Яльчик, Phase 2.

## **ASSESSMENT OF KARST HAZARD THE BASE OF REST "RUBIN" IN VOLZHSKY DISTRICT, MARI EL REPUBLIC**

**Kononov, Artem Vladimirovich**

*Kazan (Volga region) Federal University,  
1st year master's student (2019-2020),, Kazan city  
e-mail: recikler321@mail.ru*

**Research Supervisor:** Ph. D., associate Professor, A.I. Latypov

**Abstract:** The work details geological; Hydrogeological structure of Lake Yalchik Square in the Volga District of the Republic of Mari El; engineering-geological study; Method of construction of karst formation model and its interpretation; radiographic researches; General assessment of the karst hazard of the Territory.

**Keywords:** Karst, engineering-geological conditions, modeling, x-ray-phase analysis, yalchik lake, Phase 2.

На сегодняшний день важной проблемой инженерной геологии является определение карстовой опасности территории. Современной тенденцией в решении этого вопроса являются использование программных компонентов, которые быстро позволяют оценить состояние территории и спрогнозировать развитие опасных инженерно-геологических процессов.



Данная работа была выполнена на основе изысканий, проведённых на территории базы отдыха «Рубин» в Волжском районе Республики Марий Эл. Целью работ являлось изучение карстоопасности территории для разработки рекомендаций к строительному освоению и дальнейшей безопасной эксплуатации проектируемых объектов. В настоящей работе были выполнены испытания образцов карбонатно-глинистой муки, отобранных на стадии изысканий.

Участок работ расположен на окраинной юго-западной части Камско-Вятского бассейна II порядка, входящего в состав Восточно-Русского сложного артезианского бассейна пластовых и блоково-пластовых вод первого порядка [1].

Согласно СП 11-105-97 ч.3 к специфическим грунтам на исследуемой территории относятся техногенные и элювиальные грунты [2].

К элювиальным грунтам относятся гравелистые пески, карбонатно-глинистая мука, щебень карбонатных пород, приуроченные к элювиальным образованиям породам Перми.

Согласно «Схеме развития опасных карстово-суффозионных процессов республики Марий Эл» масштаба 1:400 000 территория изысканий расположена в пределах Яльчикского карстового участка, где существуют весьма благоприятные условия для развития карста (I-III категории устойчивости) [3].

Согласно СП 11-105-97 при исследовании карстоопасности необходимым условием является проведение рентгенографического анализа для определения минерального состава. Для исследования были взяты образцы карбонатной муки с интервала 42,45 — 52,25м.

Количественный и качественный анализ образца дал следующие соотношения минерального вещества: Доломит – 93%; кальцит – 4%; кварц – 2%; альбит – 1%.

Расчет агрессивности проводился с использованием программы Aquion. По данным проб воды, отобранных в скважине. По результатам расчета воды обладают агрессивностью к карбонатам.

Далее на основе полученных в лаборатории механических характеристик грунта была построена модель напряженно-деформационного состояния массива (Рис.1). Задача модели состояла в определении максимального диаметра воронки при которой произойдет обрушения вышестоящего фундамента.

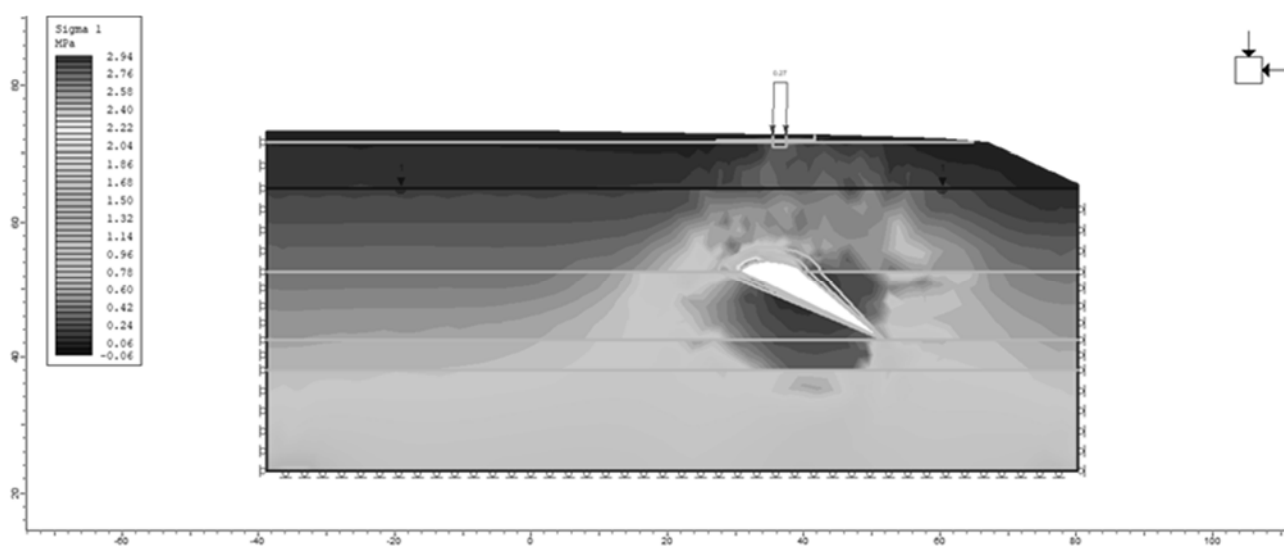


Рис. 1. Модель напряженно-деформационного состояния массива

Для создания модели использовалась программа Phase 2.

Первой ступенью в создании модели была схематизация условий. Пласты принимались как однородные неограниченные в плане.

Программа имеет функционал установки уровня грунтовых вод. УГВ был установлен согласно разрезу скважины.

В процессе моделирования можно выделить несколько стадий:

1. Моделируемая толща без приложенных нагрузок (для правильной калибровки модели).
2. Моделирование тела фундамента с приложенными к нему нагрузками
3. Моделирование карстовой полости различного размера
4. Интерпретация данных модели

Использование численных методов позволило рассчитать размеры карстовой полости при которой произойдет обрушение вышележащих пород ( $d=14.95\text{м}$ ). Данный подход является перспективными для общей оценки карстовой опасности.

### *Литература*

1. *Гидрогеология СССР. Том XIII. Поволжье и Прикамье. Изд-во «Недра». Москва, 1970.*
2. *9 СП 11-105-97 Инженерные изыскания для строительства.*
3. *Схема развития опасных карстово-суффозионных процессов Республики Марий Эл, М 1:400000. Отв. исп. Толмачев В.В., Дзержинск, ГП «ПКБЗ», 1997.*

УДК 551.1/4

## **ОЦЕНКА КАРСТОВО-СУФФОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КВАРТАЛА, ОГРАНИЧЕННОГО УЛИЦАМИ РАХМАТУЛЛИНА – КАВИ НАДЖМИ – ПРОФСОЮЗНАЯ – МУСЫ ДЖАЛИЛЯ, ВАХИТОВСКОГО РАЙОНА Г. КАЗАНИ**

*Зиннуров Адель Рустемович*

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
магистрант, 2-го года обучения, г. Казань  
adelzinnurv@rambler.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Музалевская Лилия Владимировна, ассистент  
Гараева Анастасия Николаевна*

**Аннотация:** Проведена оценка карстово-суффозионной опасности территории с применением инженерно-геологических и геофизических методов на территории исторического квартала в границах улиц Рахматуллина – Кави Наджми – Профсоюзная – Мусы Джалиля, Вахитовского района г.Казани.

**Ключевые слова:** карстово-суффозионная опасность, геологическая среда, трещиноватые породы, глубина.

## **ASSESSMENT OF KARST-SUFFUSION HAZARD ON THE TERRITORY OF THE BLOCK BOUNDED BY THE STREETS OF RAKHMATULLIN-KAVI NAJMI-TRADE UNION-MUSA JALIL, VAKHITOVSKY DISTRICT OF KAZAN**

*Zinnurov Adel Rustemovich*

*Kazan (Volga region) Federal University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, city Kazan  
adelzinnurv@rambler.ru*

*Research supervisor: candidate of geology and mineralogy, reader Lilia Muzalevskaya,  
assistantlecturer Anastasia Garaeva*

**Abstract:** the karst-suffusion hazard of the territory was assessed using engineering-geological and geophysical methods on the territory of the historical quarter within the boundaries of Rakhmatullina – Kavi najmi – trade Union – Musa Jalil streets, Vakhitovsky district of Kazan.

**Keywords:** karst-suffusion hazard, geological environment, fractured rocks, depth.

На территории исторической, центральной части Вахитовского района г. Казани проявляются процессы подтопления, заболачивания, карстово-суффозионные, оползневые, овражная и речная эрозия, которые отрицательно влияют на состояние геологической среды, вызывая деформации

промышленных и гражданских объектов. Но особо важную роль за контролем на данной территории относят за карстово-суффозионным процессом и связанным с ним проявлениям поверхностных и подземных форм (воронки, провалы, слепые овраги, каверны, полости и пещеры), которые являются следствием не только естественных, но и техногенных факторов, причем влияние последних во многом соизмеримо с природными. Совместное воздействие техногенного и естественного процессов ведет к резкому усилению карста и суффозии. Поэтому к возведению или реставрации объектов подходят с большой ответственностью.

Объектом исследования стал исторический квартал в границах улиц Рахматуллина – Кави Наджи – Профсоюзная – Мусы Джалиля. С реставрацией объектов культурного наследия, к ним относятся здание, в котором родился Николай Бауман, дом Пискунова, гостиница Дворянского собрания и другие исторические объекты.

Исследования на историческом квартале проводились с целью оценки карстово-суффозионной опасности территории с применением инженерно-геологических и геофизических методов.

По карте районирования А.В. Ступишина казанский карстовый район относится к Волго-Вятской карстовой области в пределах Вятско-Казанских поднятий [3]. Время карстопроявлений на изучаемом участке калининское и осташковское, но визуально проявлений не наблюдается так как карстовые воронки, погребенные под толщей техногенных образований. Диаметр воронок изменялся от 3 – 4 м до 5-8 м, глубина составила порядка 3-6 м. Причиной возникновения карстопроявлений на данном участке является небольшая мощность покровных отложений пространственно связанные с купольными структурами в верхней части палеозойского осадочного чехла, хорошие фильтрационные свойства, разуплотненность пород и гидротехническое подтопление [4].

На изучаемой площади выполнено бурение четырёх опорных скважин глубиной 45 метров для получения актуальных сведений о геологическом разрезе территории и физико-механических свойствах грунтов.

При проведении полевых геофизических работ использовалась инженерная 24-канальная сейсмостанция «Лакколит Х-М3», наземная сейсмическая 24-канальная сейсмокоса с комплектом вертикальных сейсмоприёмников GS-20DX производства ООО «Геоспейс Технолоджис Евразия». Наблюдения проводились равномерно по площади, в том числе внутри реконструируемых сооружений, по сети, в среднем, 25×25 метров, что сравнимо с плотностью сети наблюдений MASW [1,2]. По результатам выполненных геофизических исследований построены карты изогипс кровли карстующихся пород и мощности четвертичных отложений (метод HVSR) (рис.1), сейсмоскоростные разрезы до глубины 50 метров (метод MASW), псевдоразрезы HVSR до глубины порядка 300 метров, а также карты вариаций геофизических параметров на изучаемой площади.

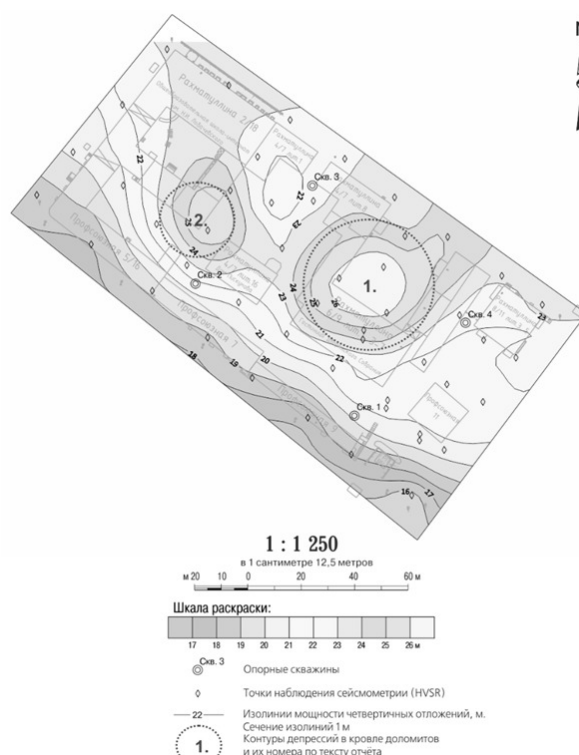


Рис. 1. Карта изолиний мощности четвертичных отложений по результатам метода HVSr

В геологическом строении участка до глубины бурения (до 45 м) принимают участие аллювиальные среднечетвертичные отложения, перекрытые современным техногенным насыпным грунтом ( $Q_2$  lh+dn), и подстилаемые верхнепермскими отложениями ( $P_2kz_2$ ). Подстилаемые верхнепермские отложения залегают на глубине 20-25 представленные карбонатным элювием нередко с включениями обломков карбонатных пород, неоднородный как по гранулометрическому и минеральному составу и физико-механическим свойствам, так и по строению. В геологическом разрезе встречаются линзы крепкого доломита, как бы погружённого в дисперсную массу карбонатного элювия. В среднем разрез представлен в верхней части элювий, покрытый доломитовой мукой, мощностью от 1,5 до 4 метров. Ниже залегает слой трещиноватых доломитов мощностью до 12 метров. Доломиты представлены пониженной прочности, нередко сильнотрещиноватые, кавернозные, прослоями выветрелые до щебня и карбонатной муки. Далее вниз по разрезу залегают разнородные слабосцементированные, в некоторых случаях сильно выветрелые, песчаники ( $P_2kz_1$ ).

В скважинах вблизи ул. Рахматуллина 6/9 в средней части карбонатного слоя при бурении отмечались провалы бурового инструмента до 30 см. На глубине 34-35 метров доломиты сменяются слабовыветрелыми песчаниками.

Подземные воды на период изысканий (сентябрь-октябрь 2019 г.) вскрыты всеми скважинами. Глубина установившегося уровня воды от 21,6 до 24,5м, абсолютные отметки 52,16-52,65м БС. Водовмещающими грунтами служит карбонатно-глинистая мука, водоупором – песчаники и глины.

#### *Результаты*

По данным инженерно-геологических и геофизических исследований в верхней части разреза выявлены зоны разуплотнения в верхней части четвертичных отложений от 5 до 12 м приуроченная ко двору дома по ул. Рахматуллина 6/9 и 2/18. В срединной части кровли коренной толщи доломитов на этих участках, примерно на глубине порядка 30 метров до 100 метров с севера на юг от дневной поверхности выделяются контрастные зоны повышенной трещиноватости или карстовыми полостями. Локальный участок снижения прочности доломитов и приуроченная к нему зона разуплотнения в четвертичных грунтах фиксируется в районе перекрёстка улиц Профсоюзной и Мусы Джалиля. Следует отметить, что интенсивность негативных проявлений здесь существенно ниже, чем в районе Гостиницы Дворянского Соборания. Остальные сооружения исследуемого квартала расположены в более благоприятных условиях. Для борьбы с карстово-суффозионными процессами рекомендуется обязательно провести мероприятия до застройки новых сооружений и парков: 1) закрепление массива методами технической мелиорации грунтов (тампонирование и др.); 2) снижение водопроницаемости массива; 3) снижение напоров, специальный дренаж; 4) пригрузка склона. Возможно при проведении, данных мероприятий и постройки «не тяжелых» сооружений, проявление данного процесса не активизируется.

#### *Литература*

1. РСН 66-87. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка.
2. СП 283.1325800.2016. Объекты строительные повышенной ответственности. Правила сейсмического микрорайонирования.
3. Жаркова Н.И. Состав и свойства верхнепермского карбонатного элювия, как фактор формирования инженерно-геологических условий центральной части г. Казани. / Н.И. Жаркова, Н.Н. Даровских, Р.К. Галеев // Вестник ТО РЭА. - 4. - 2005. – с. 22–25.
4. Ступишин А.В. К истории формирования левобережья Приказанского Поволжья // Тр. Казан. Всесоюз. геогр.об-во, №3, 80, 1948.

УДК: 553.6 (470.54)

## ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИН «УСТЬ-ИГУМСКОГО» МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Мурзыева Алина Марселевна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студентка 3 курса  
2017 года обучения, г. Пермь*

*[murzyeva.ru@yandex.ru](mailto:murzyeva.ru@yandex.ru)*

*Борисенкова Полина Станиславовна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студентка 3 курса  
2017 года обучения, г. Пермь*

*[borisenkova.poly@yandex.ru](mailto:borisenkova.poly@yandex.ru)*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Алванян Антон Карпетович*

**Аннотация:** статья посвящена оценке физико-механических свойств глин «Усть-Игумского» месторождения. Определены физические свойства глины, а также деформационные и прочностные свойства при разных влажностях.

**Ключевые слова:** влажность, давление, коэффициенты пористости и относительной сжимаемости, угол внутреннего трения, удельное сцепление.

## ASSESSMENT OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE UST-IGUMSKY CLAYS OF THE ALEKSANDROVSKY CITY DISTRICT OF PERM REGION

*Murzyeva Alina Marsellevna*

*Perm State National Research University, 3rd year student  
2017 year of study, Perm*

*[murzyeva.ru@yandex.ru](mailto:murzyeva.ru@yandex.ru)*

*Borisenkova Polina Stanislavovna*

*Perm State National Research University, 3rd year student  
2017 year of study, Perm*

*[borisenkova.poly@yandex.ru](mailto:borisenkova.poly@yandex.ru)*

*Scientific adviser: Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,  
Alvanyan Anton Karapetovich*

**Abstract:** the article is devoted to the assessment of the physical and mechanical properties of the clay of the Ust-Igumskoye field. The physical properties of clay were determined, as well as the deformation and strength properties at different humidity.

**Key words:** humidity, pressure, porosity and relative compressibility coefficients, angle of internal friction, specific clutch.

Усть-Игумское месторождение расположено в Александровском городском округе Пермского края, в 8 км юго-восточнее с. Усть-Игум (Рис. 1) [5].

Поверхность района работ представляет собой пересеченную местность, изрезанную логами и испытывает пологое повышение в направлении с запада на восток. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 130 до 314 м. Площадь месторождения составляет 3,3 га [1].

На основании отчёта о геологоразведочных работах на Усть-Игумском месторождении установлено, что радиоактивность глин полезной толщи колеблется от 5 – 9 мкР/час [5].

Актуальность работы: использование полученных лабораторных данных, проведенными нами, при испытании каолинистых глин для составления технического проекта разработки и оценки инженерно-геологических условий месторождения.

*Цель:* оценка физико-механических свойств глины Усть-Игумского месторождения.

*Задачи:* определить гранулометрический состав, физические и механические свойства глины.

Научная новизна работы заключается в исследовании изменения деформационных и прочностных свойств от влажности и давления.

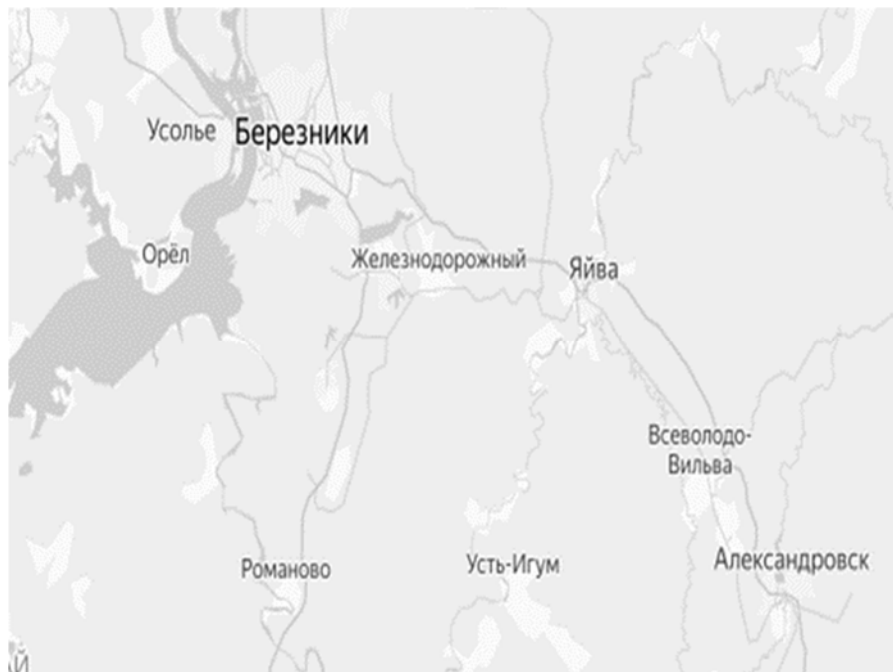


Рис. 1. Местоположение месторождения

В геологическом строении района работ принимают участие породы четвертичного возраста, подстилающие породы представлены верхнепермскими глинисто-мергелистыми отложениями Соликамской свиты. Полезная толща на месторождении сложена светло-серыми до серовато-белыми с голубоватым оттенком глинами. Вскрытая мощность кондиционных глин колеблется от 2-3 м до 14-20 м (скв.2). Основную толщу вскрышных пород составляют современные ( $Q_{1-2}$ ) и древние аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения, глины, суглинки, пески, мощностью 1,4 – 8,0 м. В подошве полезной толщи залегают пермские отложения, представленные глинисто-мергелистыми отложениями – тонкослоистыми глинистыми мергелями и известковыми алевролитами, и аргиллитами Соликамской свиты, уфимского яруса [1,3].

Оценка качества полезного ископаемого Усть-Игумского месторождения проводилась в соответствии с ГОСТом 530-80.

По анализам глинистой фракции получены следующие результаты минерального состава [4]:

45%-75% - гидрослюда измененная

28%-90% - монтмориллонит

15%-70% - каолинит тонкодисперсный

5%-15% - кварц

5%-10% - слюда и хлорит

0,5%-5% - растительные остатки

По гранулометрическому составу (полученный ареометрическим методом) в процентном соотношении глина составляет:

1-0,5 мм = 0,1 г = 0,33% крупные песчаные частицы

0,5-0,25 мм = 0,19 г = 0,63% средние песчаные частицы

0,25-0,1 мм = 0,54 г = 1,8% мелкие песчаные частицы

0,1-0,05 мм = 3,62% тонкие песчаные частицы

0,05-0,01 мм = 15,42% крупные пылеватые частицы

0,01-0,008 мм = 13,3% мелкие пылеватые частицы

<0,008 мм = 64,9% глинистые частицы

**Физические свойства:** глины месторождения имеют весьма высокую среднюю пластичность – 20,31%, плотность твёрдых частиц грунта – 2,68 г/дм<sup>3</sup>. Влажность на нижнем пределе пластичности составляет 30,61% и на верхнем пределе пластичности 50,92%.

**Механические свойства:** испытания проводились на искусственно заданной влажности глины, при 31% (приблизительно на границе раскатывания), 42% (средняя влажность между границами раскатывания и текучести) и 52% (приблизительно на границе текучести). По результатам лабораторных работ были построены графики зависимости коэффициента пористости от давления, а также паспорта прочности при разных влажностях грунта.

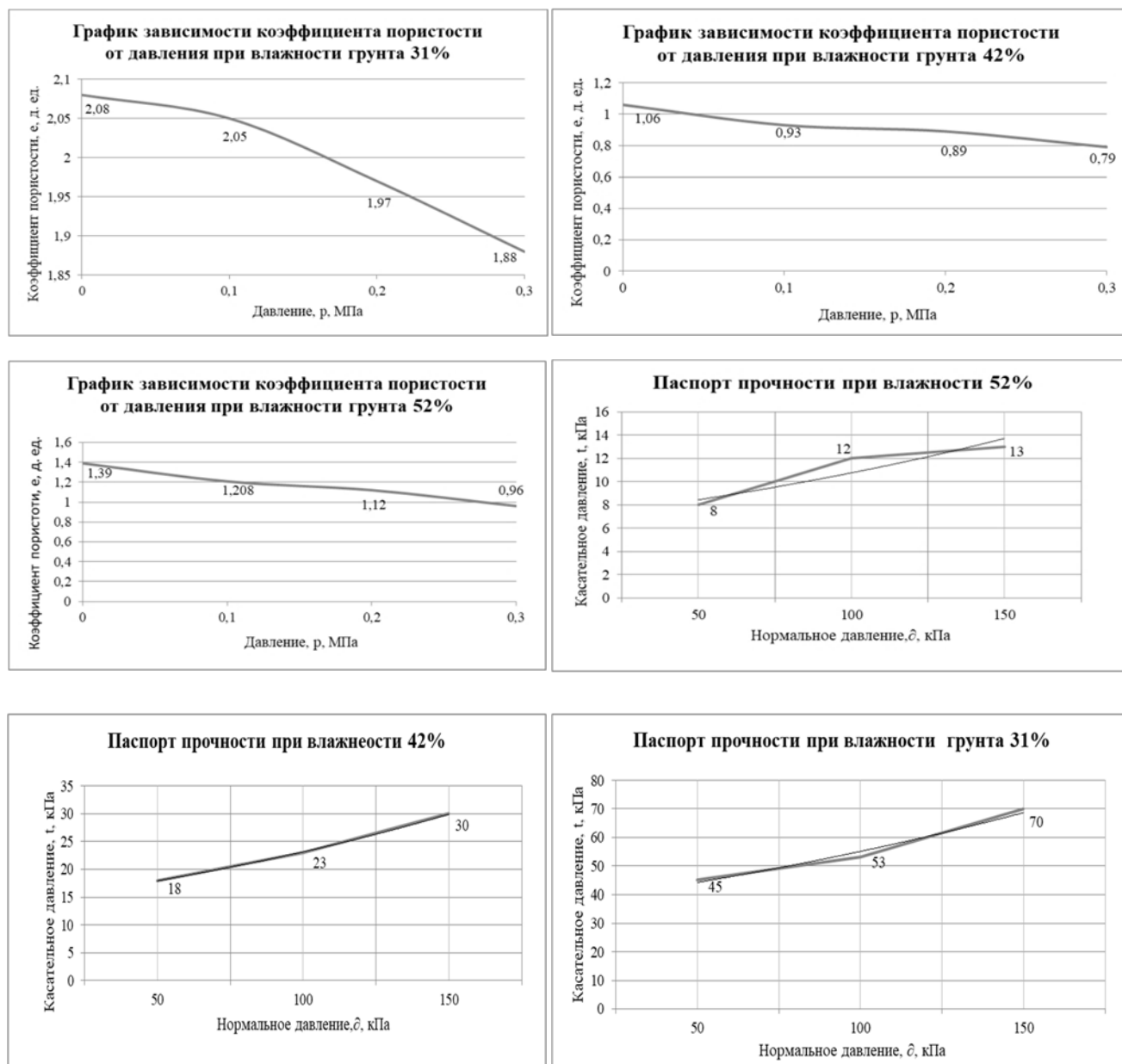


Рис. 2-7. Графики зависимости коэффициента пористости от давления и паспорта прочности

По графикам зависимости коэффициента пористости от давления (рис. 2-4.) можно заметить, что при увеличении давления, оказываемого на глину, коэффициент пористости постепенно уменьшается за счет изменения структуры и текстуры грунта: разрушение части структурных связей и микроагрегатов, смыкание крупных пор, переориентации частиц, отжатия из пор воды и воздуха [2].

Паспорта прочности иллюстрируют графики зависимости касательного давления от нормального (рис. 5-7.), на которых можно заметить, что при увеличении нормального давления (для



уплотнения грунта), увеличивается касательное давление, которое возрастает за счет сцепления и трения между частицами грунта. Также на прочность при сдвиге влияют внутренние факторы, свойственные связанным грунтам: пористость, влажность (или консистенция) [2].

В результате проведённых лабораторных работ нами установлено, что в гранулометрическом составе преобладающей фракцией является глинистые частицы (64,9 %), плотность твердых частиц составляет  $2,68 \text{ г/дм}^3$ , влажность на нижнем пределе пластичности составляет 30,61 % и на верхнем пределе пластичности 50,92 %, число пластичности составляет 20,31 %.

В зависимости от влажности глины и давления, оказываемого на грунт, показатели изменялись следующим образом: с увеличением влажности и давления уменьшались компрессионный модуль деформации с 1,54 МПа до 0,85 МПа, угол внутреннего трения с  $14^\circ$  до  $3^\circ$  и удельное сцепление с 18,33 кПа до 2,42 кПа, а коэффициент относительной сжимаемости увеличивался с  $0,26 \text{ МПа}^{-1}$  до  $0,47 \text{ МПа}^{-1}$ .

Таким образом, можно сказать, что влажность грунтов значительно влияет на физико-механические свойства глин Усть-Игумского месторождения.

### Литература

1. Алванян А.К., Ибламинов Р.Г. Геолого-промышленные типы месторождений общераспространенных полезных ископаемых Пермского края // Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В.И.Вернадского. 2009. Вып. 10. С. 135-144.
2. Грунтоведение/Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Под ред. В.Т.Трофимова. – 6-е изд., переработ. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с. (Классический университетский учебник)
3. Ибламинов Р.Г., Алванян А.К. Региональная минерализация общераспространенных полезных ископаемых зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и Уральское складчатой области (на примере Пермского края) // Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В.И.Вернадского. 2009. Вып. 9. С. 152-161.
4. Отчёт по поискам и оценке глинистого сырья использования в качестве пластифицирующей добавки для производства керамических изделий в Александровском районе / ООО «Генезис». Пермь, 2006. 125с.
5. Рабочий проект разработки и рекультивации «Усть-Игумского», участок Ермаковский, местоположение светложгущих глин / ООО «Геопрокт». Пермь, 2006. 96 с.

УДК 551.1/4

## ФИЛЬТРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ И НАСЫЩАЮЩЕЙ ЕЕ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД С РАЗНЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ

**Мифтахова Айгуль Фанилевна**

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
магистрант, 2-го года обучения, г. Казан, [salakhovaigul@yandex.ru](mailto:salakhovaigul@yandex.ru)  
**Научный руководитель:** ассистент Гараева Анастасия Николаевна

**Аннотация:** В работе представлен модельный подход к изучению кольматационного механизма изменения фильтрационных свойств на песчаных моделях. Актуальность исследований, направлена на определение путей восстановления фильтрационных свойств пластов.

**Ключевые слова:** кольматация, песчаная модель, поровое пространство.

## FILTRATION MODEL OF INTERACTION BETWEEN A POROUS MEDIUM AND ITS SATURATING LIQUIDS ON THE EXAMPLE OF TERRIGENOUS ROCKS WITH DIFFERENT GRANULOMETRIC COMPOSITION

*Miftakhova Aigul Fanilevna*

*Kazan (Volga region) Federal University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, city Kazan*

*[salakhovaigul@yandex.ru](mailto:salakhovaigul@yandex.ru)*

*Research supervisor: assistant lecturer Anastasia Garaeva*

**Abstract:** This paper presents a model approach to the study of the colmatation mechanism of changes in filtration properties in sand reservoirs. Relevance of research aimed at determining ways to restore the filtration properties of reservoirs.

**Keywords:** colmatation, sand model, pore space.

Продуктивные пласты в естественном состоянии находятся в гидродинамическом и физико-химическом равновесии, которое после вскрытия пласта нарушается. Как показывает промысловая практика и результаты лабораторных исследований, почти во всех случаях вскрытие пластов сопровождается понижением их фильтрационных свойств. Вследствие резкого повышения давления в скважине над давлением в пласте происходит проникновение в пласт суспензии, например, бурового и цементного растворов, др. жидкостей. Проникновение твердой фазы и фильтрата приводит к необратимым явлениям в околоскважинной зоне, снижая ее фильтрационные характеристики. В то же время, зная причины и последствия проникновения суспензий в продуктивный пласт, можно снизить или полностью предотвратить вредное воздействие этого явления на продуктивный пласт [1]. Процесс кольтации продуктивного пласта достаточно сложен. Одновременно происходит удержание части твердой фазы суспензии в порах пласта и вынос части твердых частиц потоком дальше в пласт. Кроме того, часть ранее осевших частиц, попадая в фильтрационный поток, уносится им и оседает в более глубоких зонах пласта.

Цель работы – изучить процессе кольтации на песчаных моделях разных по гранулометрическому составу. Данное исследование поможет в дальнейшем спрогнозировать область кольтации в приустьевой части продуктивного пласта.

В качестве объекта исследования были использованы терригенные породы плиоцен-четвертичного горизонта, представленные песком от крупнозернистой до мелкозернистой фракции. Для экспериментальной модели были подготовлены 4 образца песка с крупностью 1,0; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Модельная фильтрационная ячейка представлена прямоугольным параллелепипедом из акрилового стекла с входным и выходным каналами. Данная ячейка помогает исследовать визуальный и фильтрационный механизм кольтации в зависимости от фильтрующей жидкости и разного по гранулометрическому составу несцементированного грунта.

В качестве фильтрующей жидкости используется глинистый раствор бентонитовой глины с частицами меньше 5 мкм.

Экспериментальное изучение процесса кольтации заключалось в закачке в модельную ячейку пористой среды глинистого раствора, при постоянном давлении и с определением основных определяющих параметров изменяющиеся от времени, это – расход фильтрации и время [3,4]. График изменения коэффициента фильтрации от времени представлен в виде кривой фильтрации (рис.1).

Для интерпретации опытных данных была предложена математическая модель, где кольтацию, можно рассматривать в рамках модели массообмена между жидкой и твердой фазой при фильтрации [5], с детализацией вида функции источника/стока для скорости массообмена [2]. Процесс массообмена приводит к изменению массы пористого скелета, таким образом, сначала построили систему уравнений фильтрации в деформируемой пористой среде с пористым скелетом переменной массы [3]. Опуская детали получения всех уравнений модели, приведем уравнения, по которым проводились расчеты (формула (1)).

$$\frac{\partial(mC)}{\partial t} + \frac{\partial(qC)}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \frac{\partial N}{\partial t} = -\rho_s \frac{\partial m}{\partial t} = \beta C, \beta = \frac{\epsilon r^2 (\rho_s - \rho_w) g}{9\eta}, q = k_0 m^3, k_0 = \frac{\epsilon}{T^2} \quad (1)$$

Здесь  $m$  – пористость,  $N$  – содержание осадка в объеме,  $C$  – концентрация взвешенных частиц, для связи пористости и проницаемости  $k$  использовалась формула Козени-Кармана, где  $T$  – извилистость,  $\zeta$  – вязкость суспензии. Сравнение экспериментальных данных и математической модели на графике, представлены похожими кривыми изменениями коэффициента фильтрации при прокачке глинистого раствора (рис.1), что говорит о хорошем согласии расчетных и экспериментальных данных.



Рис.1. Кривая изменения коэффициента фильтрации песчаных моделей

Анализируя результат эксперимента на полученные кривые изменения коэффициента фильтрации (рис.1) и лабораторного описания визуального наблюдения за процессом, можно сказать, что при фильтрации глинистого раствора с частицами  $<0,005$  мм через терригенные модели происходит оседание твердых частиц на входной поверхности ячейки и постепенная закупорка порового пространства. Это в свою очередь приводит к уменьшению фильтрационных характеристик так, как взвешенные частицы отфильтровываются в виде пленки на внешней поверхности порового пространства. Внутренняя поверхность порового пространства модели после фильтрации глинистого раствора вдоль образца, представляла собой поровое пространство с глинистыми частицами застрявшие в суженных поровых каналах. Ухудшение фильтрационных свойств песчаных моделей в начале опыта сильно не наблюдалось, но после фильтрации, продолжающейся несколько часов, фильтрационные параметры снизились вероятно, это связано, с миграцией частиц и последующим блокированием пор. Наиболее процесс коагуляции был выражен на третьей модели с размером частиц 0,25-0,1 мм. Ухудшение фильтрационных характеристик у модели с размером частиц 1,0-0,5 мм наблюдалось только через большой промежуток времени.

**Выводы:**

Рассмотренная задача демонстрирует различные варианты взаимного влияния пористой среды и насыщающей ее жидкостей.

Степень загрязнения поровых каналов твердой фазой глинистого раствора в наибольшей мере определяется размерами каналов, их структурой, дисперсностью и концентрацией твердой фазы в растворе.

Полученные визуальные и физические параметры позволяют определять форму области, охваченной процессом коагуляции при фильтрации в разный момент времени.

Предложена математическая модель, где коагуляцию, можно рассматривать в рамках модели массообмена между жидкой и твердой фазой при фильтрации.

### Литература

1. Басниев В.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. *Подземная гидромеханика* //Недра, 1993. 416 с.
2. Рыжиков Н.И. *Экспериментальное исследование динамики захвата частиц и изменения проницаемости при фильтрации суспензии через пористую среду* //Дис. канд. физ.-мат. наук, 2014, 150 с.
3. Храмченков М.Г., Храмченков Э.М., Гараева А.Н. *Модель коагуляционно-суффозионного механизма миграции веществ в подземных водах* //Институт природных ресурсов, экологии и

криологии СО РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука, Забайкальский государственный университет, 2018. 235 с.

4. Garaeva, A. N. Some peculiarities of pore space colmatation process in stress heterogeneous clayey reservoirs // *Neftyanoe Khozyastvo – Oil Industry*, 2017. P. 72 – 74.

5. Jaeger J.C., Zimmerman R.W. *Fundamentals of Rock Mechanics* // 4th ed. Oxford, Wiley, 2007.

6. Khramchenkov M., Khramchenkov E. A new approach to obtain rheological relations for saturated porous media // *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. 2014. P. 49–53.

УДК 624.121.537, 624.121.542, 624.131.537, 624.131.542, 624.131.543, 624.131.551.1

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМОГЕННЫХ ОПОЛЗНЕЙ В ЮЖНЫХ КАРПАТАХ (РУМЫНИЯ) И ОПЫТ ИХ ИЗУЧЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ**

**Прасолов Андрей Александрович**

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, аспирант 1 года обучения, г. Москва*

*e-mail: ghfcjkjdfylhtq@yandex.ru*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., с.н.с., Хоменко Виктор Петрович

**Аннотация:** Оползни являются распространёнными опасными геологическими процессами, тем не менее, до сих пор их изучение является весьма трудной задачей. Это объясняется большим количеством факторов, приводящих к возникновению данных процессов, среди которых сейсмичность является одним из ведущих. Учёт сейсмичности важен для оценки опасности и риска оползневых процессов, однако для абсолютного большинства сооружений она учитывается только при достижении интенсивности 7 баллов и более по шкале МСК-64, в то время как сейсмичность во зачастую действует как триггер оползневого процесса, поэтому даже незначительное воздействие может привести к потере устойчивости для оползневого склона. Цель данной работы – оценка сейсмического воздействия на оползневые склоны в Южных Карпатах (Румыния) и возможность использования такого опыта для оценки сейсмичности как триггерного фактора для России.

**Ключевые слова:** Сейсмичность, сейсмоактивная зона Вранча, сейсмогенные оползни, инженерно-геологические расчёты, устойчивость оползневых склонов.

## **CHARACTERISTICS OF SEISMOGENIC LANDSLIDES IN SOUTHERN CARPATHIANS (ROMANIA) AND THE EXPERIENCE OF ITS STUDYING WITH POSSIBILITY OF USING IN RUSSIA**

**Andrey Prasolov,**

*National Research Moscow State University of Civil Engineering, 1<sup>st</sup> year Post-graduate Student, Moscow City,*

*e-mail: ghfcjkjdfylhtq@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Senior Researcher, Viktor Khomenko

**Abstract:** Landslides are common dangerous geological processes; nevertheless, their studying is still a rather difficult task. This is due to a large number of factors leading to the occurrence of these processes, among which seismicity is one of the leading ones. Account of seismicity is urgent for assessing the danger and risk of landslide processes, however, for the absolute majority of structures it is taken into account only when the intensity reaches 7 points or more on the MSK-64 scale, while seismicity often acts as a trigger of landslide processes, so even a slight impact can lead to loss of stability for the landslide slope. The purpose of this work is to assess the seismic impact on landslide slopes in the Southern Carpathians (Romania) and the possibility of using such experience to assess seismicity as a trigger factor for Russia.

**Keywords:** Seismicity, seismoactive zone Vrancea, seismogenic landslides, engineering geological calculations, sustainability of landslide slopes.

Сейсмичность является очень распространённой причиной возникновения и развития оползневых процессов. Она является стохастическим природным процессом, что делает её дополнительным, значительно усложняющим фактором при анализе оценке оползневого риска в рамках экономического, социального и экологического аспектов. Сейсмогенные оползни в Южных Карпатах (Румыния) относятся к оползням скольжения [6] или скольжения инсеквентным согласно СП 420.1325800.2018. В ходе данной работы рассматривались оползни Коли-Алунис и Магуриси, расположенные на склоне горы Бузю в Румынии. Целью этих исследований было определение основных факторов, влияющих на оползневые процессы, и возможность использования эффективных методов для создания программы проведения мониторинга данных процессов. Полученные результаты могут позволить определить возможность развития оползней, вызванных землетрясениями в сейсмоактивной зоне Вранча в Восточных Карпатах, в том числе и для более дальних территорий, с уменьшением интенсивности землетрясений до 5-6 баллов, к которым относятся территории западной и юго-западной частей Центральной России.

Количественная оценка сейсмогенных оползней в Южных Карпатах является актуальной проблемой в Румынии и для её решения были выполнены работы международных групп учёных [3,4]. Для этих оползней характерно следующее, регионально распространяющееся геологическое строение. В основании оползней лежат прочные плотные песчаники палеоцен-эоценовой формации Таркау Наппе. Они перекрыты основным деформирующимся горизонтом, в составе которого выделяются лёгкие песчанистые глины рюпельского яруса (мягкопластичные в нижней части и тугопластичные в верхней) (фашия Клиуа), перекрытые рыхлыми пылеватыми песками хаттского яруса олигоцена (фашия Коли). Именно в пределах этого горизонта развиваются глубокие инсеквентные оползни скольжения. Основными факторами возникновения и развития этих оползней являются сейсмическое воздействие и большое количество выпадающих атмосферных осадков в течение небольшого промежутка времени.

Для оценки опасности оползневых склонов на нижерасположенные автомобильные дороги сначала следует определять механизм оползневого процесса и морфологию оползневого тела. Для этого была использована методика оценки расположения плоскости скольжения и количества оползневых блоков, созданная исследовательской группой PWRI в Цукубе, Япония [5].

Методика PWRI заключается в выполнении следующих операций:

- разделение скользящей массы на несколько блоков;
- использование векторов смещения в точках измерения на поверхности земли вдоль основной линии профиля оползня, считая их параллельными скольжению плоскости;
- построение полиномов для соответствующих блоков и оценка формы скольжения поверхности;
- установка соответствующей линии раздела и подземной границы (точка пересечения различных форм плоскости скольжения) в соответствии с расчетной формой плоскости скольжения на основе полевой съемки.

Исходными данными для этой программы являются профиль поверхности земли и координаты точек измерений, вектор смещения в точке измерения на поверхности земли и координаты точек деформации у верхней и нижней частей оползня.

Для изучаемых оползней в состав основных деформирующихся горизонтов входят рыхлые пылеватые пески хаттского яруса олигоцена (фашии Клиуа) и лёгкие песчанистые глины рюпельского яруса олигоцена (фашии Коли). Для пылеватых песков фашии Клиуа были определены следующие расчётные физические (плотностные и гидрофизические) и физико-механические показатели свойств грунтов:  $\gamma=18,3 \text{ кН/м}^3$  (для водонасыщенного  $\gamma=20,2 \text{ кН/м}^3$ ),  $\rho_s=2,55 \text{ г/см}^3$ ,  $e=0,858$ ,  $\phi'=22^\circ$ ,  $C'=10 \text{ кПа}$ , для лёгких песчанистых глин фашии Коли расчётные показатели следующие:  $\gamma=20,0 \text{ кН/м}^3$ ,  $I_p=21\%$ ,  $I_L=0,49$ ,  $\phi'=14^\circ$ ,  $C'=9 \text{ кПа}$  [3].

Для напряжений, возникающих при моделируемом землетрясении с коэффициентом сейсмичности  $K_s=a/g=0,26$  (по СП 14.13330.2018 оно более всего соответствует землетрясению интенсивностью 8,5 баллов) в дополнении с возможным повышением уровня грунтовых вод были проведены расчёты устойчивости оползневого склона Коли-Алунис по методу Бишопа [3] в программном комплексе GeoStudio (модуль Slope/W), а также при стандартных условиях (без сейсмичности и со средним установившимся уровнем грунтовых вод). При стандартных условиях коэффициент устойчивости оказался равен 1,229, а при дополнительных условиях - 0,995, что

свидетельствует о большом влиянии сейсмичности на возможную неустойчивость склона, притом, что в обычных условиях склон имеет высокое значение коэффициента устойчивости (рис. 1).

Для определения влияния атмосферных осадков исследовался оползень Магуриси, активизация которого происходила после длительных проливных дождей [4]. На этом участке была сооружена система из автоматизированных датчиков и волоконно-оптической системой контроля оползневых перемещений, выявляющая их связь с количеством атмосферных осадков. Эта система была до этого использована в Западных Карпатах на оползне Граденбах (Австрия), где были большие волоконно-оптические штампы массой до 1,7 кг [7].

Система измерений перемещений на оползне Магуриси состоит из двух экстензометров (т.е. одно обычное устройство с разрешением  $\pm 0,1$  мм (ELS-7120) и одним оптоволоконным датчиком (ELS-1100-5), установленным через обычный, один рефлектометр (MW-9076), один регистратор данных (Logmaster EC-402-20), одну цифровую метеостанцию (Igox Pro X) и хост-компьютер [4]. Компьютер записывает оптические измерения волокна, отображает записанные данные регистратором, составляет графики и элементы управления оповещения на основе Alarm-системы.

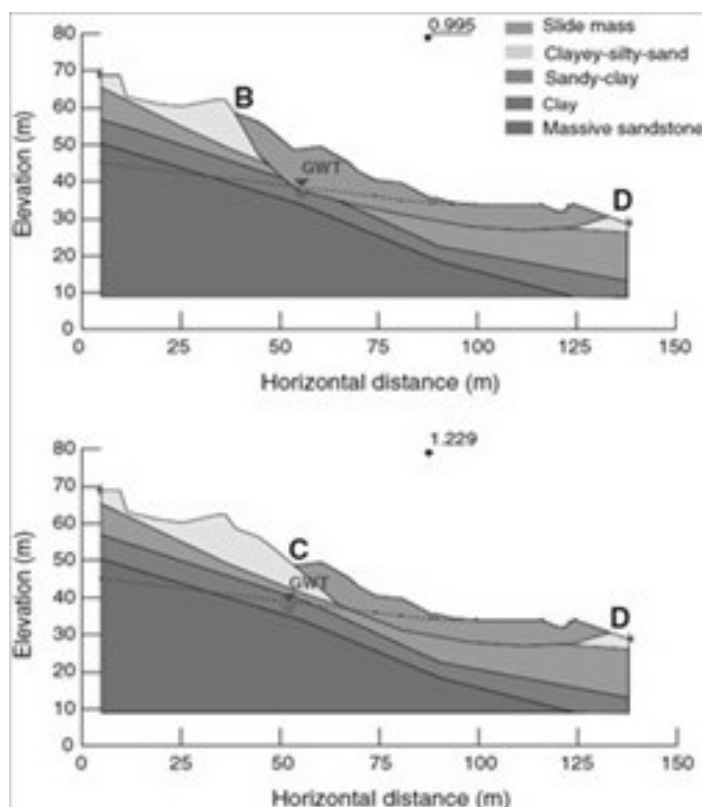


Рис. 1. Расчёты устойчивости оползня Коли-Алунис (верхний расчёт – с учётом сейсмичности и повышения уровня грунтовых вод, нижний - при стандартных условиях) [3].

Главной особенностью волоконно-оптической системы является возможность не реагировать на удары молний, позволяя оценивать влияние только атмосферных осадков (при сравнении с обычными датчиками разница в перемещениях при грозах с осадками 20 и более мм за сутки составляла до 1 мм) [4]. В целом при осадках более 20 мм средние общие смещения оползня Магуриси (с учётом влияния только атмосферных осадков) составляли 5-6 мм/сут.

Опыт исследования сейсмогенных оползней в Южных Карпатах может оказать значительную помощь при определении морфологических особенностей и механизмов образования оползневых процессов на территории России. Развитие сейсмических толчков в сейсмоактивной зоне Вранча с отголосками доходит до западных и юго-западных регионов Центральной России (на границах с Белоруссией и Украиной), выражаясь интенсивностью землетрясений до 6 баллов по картам ОСР-2015 (Брянская, Курская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская области), что может инициировать оползневой процесс для склонов, находящихся в предельном равновесии.

В качестве примера возникновения сейсмогенного оползня в районах малой сейсмичности можно привести происшествие в Катав-Ивановске (Челябинская область) в сентябре 2018 года, когда после сейсмических толчков в 6 и 5 баллов образовался вязкопластический оползень, протяжённость которого составила 760 м, ширина 40-80 м, глубина захвата пород оползнем 4-6 м [2].

Предположительно оползень спровоцирован землетрясением (афтершоком) интенсивностью в 5 баллов 26.09.2018 после основного толчка в 6 баллов с эпицентром в 5 км от города. При этом по картам ОСР-2015, Катав-Ивановск имеет сейсмичность в 5 баллов по картам А, В и 6 баллов по картам С (такая же сейсмичность от возможных землетрясений на Урале доходит до восточной части Московской области в городах Шатура и Рошаль).

При этом по нормативным документам, связанным с инженерной защитой территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов (СП 116.13330.2012), учёт землетрясений (за исключением особо ответственных сооружений уровня ответственности 1а (гидротехнических, АЭС и т. д.)) начинается только с 7 баллов, при этом минимальные нормированные значения коэффициента устойчивости оползнеопасных (обвалоопасных) склонов (с коэффициентом сочетания нагрузок 0,9) для сооружений 3 уровня ответственности (пониженного) равны 0,99, для 2 уровня (среднего) - 1,035, а для уровня 1б (повышенного) – 1,08 (пункты 5.2.2 и 5.2.3).

Кроме того, значительным показателем, влияющим на интенсивность сейсмического воздействия для оползневой активности, является его длительность. Так, расчётная интенсивность землетрясения может увеличиться на 0,5 балла и более, что наиболее характерно для низкочастотных землетрясений с глубоким очагом, примером которого может являться сейсмоактивная зона Вранча в Восточных Карпатах [1]. Тем самым в пределах Москвы для участков с наиболее неблагоприятными грунтовыми условиями, как, например, в районе восточной части Воробьёвых гор у Андреевской набережной, в которых происходят активные глубинные подвижки в основных деформирующихся горизонтах, представленных средне-верхнеюрскими глинами келловейского и оксфордского ярусов, интенсивность землетрясений с поправкой может превышать 5 баллов (рис. 2).



Рис. 2. Карта Москвы с оценённой по скорректированной шкале с учётом длительности колебаний сейсмической интенсивностью при сценарном землетрясении  $M_w=8,0$  в зоне Вранча [1].

Таким образом, использованные зарубежные методики изучения сейсмогенных оползней в Южных Карпатах (PWRI, автоматизированные системы регистрации перемещений волоконно-оптическими датчиками) определяют на начальных этапах морфологию и механизм оползневого процесса для выбора методов расчёта устойчивости склонов. Показывается, что изучение влияния сейсмических явлений на оползневые процессы необходимо вести и для землетрясений в 5-6 баллов с длительным периодом колебаний грунта для инженерных сооружений 1 и 2 уровня ответственности.

### **Литература**

1. Павленко О.В. Акселерограммы сценарного землетрясения в г. Москва в пунктах с различными грунтовыми условиями // *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2017. № 4. С. 5-28.
2. Спектор С.В., Возжик А.А. Информационная сводка о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации за III квартал 2018 г. М.: Гидроспецгеология, 2018.



3. Constantin M., Trandafir A.C., Jurchescu M.-C., Ciupitu C. Morphology and environmental impact of Coli-Alunis landslide (Curvature Carpathians), Romania // *Environmental Earth Science*. 2010. V. 59. P. 1569-1578.
4. Constantin M., Fujisawa K., Ishida K., Higuchi K., Vlaicu M., Jurchescu M.-C. Digital, automated and optical fiber systems used in displacement measurements of landslides in Romania // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2013. V. 12. P. 2427-2434.
5. Ishida, K., Fujisawa, K., Kojima, S., Tanaka, H. Estimation Method of Slip Surface by Ground Surface Displacement, AGU Fall Meeting, 2007.
6. Varnes D. J. Landslide Hazard Zonation: A Review of Principle and Practice. Paris: UN, 1984.
7. Wollner J., Woschitz H., Brunner F.K. Testing a large fiber optic strain-rosette, embedded in a landslide area, 8th Int. Symp. Field Measurements in Geomechanics, Berlin, Germany, 2011. 18 p.

УДК 624.131.37, 624.131.43, 624.131.439, 624.131.22, 626-313, 626-333

## **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ФИЛЬТРАТА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ ПОЛИГОНА ТКО "СОФРОНЫ"**

**Ишметова Карина Завилевна**

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь,  
e-mail: [kari\\_isha@mail.ru](mailto:kari_isha@mail.ru)*

**Останина Юлия Васильевна**

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
студент 4 курса бакалавриата, г. Пермь,  
e-mail: [yuliaostaninaavrpr@gmail.com](mailto:yuliaostaninaavrpr@gmail.com)*

**Джугунисов Максим Алексеевич**

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
студент 4 курса бакалавриата, г. Пермь,  
e-mail: [maks150494@mail.ru](mailto:maks150494@mail.ru)*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Тихонов. Владимир Павлович

**Аннотация:** в статье приведены результаты исследований физико-механических свойств грунтов основания полигона ТКО «Софроны». В ходе исследования выявилось закономерное ухудшение деформационных свойств глинистого основания полигона ТКО при взаимодействии с фильтратом в сравнении с поверхностными водами.

**Ключевые слова:** полигон ТКО, фильтрат, влажность грунта, деформационные свойства, модуль деформации, коэффициент сжимаемости.

## **INFLUENCE OF SURFACE WATERS AND FILTRATE ON THE DEFORMATION PROPERTIES OF THE CLAY SUBSTRATE OF THE SOLID WASTE LANDFILL «SOFRONA»**

**Karina Ishmetova**

*Perm state national research university, 2<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
e-mail: [kari\\_isha@mail.ru](mailto:kari_isha@mail.ru)*

**Julia Ostanina**

*Perm state national research university, 4<sup>st</sup> year Student, Perm,  
e-mail: [yuliaostaninaavrpr@gmail.com](mailto:yuliaostaninaavrpr@gmail.com)*

**Maxim Dzhuginisov**

*Perm state national research university, 4<sup>st</sup> year Student, Perm  
e-mail: [maks150494@mail.ru](mailto:maks150494@mail.ru)*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Vladimir Tikhonov

**Abstract:** The article presents the results of studies of the physicommechanical properties of the soils at the base of the solid waste landfill «Sofrona». The study revealed a regular deterioration in the strain properties of the clay base of the solid waste landfill when interacting with the filtrate in comparison with surface waters.

**Keywords:** solid waste landfill, filtrate, soil moisture, strain properties, modulus of deformations, compression coefficient.

Свалки и полигоны ТБО являются природно-техногенной системой, способной оказывать негативное воздействие на такие компоненты природной среды, как недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир [5].

Одним из элементов этой природной системы является фильтрат, образующийся в результате химических и биохимических процессов, происходящих в теле полигона. Фильтрат, проходя через защитные глинистый экран, загрязняет природные подземные воды, что подтверждается многочисленными мониторинговыми исследованиями. Однако при проектировании полигонов загрязнение не прогнозируется.

Загрязнение подземных вод может происходить по следующим причинам:

1. В процессе длительной эксплуатации полигона в связи с переувлажнением глинистого экрана и ростом веса складироваемых отходов происходят деформации основания.

2. В результате деформации глинистого основания происходит разрыв защитной пленки, снижается прочность грунтов в условиях их переувлажнения, происходят неравномерные осадки грунта, возникает напорная инфильтрация жидкой фазы отходов.

3. Фильтрат, имея кислую реакцию (рН около 6), нарушает равновесную систему «вода – вмещающая порода», вызывая эпигенетические преобразования глинистого экрана.

4. При воздействии на глинистый экран сильных кислот и оснований, ряда неорганических жидкостей коэффициент фильтрации значительно увеличивается во времени и опасность загрязнения грунтовых вод существенно возрастает, что необходимо учитывать при конструировании экранов [4].

Целью нашего исследования является подтверждение или опровержение влияния фильтрата полигонов ТКО на деформационные свойства глинистого экрана.

Объектом исследований явился суглинок тяжелый пылеватый полутвердый [3], пробы которого были отобраны при бурении мониторинговой скважины в теле полигона ТКО «Софроны». Полигон твердых коммунальных отходов «Софроны» - ближайший функционирующий полигон к г. Перми, расположен по дороге в д. Жебреи.

Также был отобран фильтрат данного полигона и пробы воды в реке Сылва.

Методика исследования. Был проведен стандартный химический анализ пробы фильтрата и поверхностной воды. Согласно результатам исследования, минерализация поверхностных вод составила 426,5 мг/дм<sup>3</sup>, фильтрата – 2803,1 мг/дм<sup>3</sup> [1]. Кроме того, содержание ХПК в фильтрате в 60 раз, а содержание АПАВ в 6 раз больше, чем в пробах воды! Величина ХПК в фильтрате в 60 раз выше, чем в пробах воды. Содержание АПАВ в фильтрате также в 6 раз превышает значения в пробах воды. Это говорит о высокой химической опасности фильтрата при проникновении его в подземные воды.

Было подготовлено два образца грунта, в один из которых равномерно добавлялся фильтрат, в другой вода. Все тщательно перемешивалось, достигалась одинаковая влажность в двух образцах.

Далее для определения основных деформационных характеристик было проведено испытание методом компрессионного сжатия [2] в трехкратном повторении, на влажностях грунта соответственно 18%, 22%, 27%, 33%.

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде таблицы и на сводных графиках зависимости коэффициента сжимаемости и модуля деформации от влажности грунта при взаимодействии с водой и с фильтратом (рис.1, рис.2).

Таким образом, по полученным данным деформационные характеристики грунта при взаимодействии с фильтратом значительно ухудшаются в сравнении с водой (примерно в 2-3 раза).

Что касается коэффициента сжимаемости, наибольшее изменение его значений произошло в интервале влажностей 22-33%. В этом интервале коэффициент сжимаемости грунта, насыщенного фильтратом в 3-4 раза ниже, чем для грунта, насыщенного водой.

Таблица

Значения коэффициента сжимаемости и компрессионного модуля деформации при различной влажности

Реакция грунта с водой			Реакция грунта с фильтратом		
Влажность грунта W, %	Коэффициент сжимаемости, $m_0$	Компрессионный модуль деформации, $E_k$	Влажность грунта W, %	Коэффициент сжимаемости, $m_0$	Компрессионный модуль деформации, $E_k$
18%	0,15	6,45	18	0,36	3,47
22%	0,19	5,24	22	0,66	2,62
27%	0,21	4,26	27	1,00	1,52
33%	0,43	2,69	33	1,26	1,28

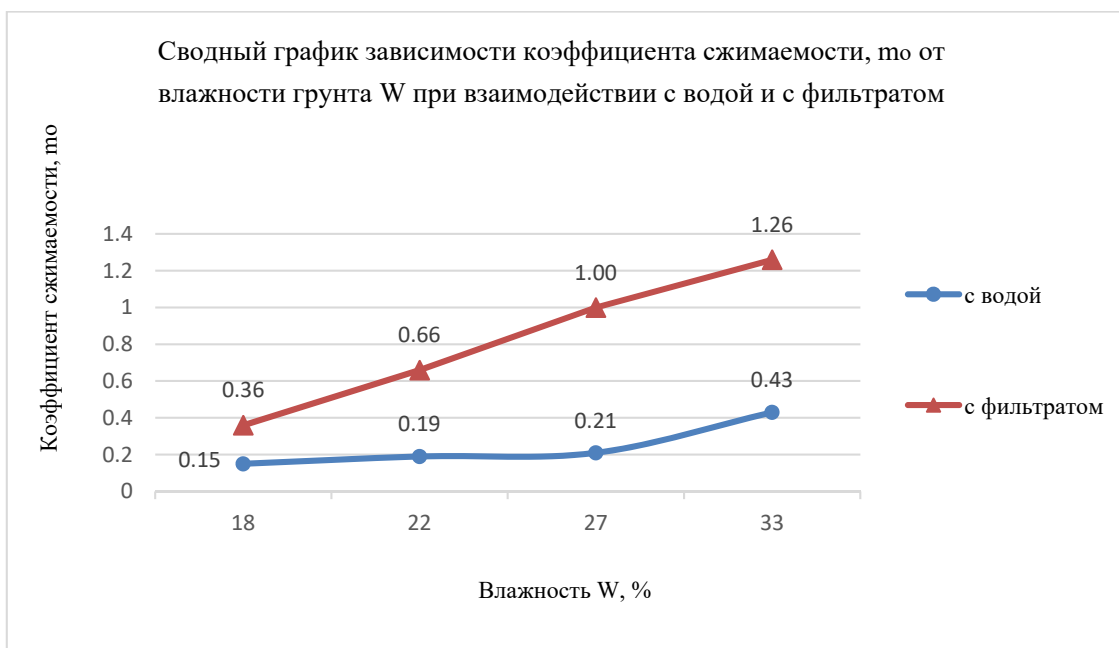


Рис.1 Изменение коэффициента сжимаемости от влажности грунта при взаимодействии с водой и фильтратом.

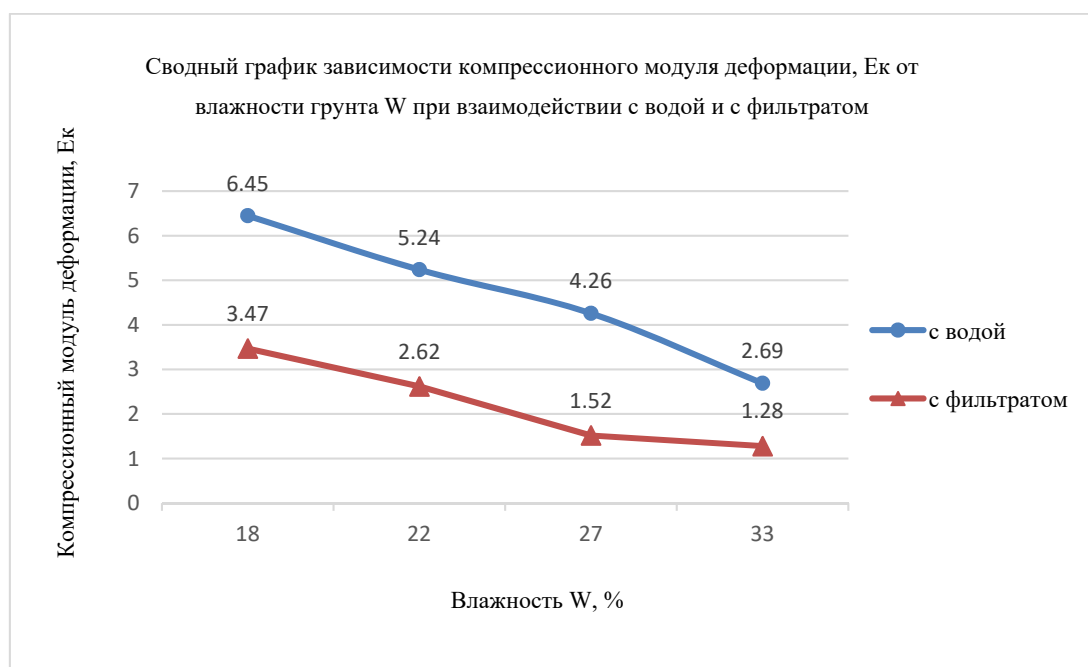


Рис. 2 – Изменение компрессионного модуля деформации от влажности грунта при взаимодействии с водой и фильтратом.

Величина модуля деформации грунта, насыщенного фильтратом, примерно в два раза ниже грунта, насыщенного водой. Наибольшее различие значений наблюдается при влажности 27%.

Таким образом, по итогам проведения исследований удалось получить закономерность, при которой деформационные свойства грунта ухудшаются при попадании его в область полигона с фильтратообразующей жидкостью. Это приводит к химическому разрушению структуры грунта, уменьшению связей между глинистыми частицами в условиях переувлажнения грунтов, дальнейшим неравномерным осадкам и разрыву защитных пленок. Все это способствует повышению проницаемости глинистых грунтов и дальнейшему загрязнению подземных вод.

### ***Литература***

1. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества
2. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости (с Поправкой)
3. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
4. Тагилов М. А. Противофильтрационная защита оснований полигонов захоронения твердых бытовых отходов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук // Пермский государственный технический университет, Пермь, 2002, 166 с.
5. Шаменева Г.Ш. «Исследование фильтрационных вод Самосыровской свалки города Казани как источника загрязнения природной среды».

УДК 624.131.37, 624.131.43, 624.131.439, 624.131.22, 626-313, 626-333

## **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ФИЛЬТРАТА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ ПОЛИГОНА ТКО "СОФРОНЫ"**

***Ишметова Карина Завилевна***

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь,  
e-mail: [kari\\_isha@mail.ru](mailto:kari_isha@mail.ru)*

***Останина Юлия Васильевна***

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
студент 4 курса бакалавриата, г. Пермь,  
e-mail: [yuliaostaninaavrpr@gmail.com](mailto:yuliaostaninaavrpr@gmail.com)*

***Джугинисов Максим Алексеевич***

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
студент 4 курса бакалавриата, г. Пермь,  
e-mail: [maks150494@mail.ru](mailto:maks150494@mail.ru)*

***Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Тихонов. Владимир Павлович***

**Аннотация:** в статье приведены результаты исследований физико-механических свойств грунтов основания полигона ТКО «Софроны». В ходе исследования выявилось закономерное ухудшение прочностных свойств глинистого основания полигона ТКО при взаимодействии с фильтратом в сравнении с поверхностными водами.

**Ключевые слова:** полигон ТКО, фильтрат, влажность грунта, прочностные свойства, сцепление, угол внутреннего трения.

## INFLUENCE OF SURFACE WATERS AND FILTRATE ON THE STRENGTH PROPERTIES OF THE CLAY SUBSTRATE OF THE SOLID WASTE LANDFILL «SOFRONA»

**Karina Ishmetova**

*Perm state national research university, 2<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
e-mail: [kari\\_isha@mail.ru](mailto:kari_isha@mail.ru)*

**Julia Ostanina**

*Perm state national research university, 4<sup>st</sup> year Student, Perm,  
e-mail: [yuliaostaninaavrpr@gmail.com](mailto:yuliaostaninaavrpr@gmail.com)*

**Maxim Dzhuginisov**

*Perm state national research university, 4<sup>st</sup> year Student, Perm  
e-mail: [maks150494@mail.ru](mailto:maks150494@mail.ru)*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Vladimir Tikhonov*

**Abstract:** The article presents the results of studies of the physicommechanical properties of the soils at the base of the solid waste landfill «Sofrona». The study revealed a regular deterioration in the strength properties of the clay base of the solid waste landfill when interacting with the filtrate in comparison with surface waters.

**Keywords:** solid waste landfill, filtrate, soil moisture, strength properties, adhesion, angle of internal friction

Основной проблемой эксплуатации полигонов является загрязнение подземных вод за счет фильтрата. На прилегающей к полигону территории формируется купол растекания этих вод с закономерным замещением природных на антропогенно-преобразованные воды [1]. Фильтрат, образующийся в теле полигона, представляет особую опасность для окружающей среды, т.к. является токсичным раствором.

Загрязнение подземных вод сточными водами полигона в проектной документации не прогнозируется, однако многочисленные результаты мониторинга подтверждают наличие загрязнения подземных вод через несколько лет эксплуатации полигонов.

В связи с этим нами были сформулированы предполагаемые причины загрязнения природных подземных вод фильтратом полигона ТКО:

1. В процессе длительной эксплуатации полигона под увеличивающимся весом отходов и переувлажнения глинистого экрана происходят деформации основания.

2. В результате деформации глинистого основания полигона происходит разрыв защитной пленки, уменьшение сил сцепления в условиях переувлажнения грунтов, неравномерные осадки грунта, возникает напорная инфильтрация жидкой фазы отходов.

3. Фильтрат с выраженной кислой реакцией (рН около 6) в глинистом экране нарушает равновесную систему «вода – вмещающая порода», вызывая эпигенетические преобразования в глине. Глинистые экраны не обеспечивают полную защиту подземных вод от эмиссии растворенных веществ в составе фильтрата;

4. При воздействии на глинистый экран сильных кислот и оснований, ряда неорганических жидкостей коэффициент фильтрации значительно увеличивается во времени и опасность загрязнения грунтовых вод существенно возрастает, что необходимо учитывать при конструировании экранов [5].

Именно поэтому было решено исследовать физико-механические свойства глинистого основания полигона при взаимодействии с фильтратом. на опровержение или подтверждение данных причин.

Объектом исследований явился суглинок тяжелый пылеватый полутвердый [4], отобранный при бурении мониторинговой скважины в теле полигона ТКО «Софроны». Полигон твердых коммунальных отходов «Софроны» - ближайший функционирующий полигон к г. Перми, расположен по дороге в д. Жебреи.

Также был отобран фильтрат данного полигона и пробы воды в реке Сылта.

Методика исследования. Был проведен стандартный химический анализ пробы фильтрата и поверхностной воды. Согласно результатам исследования, минерализация поверхностных вод составила 0,42 г/дм<sup>3</sup>, фильтрата – 2,80 г/дм<sup>3</sup> [2]. Кроме того, содержание ХПК в фильтрате в 60 раз, а

содержание АПАВ в 6 раз больше, чем в пробах воды! Это говорит о высокой химической опасности фильтрата при проникновении его в подземные воды.

Было подготовлено 2 образца грунта, в один из которых равномерно добавлялся фильтрат, в другой вода. Все тщательно перемешивалось, достигалась одинаковая влажность в 2 образцах.

Далее было проведено испытание на сдвиг по схеме консолидированно-дренированного среза [3] в трехкратном повторении, на влажностях грунта соответственно 18%, 22%, 27%, 33%.

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде таблицы и на рисунках. Сводных графиков зависимости удельного сцепления и угла внутреннего трения от влажности грунта при взаимодействии с водой и с фильтратом (рис.1, рис.2)

Таблица

Значения сцепления и угла внутреннего трения грунта при различной влажности

Реакция грунта с водой			Реакция грунта с фильтратом		
Влажность грунта W, %	Сцепление $c$ , кПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Влажность грунта W, %	Сцепление $c$ , кПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °
18%	41	34	18	18,5	32
22%	25	20	22	11,5	18
27%	19	19	27	10,5	9
33%	9	8	33	9,5	4

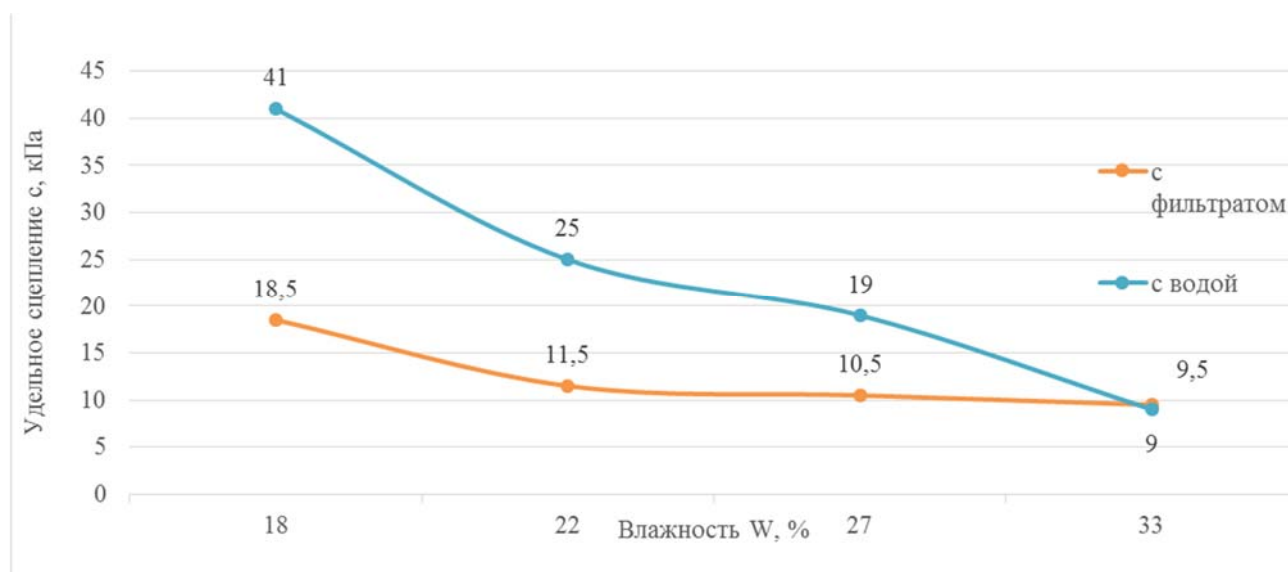


Рис. 1 – Изменение удельного сцепления грунта при различной влажности

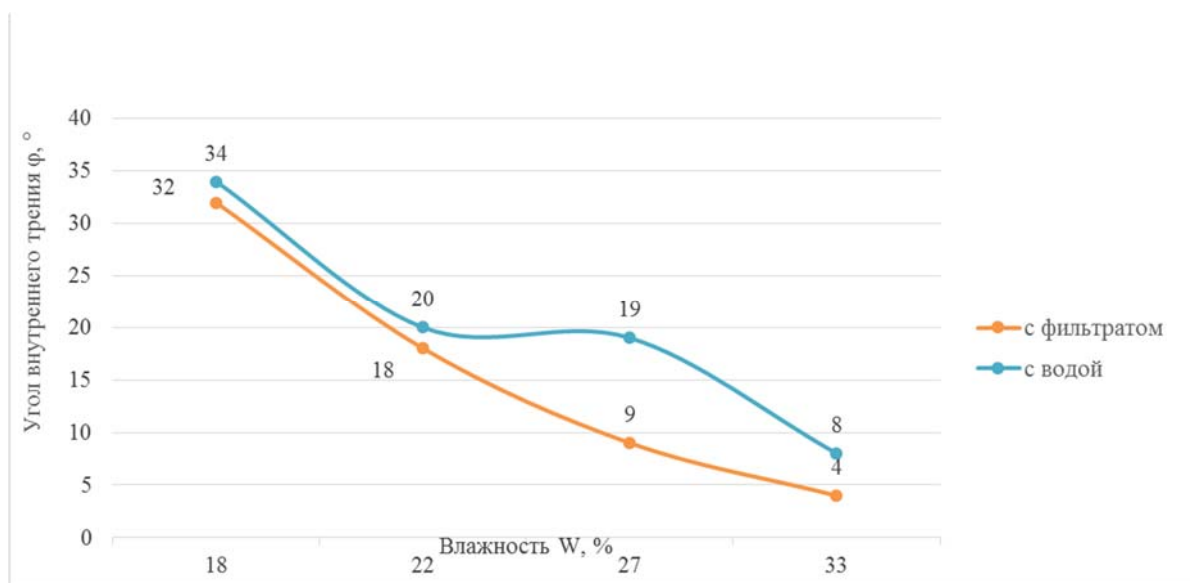


Рис. 2 – Изменение угла внутреннего трения грунта при различной влажности

Таким образом была получена зависимость изменения прочностных характеристик грунта от его влажности при взаимодействии с водой и отдельно с фильтратом. Из таблицы и рисунков видно, что сцепление и угол внутреннего трения резко ухудшаются в грунте при взаимодействии с фильтратом, нежели с водой.

Касаемо сцепления, изменение характеристики произошло в 2 раза в интервале влажности 18-27% в сторону уменьшения. С приближением водонасыщения грунта фильтратом и водой, сцепление остается неизменно.

Угол внутреннего трения также подвергся изменению. В частности, в наибольшей степени показатель ухудшился в грунте при влажности в интервале 27-33% (в 2 раза).

В результате проведения экспериментальных исследований гипотеза была подтверждена. Прочностные свойства грунта ухудшаются при попадании в основание полигона фильтратообразующей жидкости. Это приводит к химическому разрушению структуры грунта, уменьшению сил сцепления в условиях переувлажнения грунтов, неравномерным осадкам и разрыву защитных пленок, следовательно, повышается проницаемость глинистых грунтов, загрязняются подземные воды.

### Литература

1. Выборов С.Г., Лаврушко А.С., Рудченко Е.А., Миняйло Е.Э. Гидрогеохимическая проявленность ореолов техногенного замещения подземных вод в связи с Ларинским полигоном ТБО г. Донецка // Наукові праці ДонНТУ, сер. Гірничо-геологічна, вип. 6(125). 2007. 163 – 169 с.
2. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества
3. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости (с Поправкой)
4. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
5. Тагилов М. А. Противофильтрационная защита оснований полигонов захоронения твердых бытовых отходов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук // Пермский государственный технический университет, Пермь, 2002, 166 с.
6. Куулар А.В. Проблемы утилизации бытовых отходов в республике Тыва. // Выпускная квалификационная работа. Государственная полярная академия, Санкт-Петербург, 2013. - Режим доступа: <https://knowledge.allbest.ru>, свободный.



УДК: 66.541.18.552.52

## ИЗМЕНЕНИЕ СОРБЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА БЕНТОНитОВОЙ И КАОЛИНОВОЙ ГЛИНАМИ, ОБРАБОТАННЫХ ДАВЛЕНИЕМ

**Трушков Арсений Юрьевич**

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,  
студент 3 курса геологического факультета 2017-2021, г. Пермь  
e-mail: at\_kasp14@mail.ru*

**Анюхина Анна Викторовна**

*Пермский Национальный Исследовательский политехнический Университет,  
Аспирант 1 курса горно-нефтяного факультета 2019-2022, г. Пермь  
anuhina.com@gmail.com*

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор, **Середин Валерий Викторович**

**Аннотация:** Исследованы закономерности изменения сорбционных свойств Курганской бентонитовой и Челябинской каолиновой глин. Установлено, что техногенная обработка каолиновой и бентонитовой глин давлением разнонаправленно влияет на их сорбционную активность по водяному пару. Это связано, с одной стороны, с изменениями дефектности структуры породообразующих минералов каолинит и монтмориллонит, а, с другой стороны, - особенностями строения кристаллической решетки этих минералов.

**Ключевые слова:** глина, каолинит, бентонит, сорбция, связанная вода.

## CHANGE OF SORPTION OF WATER STEAM BY BENTONITE AND KAOLIN CLAY, PROCESSED BY PRESSURE

**Arseniy Trushkov,**

*Perm State University, 3<sup>rd</sup> year Student, Perm,  
e-mail: at\_kasp14@mail.ru*

**Ann Anjuhina,**

*Perm National Research Polytechnic University, 1<sup>st</sup> year Aspirant, Perm  
e-mail: anuhina.com@gmail.com*

**Research Supervisor:** Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, **Valeriy Seredin**

**Abstract:** A studying of sorbtion regularities for Kurgan Kaolin and Chelyabinsk Bentonite. The results show that a technogenic processing of kaolin and bentonite clays with pressure in different directions affects their sorption activity in water vapor. This is due, on the one hand, to changes in the defective structure of rock-forming minerals kaolinite and montmorillonite, and, on the other hand, to structural features of the crystal lattice of these minerals.

**Keywords:** clay, kaolin, bentonite, sorbtion, bound water.

**Актуальность.** Глины являются природным материалом, который применяется в строительстве, керамике и фармацевтике. Поверхность глинистых частиц является энергетически активной. Поэтому в промышленности глины широко используются в качестве сорбентов [1,4]. Для повышения сорбции глин их обрабатывают кислотами, щелочами, УФ, ультразвуком, давлением и другими способами [2,3,6].

Вопросам формирования физико-химических свойств глин, обработанных высоким давлением занимались Франк-Каменецкий В.А., Котов Н.В., Гойло Э.А., Середин В.В, Медведева Н.А, Ситева О.С. [2,3,5]. Так, в работе [2] исследовано влияние давления на сорбционную активность глин. В [3] представлены данные по изменению состава и структуры, а в [5] – данные по адгезионной способности глин, подверженных давлению.

Однако, вопросы оценки сорбционных свойств глин, обработанных давлением, изучены недостаточно полно. Поэтому **целью работы** является исследование закономерностей изменения сорбционных свойств бентонитовой и каолиновой глин, подверженных давлению.

**Объектами исследования** стали Курганская бентонитовая глина и Челябинская каолиновая глина. По результатам рентгеноструктурного анализа каолиновая глина содержит: каолинит (76,7%), монтмориллонит (15,6%), кварц (7,7%). Бентонитовая глина содержит: монтмориллонит (81,1%), каолинит (0,8%), гидрослюда (0,8%), кварц (14,1%), плагиоклазы (1,9%), калиево-полевые шпаты (0,4%), кальцит (0,9%) [3].

**Методика.** Экспериментальная часть исследования проходила поэтапно. На приборе высокого давления, по методике [2] было изготовлено по 26 образцов каолиновой и бентонитовой глин, обработанных давлениями от 10 до 800 МПа. Затем из образцов изготавливались 2 группы проб: В первую группу вошли пробы глин, адсорбирующие воду из воздуха. Для этого бюксы с пробами выдерживали в комнате с относительной влажностью воздуха  $\varphi=30\%$  в течении 2 суток. Во вторую группу вошли пробы глин, адсорбирующие водяной пар. Для этого бюксы с пробами помещали в эксикатор и выдерживали в нём в течение 7 дней. Дно эксикатора было заполнено водой, относительная влажность воздуха в нем составляла  $\varphi=82\%$ . Пробы, насыщенные парами воды, высушивались в муфельной печи ПМ-10, при температуре  $150^{\circ}\text{C}$  до постоянного веса. Затем определялась сорбция глин по зависимости:

$$A = m_v / m_{\text{сг}}, \text{ мг/г} \quad (1)$$

где:  $m_v$ -масса воды, мг;  $m_{\text{сг}}$ - масса сухого грунта, г.

**Результаты исследований.** Влияние давления на адсорбцию паров воды каолиновой и бентонитовой глинами, при относительной влажности воздуха  $\varphi=30\%$  (гигроскопической воды) приведены на рисунке 1.

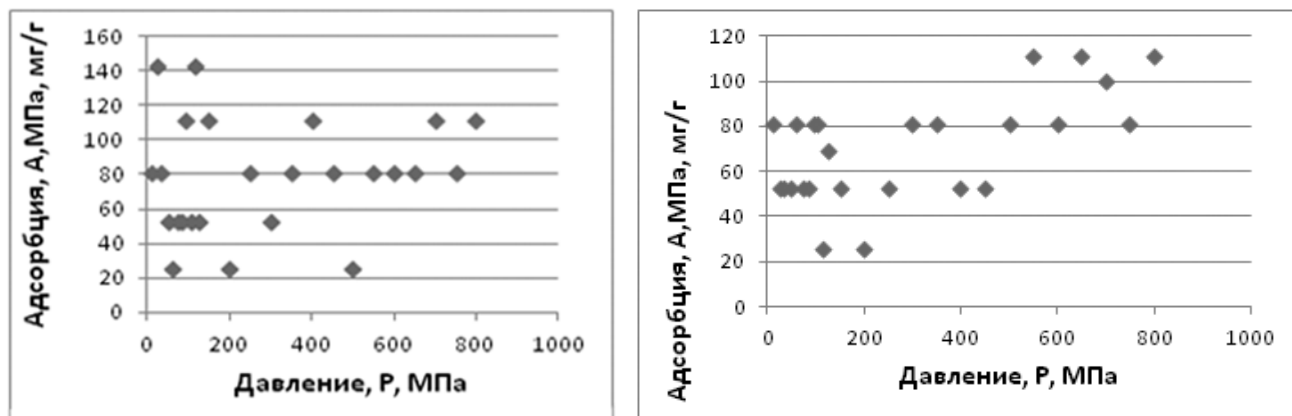


Рис. 1. Влияние давления на адсорбцию паров воды каолиновой (слева) и бентонитовой (справа) глинами, при относительной влажности воздуха  $\varphi=30\%$ .

Из рисунка видно, что в каолиновой глине выявить влияние давления на сорбцию гигроскопической воды достаточно сложно. Об этом свидетельствует высокая дисперсия показателя  $A$  с ростом давления до 800 МПа.

Для бентонитовой глины, с увеличением давления до 150-200 МПа сорбционная активность падает с  $A=80 \text{ мг/г}$  до  $A=25 \text{ мг/г}$ , а с увеличением давления до 800 МПа сорбция глины возрастает до  $A=110 \text{ мг/г}$ .

Таким образом, как для каолиновой, так и для бентонитовой глин показатели сорбции гигроскопической воды, значительно не отличается друг от друга и, в среднем, составляют  $A=80 \text{ мг/г}$ . Отсюда следует, что строение кристаллической решетки минералов каолинит (двухлистное) и монтмориллонит (трехлистное) не оказывает существенного влияния на сорбцию паров воды при относительной влажности воздуха  $\varphi=30\%$ .

На рисунке 2 приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию давления на адсорбцию паров воды каолиновой и бентонитовой глин при относительной влажности воздуха  $\varphi=82\%$ .

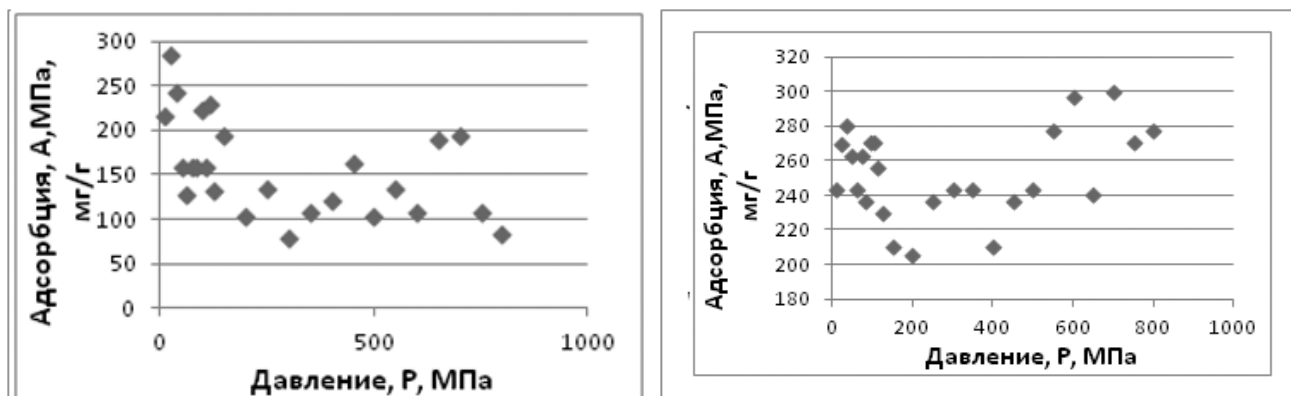


Рис. 2. Влияние давления на адсорбцию паров воды каолиновой (слева) и бентонитовой (справа) глинами, при относительной влажности воздуха  $\phi=82\%$ .

Из рисунка 2 видно, что адсорбция каолиновой глины, при обработке ее давлением до 150-200 МПа, снижается с  $A=280$  мг/г до  $A=120$  мг/г и, в среднем, составляет  $A=200$  мг/г. При увеличении давления до  $P=800$  МПа сорбционная активность глины практически не изменяется и составляет в среднем  $A=130$  мг/г.

В бентонитовой глине наблюдается иная закономерность, с увеличением давления до 150-200 МПа, сорбция снижается с  $A=280$  мг/г до  $A=210$  мг/г и, в среднем, составляет  $A=240$  мг/г. При увеличении давления до  $P=800$  МПа сорбционная активность глины возрастает до  $A=300$  мг/г и составляет в среднем  $A=260$  мг/г.

**Закключение.** Экспериментальные исследования показали, что обработка каолиновой и бентонитовой глин давлением оказывают разнонаправленное влияние на их сорбционную активность по водяному пару. Это обусловлено, с одной стороны, изменениями дефектности структуры порообразующих минералов каолинит и монтмориллонит, а, с другой стороны, особенностями строения кристаллической решетки этих минералов.

### Литература

1. Балыкин В.П., Ефремова О.А., Булатов А.В. Адсорбция метиленового синего и метанилового желтого на углеродной поверхности. // *Вестник Челябинского государственного университета*, 2004, С. 46-54.
2. Медведева Н.А., Ситева О.С., Середин В.В. Сорбционная способность глин, подверженных сжатию // *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2018. Т.18. №2. С. 118–128. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.4.2
3. В.В. Середин, А.В. Растегаев, Н.А. Медведева, Т.Ю. Паршина // Влияние давления на площадь активной поверхности частиц глинистых грунтов/ *Инженерная геология*. 2017. № 3. С. 18-27. DOI: 10.25296/1993-5056-2017-3-18-27.
4. Соколова Т.А., Трофимов С.Я. Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен: учебное пособие по некоторым главам химии почв. – Тула: Гриф и К, 2009. – 172 с.
5. Федоров М.В., Лунегов И.В., Медведева Н.А., Леонович М.Ф., Растегаев А.В. Изменение сил адгезии на поверхности частиц при обработке монтмориллонитовой глины высоким давлением. // *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело*, 2019, С. 26-38.
6. Lotfi Mouni, Lazhar Belkhiri, Jean-Claude Bollinger, Abdelkrim Bouzaza, Aymen Assadi, Amar Tirri, Farid Dahmoune, Khodir Madani, Houcine Remini. Removal of Methylene Blue from aqueous solutions by adsorption on Kaolin: Kinetic and equilibrium studies. // *Applied Clay Science, Elsevier B.V.*, 2017, P. 38-44.

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

***РАЗДЕЛ 7:***

***Проблемы ресурсов, динамики и  
охраны подземных вод***

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

***Section 7:***

***Problems of resources, dynamics  
and protection of groundwater***

УДК 556

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ ВОД ПРИ ОБОСНОВАНИИ ВОЗМОЖНОСТИ ДОБЫЧИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ППД

*Колотыгин Глеб Сергеевич*

*Пермский государственный научный исследовательский университет,  
студент 3 курса, г. Пермь  
e-mail: k.glebron9@mail.ru*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Ерофеев Евгений Александрович*

**Аннотация:** В статье производится оценка совместимости нефтяных пластовых и пресных технических вод, основанная на расчётах по отложению гипса и карбоната кальция для Яснополянского нефтяного месторождения Оренбургской области. После проведения моделирования недропользователю даются рекомендации для организации системы поддержания пластового давления (ППД).

**Ключевые слова:** ППД, солевое равновесие, отложения гипса, карбонатная совместимость, коэффициент пересыщения, ионная сила, нефть, водоподготовка.

## MODELING AND ASSESSMENT OF FORMATION WATER COMPATIBILITY WHEN JUSTIFYING THE POSSIBILITY OF UNDERGROUND WATER EXTRACTION FOR THE PURPOSES OF MAINTENANCE OF RESERVOIR PRESSURE

*Kolotygin Gleb*

*Perm State National Research University,  
3<sup>rd</sup> year student, Perm  
e-mail: k.glebron9@mail.ru*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Yevgeny Erofeev*

**Abstract:** The article evaluates the compatibility of oil reservoir and fresh industrial waters based on calculations for the sediments of gypsum and calcium carbonate for the Yasnopolyansky oil deposit in the Orenburg region. After modeling, the subsurface user is given recommendations for the organization of the reservoir pressure maintenance system.

**Keywords:** maintenance of reservoir pressure, salt balance, gypsum sediment, carbonate compatibility, supersaturation coefficient, ionic strength, oil, water treatment.

Обоснование совместимости вод особенно важно и актуально на поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ, поскольку именно на начальных этапах должен быть получен принципиальный ответ о правильности выбора целевого водоносного горизонта и решен вопрос о необходимости водоподготовки.

Открытое в 2015 году Яснополянское нефтяное месторождение расположено в Российской Федерации, на территории Оренбургской области. Относится к разведываемым. В процессе разработки зафиксировано падение начального пластового давления на 56% с 53,7 Мпа до 23,6 Мпа. С целью компенсации давления недропользователь принял решение, дальнейшее освоение производить при помощи системы поддержания пластового давления (ППД). В качестве агента заводнения технологическим проектом обосновано использование подземных вод верхнеплиоценового (N<sub>3</sub>) водоносного комплекса Яснополянского месторождения подземных технических вод.

В геологическом строении участка работ выделяют отложения триасового, юрского, неогенового и четвертичного возрастов. Плиоценовые отложения неогена выполняют переуглубленную палеодолину р.Кинделя. Верхнеплиоценовые образования залегают на глубине 22,0-68,0 м, к ним приурочен N<sub>3</sub> водоносный комплекс, который представлен глинами, песками с галькой, прослоями але-

ритов и песчаников. Водовмещающими породами являются пески и гравийные отложения. Мощность комплекса изменяется от 23,0 до 250,0 м. Водообильность хорошая, так как водосодержащие породы малоглинистые и имеют выдержанную мощность.

Моделирование совместимости пресных технических вод  $N_3$  комплекса и пластовых вод производилось на основании расчётов по склонности смесей к отложению гипса и карбоната кальция.

Таблица 1

Результаты химических анализов пресных технических ( $N_3$ ) и пластовых ( $D_{ef}$ ) вод (мг/дм³)

	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Ca	Mg	Na	М, г/дм³	ρ, г/см³	pH, ед.
$N_3$	280,6	100,4	131,3	16	9,7	197,6	0,7	1	8,1
$D_{ef}$	195,2	1978,49	125673,79	3807,6	972,8	76348,27	209	1,142	3,5

Расчёты производились согласно методикам ВНИИСПТнефть и РД 33-30-1214-84. Первая применяется для качественной оценки вероятности выпадения сульфата кальция, вторая – для качественного и количественного определения осадка карбоната кальция.

Склонность смесей вод к отложению гипса определялась с помощью следующих уравнений:

(1)-модифицированное уравнение Дебая-Хюккеля из теории сильных электролитов, где  $\gamma$  - коэффициент активности сульфата кальция;  $[Cl]$ ,  $[Na]$ ,  $[Mg]$  – концентрации соответствующих ионов в воде в г-ион/дм³;  $m$ -ионная сила раствора в г-ион/дм³, вычисляемая непосредственно через концентрации ионов в мг/дм³ по уравнению (2). Для перевода концентрации ионов в г-ион/дм³ использовалось произведение (3), где  $G$ -концентрация иона в мг-экв/дм³;  $Z$ -модуль заряда иона.

$$\lg \gamma = -\frac{2,026\sqrt{m}}{1 + 1,1\sqrt{m}} + 0,0362[Cl] + 0,0455[Na] + 0,05[Mg] \quad (1)$$

$$m = 0,0005 \times (0,016[HCO_3] + 0,042[SO_4] + 0,028[Cl] + 0,1[Ca] + 0,17[Mg] + 0,043[Na]) \quad (2)$$

$$(G/Z) \times 0,001 \quad (3)$$

После определения  $\gamma$ , через уравнение (4) рассчитывалась равновесная концентрация гипса в воде в мг-экв/дм³, которая в дальнейшем использовалась для нахождения коэффициента пересыщения по уравнению (5), где  $[CaSO_4]$ -фактическая концентрация гипса в воде, равная концентрации того иона  $Ca^{2+}$  или  $SO_4^{2-}$ , который присутствует в меньшем количестве в мг-экв/дм³.

$$[CaSO_4]_p = \frac{121}{[Ca]} \quad (4)$$

$$J = \frac{[CaSO_4]}{[CaSO_4]_p} \quad (5)$$

В уравнении (4)  $[Ca]$ - концентрация ионов кальция должна быть заменена на значение концентрации сульфат-ионов, в случае преобладания последних.

Возможность отложения  $CaCO_3$  рассчитывалась по методике определения карбонатной совместимости вод нефтяных месторождений Волго-Уральского района РД 33-30-1214-84 с определением концентрации свободной углекислоты через значение pH.

Умножением концентраций ионов в г-ион/дм³ на коэф. перевода из молярных ед. в моляльные -  $K_m$ , вычисляемого по уравнению (6), где  $M$ -общее содержание в воде солей (г/дм³), а  $\rho$ -плотность воды, производился перевод концентраций в г-ион/1000 г  $H_2O$ . Далее по приложению №5 в РД определялось истинное значение pH воды при данной ионной силе раствора. По приложению №6 через pH находилась начальная активная концентрация ионов водорода  $a_{H^+}$ . Значение концентрации свободной углекислоты в г-моль/дм³ рассчитывалось по уравнению (7), где  $[HCO_3^-]$  - начальная (фактическая) концентрация гидрокарбонат-иона в г-ион/1000 г  $H_2O$ ;  $K_a$ - константа, определяемая по ионной силе раствора согласно приложению №5. Затем вычислялись равновесные концентрации  $[HCO_3^-]_p$  и  $[CO_3^{2-}]_p$  в г-ион/дм³, по уравнениям (8) и (9) соответственно. После этого проверялось выполнение двух

условий карбонатной совместимости смеси вод: 1)  $[HCO_3]_H - [HCO_3]_P \leq 0$  (начальная концентрация бикарбонатов в смеси не превышает их равновесной концентрации) 2)  $[CO_2]_H - [CO_2]_P \geq 0$  (начальная концентрация свободной углекислоты не меньше ее равновесной концентрации).



Рис. 1 Коэффициент пересыщения гипсом пластовых вод Яснополянского месторождения нефти

$$K_{\pi} = 1000 / (1000\rho - M) \quad (6)$$

$$[CO_2] = [HCO_3] \times \alpha_H \times K_A \quad (7)$$

$$[HCO_3]_P = \frac{-\gamma_H + \sqrt{\gamma_H^2 + 4 \times d \times g}}{2 \times d} \quad (8)$$

$$[CO_2]_P = K_{CO_2} \times [Ca] \times [HCO_3]_P^2 \times K_{\pi} \quad (9)$$

где  $\gamma_H$  - коэффициент активности ионов водорода находимый по приложению РД №5

$d$  - определяется по уравнению (10), где  $[Ca]$  - концентрация иона кальция в г-ион/1000 г  $H_2O$ ;  $K_B$  - коэффициент находимый по приложению №6;  $K_{\pi}$  - находили ранее.

$g$  - определяется по уравнению (11), где  $[HCO_3]_H$  - начальное содержание в смеси ионов  $HCO_3$  в г-ион/дм<sup>3</sup>;  $[CO_2]_H$  - начальное содержание в смеси свободной углекислоты в г-моль/дм<sup>3</sup>.

$K_{CO_2}$  - величина, находимая по приложению №5

$$d = 2 \times [Ca] \times K_B \times K_{\pi} \quad (10)$$

$$g = ([HCO_3]_H + 2 \times [CO_2]_H) \times \gamma_H \quad (11)$$

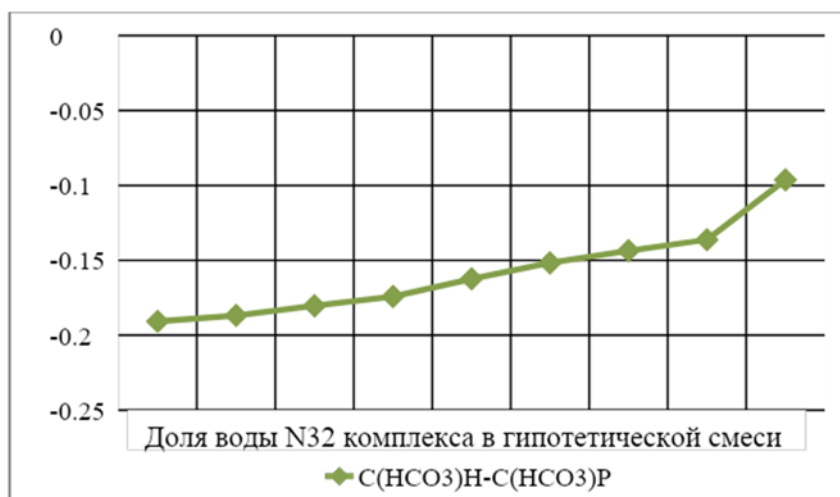


Рис. 2 Первое условие карбонатной совместимости  $[HCO_3]_H - [HCO_3]_P \leq 0$



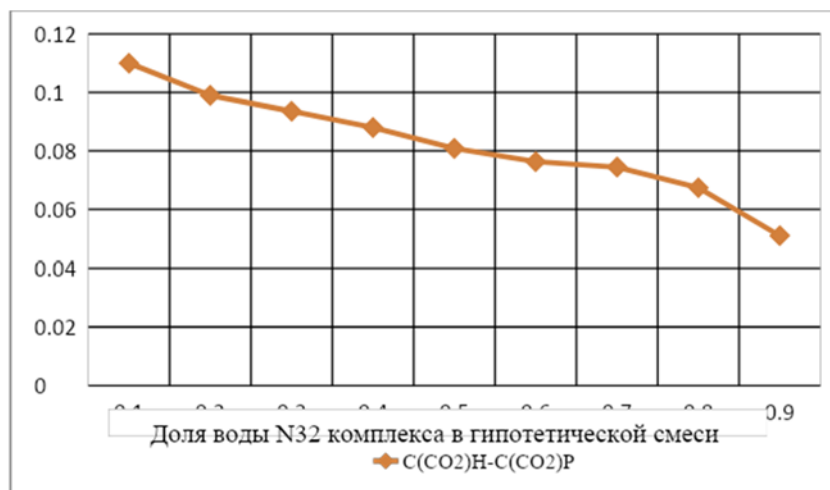


Рис. 3 Второе условие карбонатной совместимости  $[CO_2]_H - [CO_2]_P \geq 0$

**Закключение.** На основании проведенных исследований был сформулирован основной вывод - при использовании в системе ППД Яснополянского месторождения нефти пресных технических вод N<sub>32</sub> комплекса тенденция образования осадков сульфата кальция и карбоната кальция во всех случаях смешиваемых жидкостей (от 1:9 до 9:1) не наблюдается. Это обусловлено исходным соотношением анионно-катионного состава смешиваемых вод: пластовые воды заводняемого объекта в избытке содержат ион кальция, а целевого горизонта сульфат-ион, а также низкой минерализацией подземных вод верхнеплиоценового горизонта, что способствует разбавлению рассолов. На данном этапе исследований, можно говорить о хорошей химической совместимости смешиваемых вод, образование осадков не прогнозируется, мероприятия по ингибированию не требуются.

#### Литература

1. В.А. Панов, А.А. Емков, Г.Н. Позднышев // Оценка склонности пластовых вод к отложению гипса в нефтепромысловом оборудовании *Нефтяное хозяйство*. 1980 г. №2. С. 39-40.
2. РД 39-30-1214-84 Методика определения карбонатной совместимости вод нефтяных месторождений Волго-Уральского района (для условий сбора, подготовки и утилизации промышленных вод).
3. Зайдельсон М.И., Чистовский А.И., Барс А.Е., Дружинина А.В, Гаттенбергер Ю.П // Гидрогеологические условия формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений Волого-Уральской области. М. «Недра», 1973, 280 с.

УДК 556

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА СКРУ-3 ВЕРНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

**Жуланов Глеб Станиславович**

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,  
студент 3 курса, Г. Пермь

e-mail: Zhulanov.gleb@mail.ru

**Научный руководитель:** доцент Минькевич Ирина Игоревна

**Аннотация:** рассмотрены гидрологическая обстановка и гидрогеологические условия района СКРУ-3 Верхнекамского месторождения солей

**Ключевые слова:** гидрогеология, водоносные горизонты, Верхнекамское месторождение солей, гидрохимия подземных вод

## HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE AREA SCRU-3 OF VERKHNEKAMSKOE SALT DEPOSIT

**Gleb Zhulanov**

*Perm State National Research University, 3st year Student*

*e-mail: [Zhulanov.gleb@mail.ru](mailto:Zhulanov.gleb@mail.ru)*

*Research Supervisor: Reader Irina Minkevich*

**Abstract:** the hydrological situation and hydrogeological conditions of the area SCRU-3 of the Verkhnekamsky salt Deposit are considered

**Keywords:** hydrogeology, water horizons, Verkhnekamskoe Salt Deposit, hydrochemistry of the underground waters

В основу оценки гидрогеологических условий шахтного поля СКРУ-3 положены данные, полученные при проведении разведочных, инженерно-гидрогеологических и специальных научно-исследовательских работ.

Северная часть участка приурочена к долине р. Усолки, пересекающей территорию в широтном направлении и являющейся основной водной артерией площади. Большая часть участка характеризуется низинным рельефом, с абсолютными отметками  $+(115,0-125,0)$  м. Земная поверхность повышается от поймы реки в северном, северо-западном и юго-восточном направлениях до отметок  $+150,0$  м. Борта речной долины пологие, правобережная пойма заболочена, русло р. Усолки сильно меандрирует.

Помимо р. Усолки гидрографию участка представляют два ее левобережных притока: река Селянка и ручей Архангельский Лог, в верховьях которого размещено шламохранилище долинно-поверхностного типа. Вблизи ручья Архангельский Лог на месте старого карьера образовалось техногенное озеро, имеющее гидравлическую связь с р. Усолкой.

Режим рек характеризуется высоким весенним половодьем (с подъемом уровня на  $0,5-1,0$  м), летне-осенними паводками и длительной, устойчивой зимней меженью. Среднегодовой расход р. Усолки для данного отрезка ее течения составляет  $2,0-4,0$  м<sup>3</sup>/с.

Центральная и южная части шахтного поля СКРУ-3 приурочены к гипсометрически приподнятой территории, представляющей всхолмленную равнину, расчлененную эрозионными врезами. Абсолютные отметки поверхности от  $150,0$  м в долинах водотоков до  $175,0-220,0$  м и более на возвышенностях. Основные водотоки представлены верховьями реки Селянки и ручья Студеный. Долины имеют подвешенный характер, большинство водотоков – временный режим.

В гидрогеологическом строении ВКМКС принимают участие два гидрогеологических этажа – верхний (надсолевой) и нижний (подсолевой). Они разделены соляной толщей, которая является региональным водоупором. В самой толще отмечается небольшое количество рассолов, относимых к внутрисолевым водам.

В составе надсолевого водоносного комплекса шахтного поля выделяются следующие основные водоносные горизонты: четвертичных отложений, шешминский, верхнесоликамский, нижнесоликамский.

В силу геолого-структурных и геоморфологических особенностей строения, гидрогеологические условия северной части участка значительно отличаются от условий остальной части территории шахтного поля.

На севере участок характеризуется высокой обводненностью пород надсолевого комплекса. По данным гидрогеологического опробования надсолевых отложений суммарным интервалом, удельные дебиты скважин в долине реки составляют  $3-4$  л/с при водопроницаемости пород  $400-600$  м<sup>2</sup>/сутки (скв.223). На отдельных участках удельные дебиты скважин могут достигать  $23-78$  л/с, а водопроницаемость пород – несколько тысяч м<sup>2</sup>/сутки (скв.224, 231, 296).

В пределах участка развиты все перечисленные водоносные горизонты.

Водоносный горизонт четвертичных отложений представлен обводненными аллювиальными, делювиальными и элювиальными образованиями четвертичного возраста, средней мощностью  $10$  м. Наиболее водообильными являются песчано-гравийные отложения с дебитами от  $0,1$  до  $5$  л/с. Слабо водообильными являются моренные отложения, покровные суглинки и элювиально-делювиальные наносы. Воды аллювиальных отложений также достаточно обильны, коэффициент фильтрации колеблется от  $2,5$  до  $4,5$  м/сут, в крупнозернистых песках он достигает  $70$  м/сут, а в суглинках снижается до  $0,2$  м/сут. Состав вод гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией  $0,4-0,6$  г/л.

Шешминский водоносный горизонт приурочен к отложениям пестроцветной толщи. Водовмещающими породами являются алевролиты, песчаники и аргиллиты. Наиболее водообильны песчаники и алевролиты, особенно в зонах повышенной трещиноватости, аргиллиты на отдельных участках являются водупорами. Мощность водосодержащих прослоев составляет 1-3 м, они образуют локальные водоносные линзы, иногда с напорными водами.

Питание водоносного горизонта происходит через четвертичные отложения. По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу с минерализацией 0,2-0,3 г/л.

Верхнесоликамский водоносный горизонт приурочен к отложениям терригенно-карбонатной толщи и является основным коллектором пресных подземных вод. Водовмещающими породами являются известняки, мергели, песчаники и тонкослоистые алевролиты.

Воды горизонта напорные, гидравлически связанные с выше- и нижележащими отложениями. Отложения отличаются непостоянством фильтрационных свойств из-за разнообразия литологического состава и разной степени трещиноватости пород. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,25 до 40 м/сут, в местах разгрузки дебиты источников этих вод составляют 5,5-11,2 л/сек, минерализация 0,2-0,5 г/л. Подземные воды по составу гидрокарбонатно-кальциево-магниевого и гидрокарбонатно-кальциево-сульфатные.

Нижнесоликамский водоносный горизонт развит в породах соляно-мергельной толщи. Наиболее водообильными являются мергели верхней части соляно-мергельной толщи (СМТ). Средняя и нижняя части толщи, сложенные в основном мергелистыми загипсованными глинами, обводнены слабо. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,02 до 0,5 л/сек, коэффициент фильтрации составляет от долей до 21 м/сут.

Химический состав вод СМТ отвечает ее промежуточному положению между соляной толщей и толщей водообильных известняков, из которой водоносный горизонт подпитывается. В верхней части чаще воды пресные гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,25 до 7 г/л, ниже они сменяются сульфатно-кальциево-магниевыми (0,8-12,2 г/л) и хлор-натриевыми рассолами с минерализацией до 320,0 г/л.

Внутрисолевые воды представлены седиментационными рассолами, находящимися в физико-химическом равновесии с вмещающими породами. Истечение рассолов происходит в виде увлажнения стенок выработок, капелей, кратковременных выбросов, высачивания, различных форм высаливания. Капельные выделения фиксируются при бурении шпуров и подземных скважин.

Подсолевые воды. Нижний гидрогеологический этаж ВКМКС включает 6 водоносных комплексов: нижнепермско-верхнекаменноугольный карбонатный (Р<sub>1</sub>-С<sub>3</sub>), московский (С<sub>2m</sub>), башкирско-верхневизейский (С<sub>2b</sub>-С<sub>1v3</sub>), средне-нижневизейский терригенный (С<sub>1v2-1</sub>), турнейско-верхнедевонский - карбонатный (С<sub>1t</sub>-D<sub>3</sub>) и верхне-среднедевонский терригенный (D<sub>3</sub>-D<sub>2</sub>). В подсолевых комплексах преобладают воды натрий-кальциевого и кальций-натриевого геохимического типа с минерализацией 200-290 г/л, они обогащены бромом (2,4 г/л) и редкими щелочными металлами. Подсолевые воды не оказывают влияние на отработку месторождения.

Рудничные рассолы. Воды техногенного происхождения представлены закладочными и конденсационными (вентиляционными) рассолами. Конденсационные рассолы в соляных рудниках образуются в результате взаимодействия влаги, выделяющейся из воздуха, с соляными породами. Влага, поступающая с воздухом в рудник, является слабоминерализованной и активно воздействует на различные соляные породы (Трупаков, 1961; Медведев, 1970). Наиболее ярко результаты этого взаимодействия проявляются в карналлитовых выработках. На ряду с образованием конденсационных рассолов, наблюдается частичное растворение поверхности целиков, формирование вторичных минеральных образований. Химический состав рассолов обусловлен минеральным составом солей, вскрытых горными выработками. Минерализация насыщенных рассолов достигает 405 г/л при удельном весе 1,336.

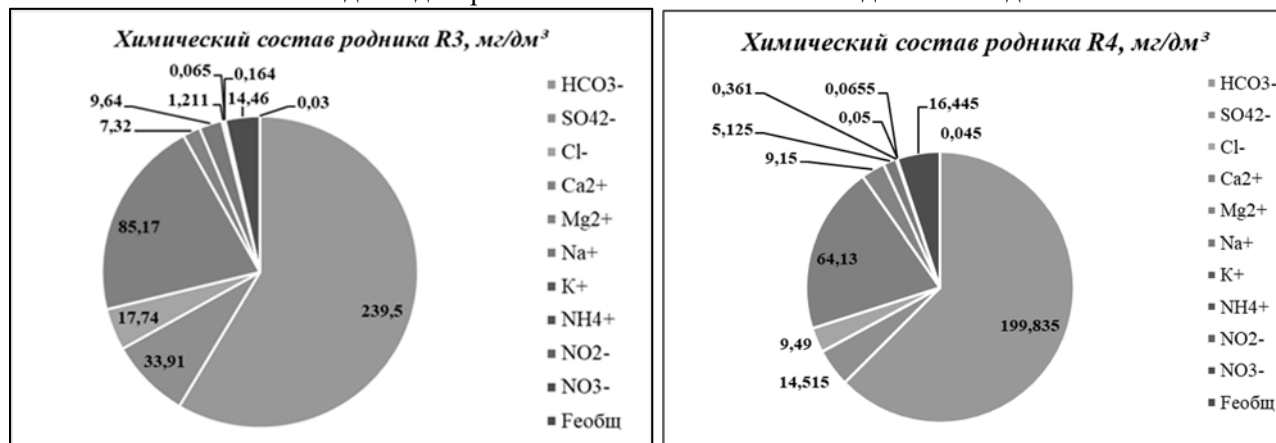
Закладочные рассолы. Влага, поступающая в рудник вместе с применяемыми при закладке выработанного пространства отходами переработки солей и отжимающаяся в процессе уплотнения закладочного материала в горные выработки, формирует закладочные рассолы.

При закладке карналлитовых выработок объем образующихся рассолов обусловлен содержанием влаги в закладочном материале и количеством последнего составляет для Первого Соликамского калийного рудника 1400-16000 м<sup>3</sup>/год. В горных выработках Первого Березниковского калийного в связи с повышенной влажностью отходов, среднегодовой прирост рассолов от закладки карналлитовых камер может достигать 30 000 м<sup>3</sup>. Отжимающиеся рассолы в связи с недонасыщением по MgCl<sub>2</sub> частично растворяют карналлит, образуя участки с пониженной несущей способностью, которые представляют скелет из мелкозернистых кристаллов хлоридов натрия и калия и нерастворимых

остатков выщелачивания. Одновременно освобождается значительное количество кристаллизационной воды.

При закладке сильвинитовых выработок, которая производилась на Первом Березниковском калийном руднике, формирующиеся рассолы оказывали в основном механическое воздействие на соляные породы. Наблюдались случаи фильтрации остаточных рассолов по трещинам через целики и межпластовую соль в соседние и нижепройденные горные выработки. Увлажнение глинистых прослоек также отрицательно сказывается на механической прочности сильвинитовой породы.

Сводные диаграммы химического состава подземных вод



В данном районе были обследованы родники, пробы которых отбирались на химический состав в августе и октябре 2010 г. Выявлены следующие закономерности химического состава вод надсолевого водоносного комплекса.

1. Водоносный локально-слабоводоносный четвертичный аллювиальный горизонт. Родник R3 расположен на правом берегу р.Усолки в окрестностях н.п. Харюшино. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,41 г/дм³. Выявлены следующие изменения по сезонам года: значительное увеличение NO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 7,40 мг/дм³ (август) до 21,52 мг/дм³ (октябрь). Произошло уменьшение SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> от 36,36 (август) до 31,46 мг/дм³ (октябрь). Родник R4 находится в н.п. Половодово (деревянная будка). Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,30 г/дм³. Выявлены следующие изменения по сезонам года: значительное увеличение NO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 3,96 мг/дм³ (август) до 28,93 мг/дм³ (октябрь). Произошло уменьшение SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> от 16,62 мг/дм³ (август) до 12,41 мг/дм³ (октябрь), а также возросло содержание Mg<sup>2+</sup> от 6,10 мг/дм³ (август) до 12,20 мг/дм³ (октябрь). Родник R26 н.п. Половодово (из сруба). Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,31 г/дм³, пересох.

2. Слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс. Родник R14 расположен на территории форелевого хозяйства. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,28 г/дм³. Выявлены следующие изменения по сезонам года: увеличение NO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 0,87 мг/дм³ (август) до 4,21 мг/дм³ (октябрь). Содержание HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> уменьшилось от 190,70 мг/дм³ (август) до 184,59 мг/дм³ (октябрь). Родник R14.1 находится на территории форелевого хозяйства. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,28 г/дм³. Выявлены следующие изменения по сезонам года: увеличилось содержание NO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 0,76 мг/дм³ (август) до 3,82 мг/дм³ (октябрь). Уменьшение SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> от 14,33 мг/дм³ (август) до 10,88 мг/дм³ (октябрь).

3. Водоносная верхнесоликамская терригенно-карбонатная подсвита. Родник R1 расположен на территории н.п. Пайвино. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,32 г/дм³. Выявлены следующие изменения по сезонам года: наблюдается значительное уменьшение HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 222,70 мг/дм³ (август) до 2202,07 мг/дм³ (октябрь). Возросло содержание NO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 1,64 мг/дм³ (август) до 8,50 мг/дм³ (октябрь). Родник R2 находится на окраине н.п. Половодово. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,33 г/дм³, пересох. Родник R28 расположен на правом берегу р.Ростовицы. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,35 г/дм³, пересох. Родник R29 находится в н.п. Попова-Останина. Состав гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,36 г/дм³. Выявлены следующие изменения по сезонам года: уменьшилось содержание HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 225,80 мг/дм³ (август) до 213,57 мг/дм³ (октябрь). Также произошло уменьшение SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> от 38,07 (август) до 28,57 мг/дм³ (октябрь). Увеличилось содержание NO<sub>3</sub><sup>-</sup> от 2,48 мг/дм³ (август) до 14,59 мг/дм³ (октябрь).

### *Литература*

1. Бельтюков Г.В. Подземные воды и карст Верхнекамского соленосного бассейна : автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. / Перм. гос. ун-т им. А. М. Горького. - Пермь, 1975. 23 с.
2. Гидрогеологические условия из «Технического проект на разработку запасов центральной части Ново-Соликамского участка и Первой очереди освоения Половодовского участка ВМКС. Увеличение мощности до 14,8 млн.тонн». АО «ВНИИ Галургии», 2018.

УДК 550.461

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УЯСКО-САРСКОГО КАРСТОВОГО УЧАСТКА

*Канюкова Татьяна Алексеевна*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент магистрант 2 курса, г. Пермь, e-mail: ta-kanyukova@yandex.ru*

*Кенгмо Лекемо Глэдис*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент магистрант 2 курса, г. Пермь, e-mail: admiralleunh@gmail.com*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Ерофеев Евгений Александрович*

**Аннотация:** В публикации представлены результаты исследований, выполненных по теме выпускной квалификационной работы и связанных с изучением закономерностей геологического строения карстующихся территорий, а также оценкой характера и степени их влияния на интенсивность и параметры карстовых форм.

**Ключевые слова:** карст, структурное бурение, карстовые воронки, закарстованная территория, геология.

## GEOLOGICAL MODEL OF UYASKO-SARSKY KARST SECTION

*Kanyukova Tatyana Alekseevna,*

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Student Master's Degree Student, Perm, e-mail: ta-kanyukova@yandex.ru*

*Kengmo Lekemo Gladys,*

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm, e-mail: admiralleunh@gmail.com*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Erofeev Evgeny Alexandrovich*

**Abstract:** The publication presents the results of the research carried out on a dissertation on the topic related to the study of the relationships of the geological structure of karst territories, and the assessment of its properties and degree of their influence on the intensity and parameters of karst forms.

**Keywords:** karst, structural drilling, sinkholes, karst territory, geology. Настоящие исследования выполняются в рамках выпускной квалификационной работы, являющейся продолжением дипломной работы 4 курса бакалавриата [4], и посвящены изучению закономерностей геологического строения закарстованных территорий, а также количественной оценке возможного влияния выделенных геологических факторов на интенсивность образования и параметры карстовых форм.

В качестве района исследований обоснован Уяско-Сарский участок (Рис. 1.), охватывающий площади структурно-поискового бурения, выполненного в период 1960-1970 гг. в связи оценками перспектив нефтегазоносности Пермской области.

**Объектом** исследований является геологический разрез района исследований, представленный отложениями четвертичной и пермской систем, а также карстовые формы, выявленные в результате крупномасштабного карстологического дешифрирования юго-восточной территории Пермского края.

**Предметом** исследований являются литолого-стратиграфические подразделения, формирующие разрез Уяско-Сарского участка: ярусы, горизонты и пачки, выделенные по результатам геофизических исследований, их мощности и характер распределения по площади и разрезу.

**Исходным базовым материалом** исследований являются отчеты результатов структурно-поискового бурения Опахевской, Западно-Богородской, Ишимовской, Малотартинской, Телесской, Енапаевской, Бикбайской, Уяской площадях.

**Методика исследований.** В основу методики расчетов и оценки количественных зависимостей положена вероятностно-статистическая теория оценки карстовой опасности В.В. Толмачева [2], базирующаяся на «теории качественных признаков», позволяющих устанавливать наличие и тесноту связи между карстовым провалом и вызывающими его природными факторами. Влияние каждого из факторов оценивается количественно с помощью коэффициента связи ( $Q_i$ ). Для оценки степени влияния каждого из природных факторов, при равных условиях, используется показатель энтропии ( $E_{\max}/E$ ). Чем выше показатель энтропии, тем больше степень влияния природного фактора.

Уяско-Сарский участок был обособлен по следующим признакам: площади бурения расположены достаточно плотно друг к другу, равномерное расположение буровых скважин по площади, которая обеспеченная значительным фактическим материалом поверхностной закарстованности.

**Территория исследований.** В тектоническом отношении район располагается на юге-востоке окраины Восточно-Европейской платформы на границе двух крупных структур: Башкирского свода и Бымско-Кунгурской впадины и в схеме карстологического районирования Пермского края соответствует Ирэнскому карстовому району [1]. В административном отношении участок исследований соответствует территориям: Ординского, восточной части Уинского и северной части Октябрьского муниципальных районов Пермского края.

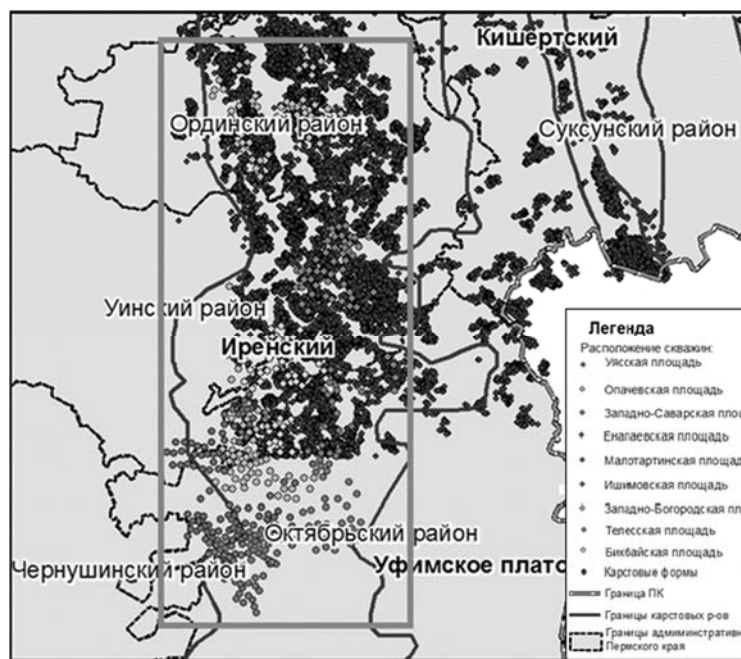


Рис.1. Обзорная схема Уяско-Сарского участка

Четвертичные подразделения развиты повсеместно и представлены: аллювиальными бурями и темно-бурими суглинками, темно-серыми супесями и песками с галькой кварца и яшмы; элювиально-делювиальные - бурыми и красно-бурими глинами и буровато-красными суглинками с мелкими обломками доломита и повсеместно развитыми обвальными-карстовыми отложениями состоящих из легкокарстующихся обломков сульфатных пород иренского горизонта - известняков и доломитов.

В западной части верхняя часть разреза сложена отложениями уфимского яруса, представленного соликамским горизонтом. Кровля горизонта уничтожена эрозионными процессами, однако, сохранившаяся часть сложена преимущественно карбонатными породами: известняками, мергелями, доломитами с прослоями ангидрита, гипса, каменной соли.



Нижнепермские отложения представлены кунгурским, артинским и ассельско-сакмарским ярусами. Кунгурский ярус разделен на иренский и филипповский горизонты. Иренский горизонт на большей части территории размыт на разную глубину; представлен классическим карбонатно-сульфатным типом разреза в составе 7 пачек чередующихся между собой. Карбонатные пачки сложены доломитами с включениями ангидрита и гипса с примазками глин, сульфатные пачки сложены ангидритами с прослоями доломита пронизанного гипсом и глиной. Филипповский горизонт на всей разбуренной площади выделяется более четко и представлен карбонатным типом разреза-филипповской свитой в составе слоистых светло-серых доломитов с подчиненным значением светло-серых оолитовых известняков.

Артинский ярус объединяет саранинский, саргинский, иргинский и бурцевский горизонты, сложенные серыми, светло-серыми известняками и доломитами.

Ассельско-сакмарский - сложен светло-серыми известняками и коричневатато-серыми доломитами.

**Геологическая модель** Структурно-поисковым бурением на участке работ вскрыты отложения четвертичного и пермского (уфимский, кунгурский, артинский и сакмарско-ассельский ярусы) возраста. Расчленение толщи (включительно до пачек иренского горизонта) выполнено по материалам геофизических исследований. В целом, оценивая исходный фактический материал, можно говорить об удовлетворительной изученности разреза Уяско- Сарского участка, глубина которого в среднем по участку составила 600-800 м.

Объем и число оцениваемых геологических факторов определялись полнотой и качеством вскрытия разреза (привязочного каротажа, провалов бурового инструмента, интервалов сплошного бурения и интервалов отбора керна). Наличие кондиционного материала, отражающего геологическое строение территории, определило основную идею работы, построение трехмерной геологической модели карстующегося массива, а все расчеты выполнялись по полученным элементам модели. Построение модели выполнено в среде Arc GIS (Рис. 2.)

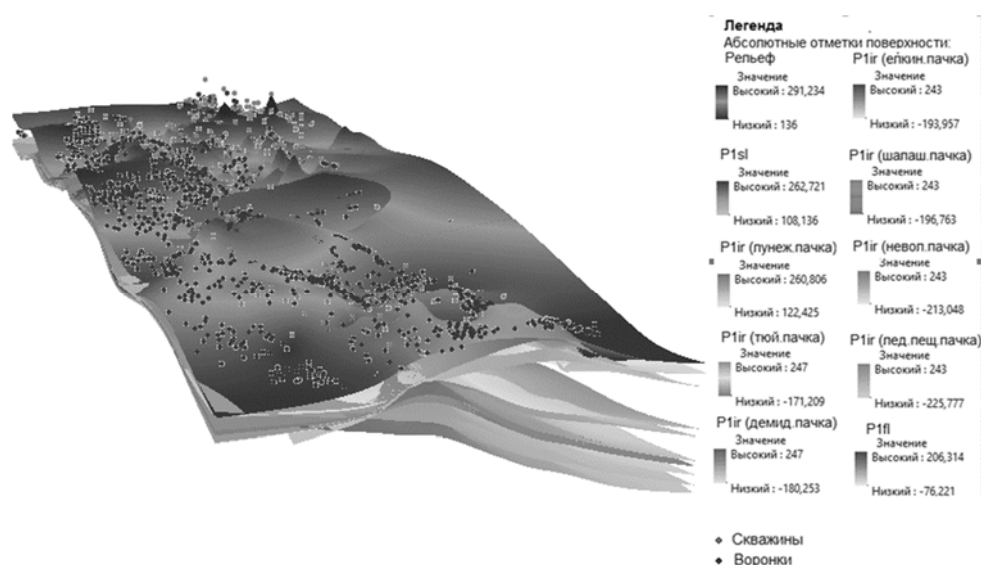


Рис. 2. Геологическая модель Уяско-Сарского участка

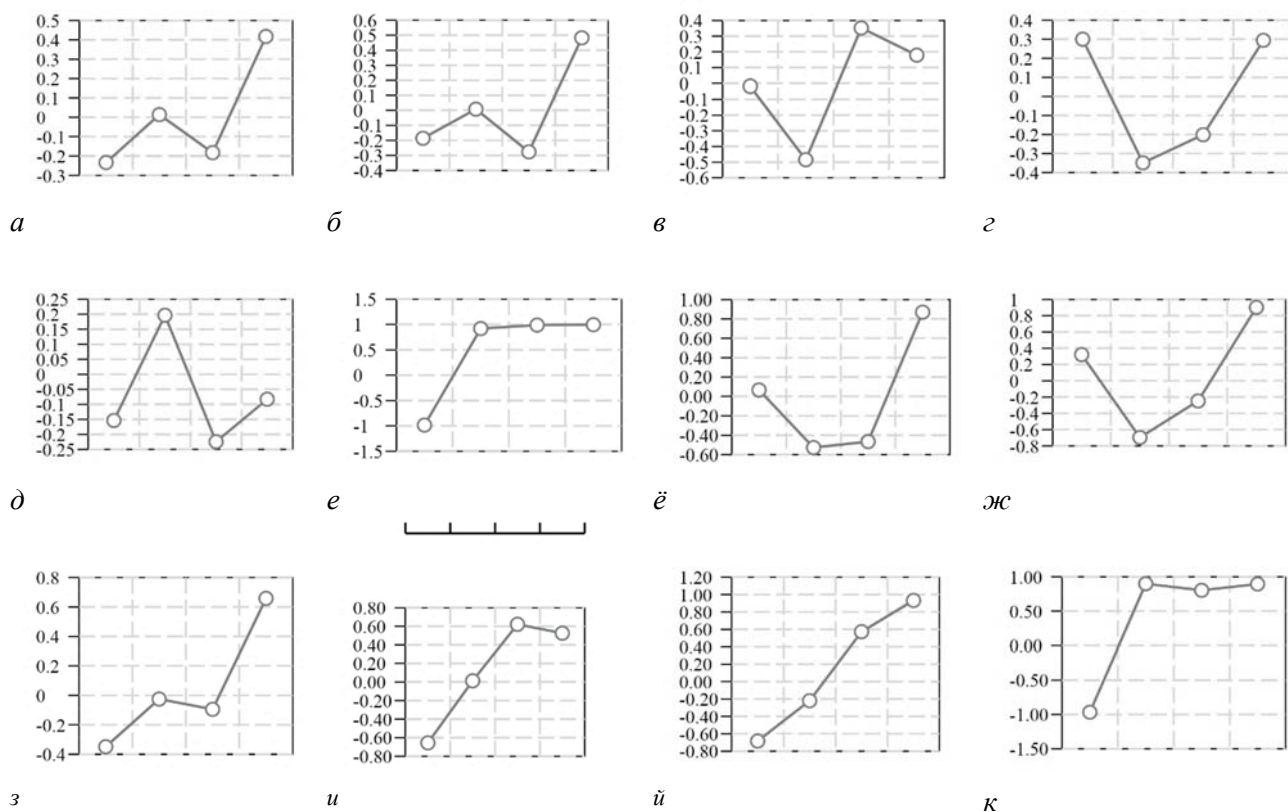
Исходя из предмета исследований, данных трехмерной модели и методических положений [2], в основу последующих графо-аналитических и статистических построений были положены показатели, отражающие характер распространения литолого-стратиграфических подразделений: мощность отложений, структурная поверхность, а также глубины залегания кровли. Процесс выявления количественных связей осуществлялся программно – в среде ArcGis и MS Excel. По известной математической зависимости [3] оценивались величины коэффициентов связи  $Q_i$  и количественные показатели энтропии  $E_{max}/E$ , отраженные в сводной таблице 1.

**Результаты исследований.** Для всех факторов структурных поверхностей проявляется одинаковая тенденция, с глубиной отмечается снижение силы влияния фактора. Повышенными значениями выделяются факторы: «абсолютная отметка кровли лунежской пачки», «абсолютная отметка кровли соликамских отложений», «абсолютная отметка кровли туйской пачки», «глубина залегания кровли соликамских отложений», «глубина залегания кровли шалашнинской пачки», «глубина залегания



кровли филипповских отложений». Несколько иная зависимость проявляется для мощностей структурных подразделений. С увеличением мощности, влияние фактора увеличивается. Наибольшими значения были выявлены у факторов: «мощность соликамских отложений», «мощность шалашинских отложений» и «мощность четвертичных отложений».

Таблица 2  
Сводная таблица графиков зависимости  $Q_i$  исследуемых геологических факторов



где, а-шалашин.пачка (абс.отмет. кровли), б-елкинская пачка (абс.отм. кровли), в-неволинская пачка (глубина залегания кровли), г-ледяно-пещерская пачка (глубина залегания кровли), д-неволинская пачка (мощность), е-елкинская пачка (мощность), ё-соликамские отложения (абс.отм.кровли), ж-луневская пачка (абс.отметка кровли), з-шалашинская пачка (глубина залегания кровли), и-филипповские отложения (глубина залегания кровли), й-четвертичные отложения (мощность), к-соликамские отложения (мощность). По оси абсцис –  $Q_i$ , по оси ординат –  $\Delta H$ .

Таблица 1  
Сводная таблица факторов

№	Признак ( $\Delta H$ ), возраст отложений		$E_{\text{max}}/E$		
			АО кровли	Глубина залегания	Мощность
1	$Q$		-	-	1,422
2	$P_{sl}$		2,012	1,277	2,368
3	$P_{ir}$	луневж.пачка	2,188	1,166	1,342
4		туйск.пачка	1,380	1,102	1,320
5		демид.пачка	1,260	1,126	1,138
6		елкин.пачка	1,111	1,130	1,260
7		шалашин.пачка	1,083	1,263	2,103
8		невол.пачка	1,144	1,067	-
9		лед.-пещ.пачка	1,148	1,071	1,018
10	$P_{fl}$		1,189	1,422	1,212

### *Литература*

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, Издательство Пермского университета, 1992г.-194с.
2. Ерофеев Е.А., Катаев В.Н. Статья: «Применение вероятно-статистической методики оценки карстовой опасности в условиях техногенного воздействия на закарстованность» из журнала «Инженерная Геология». М.:2010г.-73с.
3. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / подред. Е.А. Сорочана. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
4. Каниюкова Т.А., Ерофеев Е.А. «Оценка влияния гидрогеологических и гидрохимических показателей карстовых массивов на параметры развития поверхностных карстовых форм» // Сборник «Геология в развивающемся мире». Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018г.-555с.

УДК 551.435.8

## **ЗАВИСИМОСТЬ РАЗВИТИЯ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ НАД СРЕДНИМ УРОВНЕМ В РЕКАХ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

**Кашин Максим Константинович**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 1 курса, г.Пермь  
e-mail:maksman97@gmail.com*

**Бажутин Павел Игоревич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
e-mail: pavel.bazhutin.96@mail.ru*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., ассистент Золотарев Денис Рафаилович*

**Аннотация:** Карст – опасный геологический процесс, приводящий к разрушениям зданий и сооружений. С целью уменьшения рисков при строительстве делается прогнозирование, основанное на природных факторах, влияющих в данном регионе на развитие карста. Одним из таких факторов для территории Калужской области выступает превышение над средним уровнем в реках. В данной статье проведена оценка зависимости поверхностных карстопроявлений от превышения над средним уровнем в реках.

**Ключевые слова:** карст, поверхностные карстовые формы, превышение над средним уровнем в реках, Калужская область.

## **DEPENDENCE OF KARST PROCESSES DEVELOPMENT ON THE EXCEEDING OF THE AVERAGE LEVEL IN RIVERS IN THE KALUGA REGION. QUANTITATIVE ASSESSMENT, GEOLOGICAL JUSTIFICATION**

**Kashin Maksim,**

*Perm State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Perm,  
e-mail:maksman97@gmail.com*

**Bazhutin Pavel**

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm,*

**Research Supervisor :** *Candidate of Geology and Mineralogy, Assistant Lecturer Zolotarev Denis*

**Abstract:** Karst – is hazardous geological process. Forecast is used for the purpose of risk reduction in construction. One of the factors which used in forecast for Kaluga region is exceeding of the average level.

**Keywords:** karst, surface karst forms, exceeding of the average level, Kaluga region.

Калужская область достаточно многообразна в геоморфологическом отношении. В регионе присутствуют как низкие (абсолютные отметки до 200 м над уровнем моря), так и возвышенные равнины (абсолютные отметки выше 200 м над уровнем моря). Юго-восток области занят Среднерусской возвышенностью, а северо-запад Спас-Деменской грядой. Возвышенности разделяет Угорско-Протвинская низина. Также в центральной части области расположена Бярятинско-Сухиничская равнина, а в юго-западной части области Жиздринское полесье. Абсолютные отметки на территории исследуемого региона изменяются от 120 м (долина р. Оки) до 279 м (Зайцева гора). Амплитуда рельефа достигает 160 м.

Рельеф Калужской области в общем характеризуется понижением в восточном направлении, своей формой повторяя рельеф кристаллического фундамента, образованного в девонском и каменноугольном периоде во времена морской трансгрессии.

Современный рельеф во многом сформирован под влиянием ледников, неоднократно надвигавшихся со Скандинавского полуострова.

Исследуемую территорию можно условно разделить на две геоморфологические области: область, представленную ледниковыми и водоледниковыми формами рельефа, переработанных процессами эрозии и денудации и область эрозионных равнин, не тронутую ледниками. Первая область распространена на большей части исследуемого региона, вторая расположена в северо-восточной его части.

Водоразделы в области эрозионных равнин представлены пологовыпуклыми равнинами, наклоненными в сторону глубоких, унаследованных с доледниковых времен, речных долин. Небольшие эрозионные формы – преимущественно неглубокие лощины, имеющие пологие склоны и заболоченные днища. Склоны речных долин и водоразделов пересекаются глубокими долинами ручьев, оврагами и балками. Днища балок и оврагов заболочено, ввиду протекающих в них ручьев.

На северо-западе Калужской области, охваченной оледенением, зафиксированы моренноэрозионные и озерноледниковые равнины, южнее моренных равнин вдоль правого берега рек Вытебети и Жиздры распространены зандровые равнины. В северной и западной части региона наблюдаются хорошо сохранившиеся холмы и гряды, образованные из-за неравномерного отложения морены и водноледниковых толщ. Высота данных холмов в среднем незначительна (до 3-5 м). Однако, встречаются и участки высоких холмов, высотой до 20-25 м. Северо-восточнее Спас-Деменска они образуют Спас-Деменскую гряду – цепь холмов длиной порядка 50 км. Помимо моренных холмов, в северо-западной части региона также зафиксированы камы-холмы.

Речная сеть была существенно изменена в результате ледниковой деятельности. Речные долины начали формироваться с начала после таяния ледников. Этим обусловлена слабая разработанность речных долин, в особенности в верховьях рек, где чередуются узкие и расширенные участки. Во время таяния ледников образовались многочисленные озера и болота[5].

Возможность развития карстового процесса в массиве горных пород определяется обязательными условиями развития карста:

- наличие растворимых пород
- водопроницаемость горных пород (трещиноватость)
- присутствие движущихся вод
- агрессивность воды по отношению к растворимым породам.

Отсутствие любого из этих четырех условий исключает возможность развития карста [2].

Согласно геоморфологической карте Калужской области, на северо-востоке области в долинах рек Оки и Протвы, а также их притоков, зафиксированы крупные карстовые воронки и бессточные долины. Значительная плотность (до 0,08 шт./км<sup>2</sup>) карстовых воронок замечена в южной части области в долине рек Песочня, Овсорок и Рессета, а также в пяти километрах западнее населенного пункта Холмы, на юго-западе области.

Приуроченность к определенным геоморфологическим элементам оказывает значительное влияние на распространение поверхностных карстовых форм. Чаще всего поверхностные карстовые формы тяготеют к наклонным поверхностям ледниковых равнин и к слоновым частям речных долин и открывающихся в них балок и оврагов, что связано с наличием в этих областях высокого градиента фильтрации подземных вод, необходимого для растворения карстующихся пород. В водоразделах (эрозионно-денудационный рельеф), в местах скопления больших толщ глинистых отложений

свыше 40-100 м развитие карста практически прекращается и его поверхностные проявления спорадические.

Существование и направленность развития карстового массива проявляется через всевозможные факторы, характеризующие активность протекания карстового процесса. Под факторами понимаются причины, обусловленные свойством явления или взаимодействия, которые не определяют его существования, но влияют на ход процесса и его интенсивность [1]. Часто в качестве синонимов термина «фактор» используются другие понятия, такие как показатель, параметр, признак, компонент, элемент, агент [4]. Набор факторов выделяется для каждой исследуемой территории индивидуально, хоть и по схожим принципам. Одним из факторов, выделенных для территории Калужской области является – превышение над средним уровнем в реках.

По своей сути, превышение над средним уровнем рек следует рассматривать в совокупности с другими геоморфологическими факторами такими, как степень вертикальной расчлененности рельефа, удаленность от речной сети и коэффициент горизонтальной расчлененности рельефа, так как они во многом повторяют, и взаимодополняют друга друга (рисунок 1).

Оценка влияния фактора превышения над средним уровнем рек на интенсивность развития карстового процесса осуществляется путем их сопоставления с исследуемыми поверхностными карстовыми формами и их параметрами. Целью сопоставления является установление: эмпирических и теоретических распределений карстовых форм по факторам природного строения. Для этих целей используются методы картографического и графического моделирования с последующей аналитической обработкой количественных данных [3].

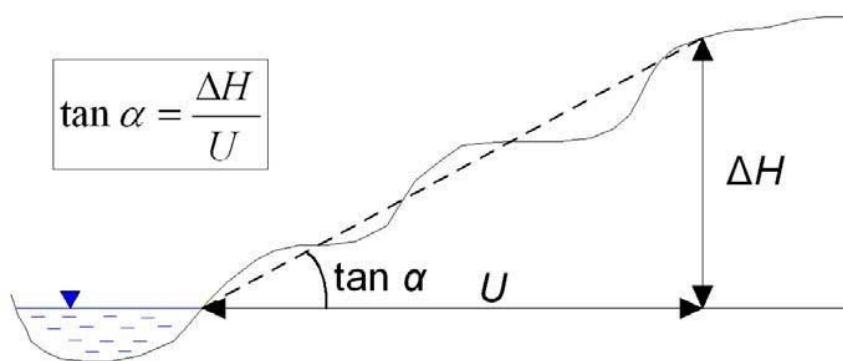


Рис. 1. Показатели геоморфологического строения:  $\Delta H$  – превышение над средним уровнем рек;  
 $U$  – удаленность от речной сети

Нахождение корреляции между значениями факторов природного строения, количественным проявлением и параметрами карстовых форм осуществляется путем картографического моделирования, которое выполняется поэтапно. На первом этапе интерполяционными методами строятся картографические модели изменчивости значений исследуемых факторов (рисунок 2, А). Далее на эти модели «накладываются», предварительно размещенные на карте поверхностные карстовые формы в исследуемой территории (рисунок 2, Б), каждой из которых присваивается значение фактора в точке ее локализации (рисунок 2, В).

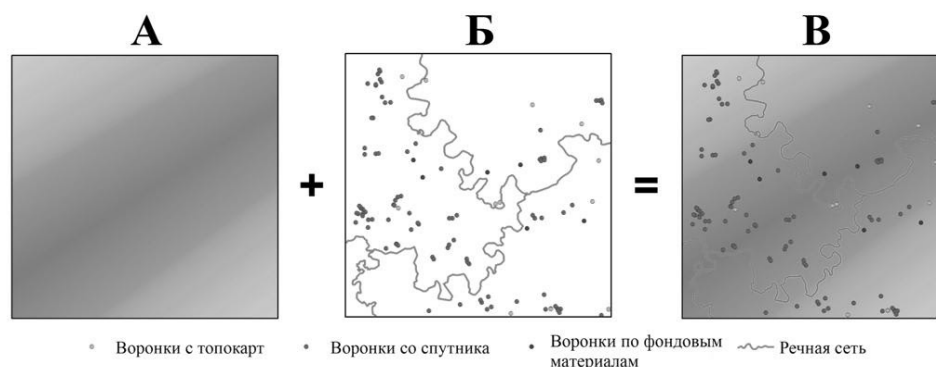


Рис. 2. Пример картографического сопоставление факторов природного строения и карстовых форм

По формам полученных эмпирических кривых общих распределений подбирается наиболее схожее с ним теоретическое распределение. В качестве теоретических распределений рассматриваются три основных теоретических закона распределения – нормальный, логарифмически нормальный и экспоненциальный. Эти распределения могут быть схожи с практически всеми эмпирическими кривыми распределения, присущими природным элементам, что было неоднократно обосновано теоретически и доказано практически. Использование данных методов характеризуется простотой и удобством получения конечного результата. Наконец, данный метод отличается достаточно высокой точностью прогнозирования, о чем свидетельствуют результаты ранее выполненных исследований [6, 7].

В качестве исходных данных для поверхностных карстовых форм использовались поверхностные карстопроявления взятые из нескольких источников: с топографических карт, с аэрокосмических (Google maps, Яндекс карты и пр.) и фоновые данные. Карстовые формы полученные из разных источников анализируются как в совокупности, так и по отдельности.

Полученные эмпирические распределения (общее распределения и распределения в зависимости от источника карстопоявления) карстовых форм по значениям превышения рельефа над средним уровнем рек наиболее близки к нормальному типу распределения (рисунок 3). Абсолютное большинство карстопоявлений на территории Калужской области тяготеет преимущественно к средним значениям превышения рельефа над средним уровнем рек (75-125 м).

В геоморфологическом отношении отмечается общая тенденция увеличения количества поверхностных карстовых форм при превышении от уреза рек в интервалах 70-120 м. В целом, полученные закономерности хорошо согласуются с опытными и теоретическими предположениями исследований прошлых лет [8].

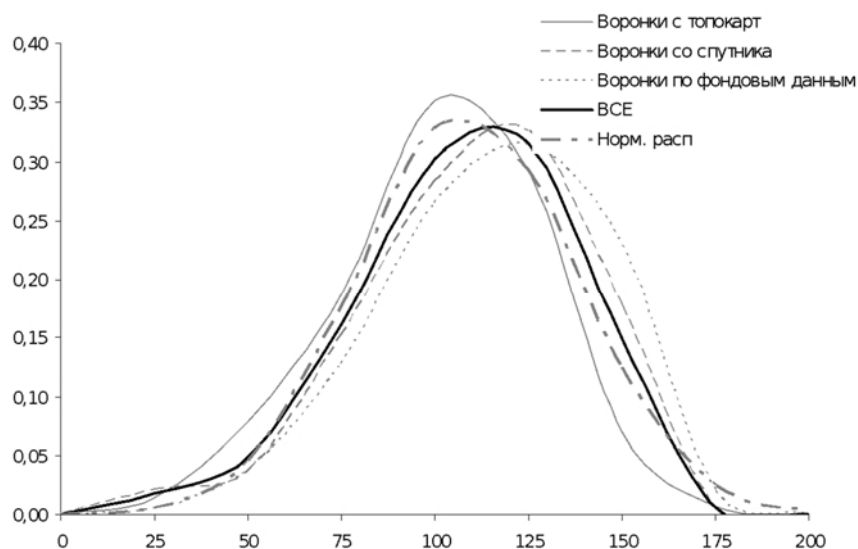


Рис. 3. Частоты встречаемости карстовых форм (ось Y) в равных интервалах значений превышения рельефа над средним уровнем рек (ось X), м

### *Литература*

1. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстоведение. Ч.1. Общее карстоведение: Учеб. пособие / Перм. ун-т. Пермь, 2004. 308 с.
2. Соколов Д.С. Основные условия развития карста. М., Госгеолтехиздат, 1962. 320 с.
3. Катаев В.Н., Ерофеев Е.А. Краткий исторический обзор теоретического и практического опыта применения вероятностно-статистических методов в карстоведении // Современные проблемы науки и образования, № 1, 2013. С. 1-14.
4. Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. Терминология карста. М.: Наука, 1991. 259 с.
5. Физическая география и природа Калужской области. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 272 с.: ил.
6. Хоменко В.П., Толмачев В.В. О механизме карстовых разрушений // Строительство на закарстованных территориях. М., 1983. С. 3-15.
7. Щербаков С.В., Катаев В.Н. Интегральная оценка карстоопасности урбанизированных территорий (на примере г. Кунгур) // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2011. Том 153, кн. 1. С. 203-224.
8. Щербаков С.В., Катаев В.Н. Особенности геоморфологического строения карстовых массивов // Фундаментальные исследования, №12 (часть 4), 2014. С. 774-778.

УДК 556

## **К ВОПРОСУ О РЕСУРСНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПЕРМСКОГО КРАЯ**

**Казаков Валентин Николаевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
аспирант 2 года обучения, г. Пермь  
cazakov.valentin@yandex.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Аликин Эдуард Александрович

**Аннотация:** в данной статье рассматривается ресурсный потенциал пресных подземных вод территории Пермского края, районирование территории по модулю естественных ресурсов пресных подземных вод. Освещается проблема обеспеченности в хозяйственно-питьевом водоснабжении различных территорий края.

**Ключевые слова:** пресные подземные воды, ресурсы, запасы.

## **ON THE ISSUE OF THE RESOURCE POTENTIAL OF FRESH GROUND-WATER IN THE PERM REGION**

**Valentin Kazakov**

*Post-graduate Student 2st year, Perm  
cazakov.valentin@yandex.ru*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, reader, Reader, Eduard Alikin

**Abstract:** this article discusses the resource potential of fresh groundwater in the Perm territory, zoning the territory according to the module of natural resources of fresh groundwater. The article highlights the problem of security in the economic and drinking water supply of various territories of the region.

**Keywords:** fresh ground water, resources, reserves.

Во второй половине XX века на территории Пермского края происходит развитие региональных поисково-разведочных работ в области картирования ресурсов подземных вод, поисков, оценки, разведки их эксплуатационных запасов.[5] В результате данных работ вся территория края заснята

государственной гидрогеологической съемкой масштаба 1:500 000, [2] а территория некоторых районов государственной гидрогеологической съемкой масштаба 1:200000. За этот период было разведано большое количество месторождений пресных, минеральных и промышленных подземных вод.

В целом физико-географические и геолого-гидрогеологические условия Пермского края благоприятны для формирования в зоне активного водообмена значительных ресурсов пресных подземных вод. Если брать в учет наиболее достоверную и “жесткую” оценку эксплуатационных ресурсов подземных вод (1987 г.) [4] Пермского края, то они составляют 7.8 млн. м<sup>3</sup>/сут. и распространены по гидрогеологическим бассейнам в следующем процентном отношении: Восточно-Русский - 50%, Предуральский - 40%, Уральский - 10%. Характерно неравномерное распределение ресурсов подземных вод по территории края: модули эксплуатационных ресурсов варьируются от 0.1 до 5.1 л/с с км<sup>2</sup>. Следует отметить, что наибольшие модули (более 2 л/с с км<sup>2</sup>) характерны для водоносных горизонтов в пределах Березниковско-Соликамского и Кизеловско-Губахинского промузлов; восточная часть территории края характеризуется средними значениями модуля (0.5-2 л/с с км<sup>2</sup>), а модули в пределах западной и северо-западной частей составляют менее 0.5 л/с с км<sup>2</sup>.

Локализация пресных подземных вод, а следовательно, и благоприятные условия их добычи фиксируются преимущественно в следующих водоносных горизонтах и комплексах:

- водоносном локально-слабоводоносном четвертичном аллювиальном горизонте;
- слабоводоносном локально водоносном казанско-татарском терригенном комплексе;
- слабоводоносном локально водоносном шешминском терригенном комплексе;
- водоносной соликамской терригенно-карбонатной свите;
- водоносной-локально слабоводоносной нижнепермской карбонатной серии;
- водоносной надзоне девонско-нижнекаменноугольных терригенно-карбонатных пород.

Гидрогеологические особенности строения и состава зоны аэрации предполагают в целом слабую естественную защищенность подземных вод от антропогенного загрязнения. Это условие делает необходимым введение более жестких требований к созданию зон санитарной охраны водозаборных сооружений.

Необходимо отметить, что в целом эксплуатационные ресурсы подземных вод на порядок превышают существующую в них потребность.

Под *эксплуатационными запасами подземных вод* следует понимать их количество в м<sup>3</sup>/сут, которое может быть получено в пределах месторождения с помощью геолого-технически обоснованных водозаборных сооружений при заданном режиме и условиях эксплуатации, а также качестве воды, удовлетворяющем требования ее целевого использования в течение расчетного срока водопотребления с учетом природоохранных требований.

Общие разведанные запасы пресных подземных вод на территории Пермского края приблизительно равняются 1.1 тыс. м<sup>3</sup>/сут; из них к промышленной эксплуатации подготовлено 61,7%. Распределение эксплуатационных запасов подземных вод по артезианским бассейнам выглядит следующим образом: Восточно-Русский - 427,22 тыс. м<sup>3</sup>/сут (39,6%), Предуральский - 500,56 тыс. м<sup>3</sup>/сут (46,4%), Уральский - 149,86 м<sup>3</sup>/сут (14%). По данным ОАО “Пермгеомониторинг” распределение эксплуатационных запасов подземных вод по водоносным горизонтам и комплексам представлено в табл.1 [1].

Степень разведанности прогнозных эксплуатационных ресурсов составляет 13,8%, что говорит о больших потенциальных возможностях увеличения эксплуатационных запасов подземных вод.

Современное хозяйственно-питьевое водоснабжение края базируется на использовании поверхностных и подземных вод в количестве 646,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут.; при этом доля использования подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет 31,8%. Сравнительно низкий процент использования подземных вод объясняется как необеспеченностью некоторых городов достаточными запасами (Пермь, Чайковский, Чусовой), так и неосвоенностью разведанных запасов (Кизел, Краснокамск, Нытва, Кунгур) [1].

Таблица 1.

Водоносный горизонт	Разведанные эксплуатационные запасы, тыс. м <sup>3</sup> /сут по категориям				
	A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	всего
аллювиальный четвертичный	16	19,24	10,05	31	76,3
казанско-татарский	15	15,46	87,4	22,16	140



шешминский	2,5	10,6	12	18,67	43,8
соликамский и шешминский совместно	-	-	3,8	3,7	7,5
соликамский	163	106,25	89,14	44,8	403,2
кунгурский	-	28,2	11,25	63,94	103,4
артинский	7,1	31,84	53,76	24,4	117,1
нижнепермский	22,6	38,2	20,6	-	81,4
средне-верхнекаменноугольный	-	40	-	-	40
девонско-нижнекаменноугольный	13,3	20,22	20,6	4,3	62,9
рифейско-нижнедевонский	-	-	6,4	-	6,4
<b>Всего</b>	<b>239,6</b>	<b>310,05</b>	<b>315</b>	<b>213</b>	<b>1077,63</b>

Города Березники и Соликамск используют для хозяйственно-питьевого водоснабжения исключительно подземные воды, а Пермь - в основном поверхностные, и лишь 1,8% подземных. Состояние питьевого водоснабжения по административным районам края следующее: 4 районов используют только подземные воды, в 4 районах доля их составляет 90% и более, в Горнозаводском - более 80%, в Кишертском, Куединском, Пермском и Чернушенском - более 70%, в Кунгурском - более 60%, в Октябрьском и Осинском более 30%, а в Нытвенском и Чусовском - менее 20%.

В целом по краю значение удельного водопотребления подземных вод на хозяйственно-питьевые нужды составляет 77 л/сут. на человека, в том числе в городах с численностью населения более 100 тыс. человек - 68,2 л/сут.; в городах с численностью населения менее 100 тысяч человек и поселках городского типа - 96,1 л/сут.; в сельских населенных пунктах - 70,1 л/сут. [1].

Необходимо отметить, что пресные подземные воды в пределах эксплуатируемых месторождений и водозаборов испытывают различное техногенное воздействие, связанное с проникновением загрязняющих веществ в водоносный горизонт с поверхности и подтягиванием к водозабору минерализованных природных вод, залегающих ниже эксплуатируемого водоносного горизонта.

Мощное техногенное воздействие обусловило загрязнение подземных вод. На территории края выявлено более 60 очагов загрязнения, наибольшая их часть приурочена к объектам недропользования (Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, ликвидация шахт Кизеловского угольного бассейна, нефтедобыча и т.д.), а также работой промышленных предприятий и эксплуатацией объектов коммунального хозяйства. Среди преобладающих загрязняющих компонентов хлориды, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, нитраты, органические вещества.

Таким образом, в общем балансе современного хозяйственно-питьевого водоснабжения существует дефицит использования подземных вод, который может быть перекрыт за счет освоения разведанных месторождений, так и поисково-разведочных работ на выявленных перспективных участках, эксплуатационные ресурсы которых оцениваются в 7,8 млн. м<sup>3</sup>/сут., обеспечивая текущую потребность в пресной воде на 613%.

### *Литература*

1. Аликин Э.А. Техничко-экономические соображения по рациональному освоению // Пермь, 2006
2. Иконников Е.А., Шашмурина Л.В. Отчет по составлению серии гидрогеологических карт масштаба 1:500000 на территории Европейской части СССР за 1983-85 гг. // Пермь, 1985.
3. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Пермского края за 2005 год // Выпуск 10, Пермь, 2006.
4. Крутова А.Е., Мелехов А.Г. и др. Отчет по региональной оценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод Волго-Камского артезианского бассейна в пределах Пермской и Свердловской областей за 1981-1984 гг. // Пермь, 1987.
5. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. пресные подземные воды Пермской области // Пермское книжное издательство, Пермь, 1973.

УДК 556

## ОБРАЗОВАНИЕ ПРОВАЛОВ В ИРЕНСКОМ КАРСТОВОМ РАЙОНЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

**Черный Максим Станиславович**

*maksimblack199829@yandex.ru*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса*

*2017 года обучения, г. Пермь*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент кафедры динамической геологии  
и гидрогеологии, Минькевич Ирина Игоревна*

**Аннотация:** Данная статья посвящена процессу провалообразования в Иренском карстовом районе. Были рассмотрены 3 зоны с повышенной карстоопасностью, представлены литолого-геологические разрезы по двум скважинам № 19,38 с выявленными карстовыми пустотами

**Ключевые слова:** Иренский карстовый район, карстовый провал, «Лог места аварии».

## THE FORMATION OF SINKHOLES IN KARST IRANSKOM CARST REGION OF THE PERM TERRITORY.

**Cherniy Maksim**

*maksimblack199829@yandex.ru*

*Perm state university, 3<sup>rd</sup> year student, Perm city*

**Research Supervisor:** *associate professor Minkevich Irina*

**Annotation:** This article is devoted to the process of sinkhole formation in the Irena karst region. 3 zones with increased karst hazard were considered, and litho-geological sections for two wells No. 19.38 with identified karst voids were presented.

**Keywords:** Irenskie karst region, karst sinkhole, "Log of the accident site".

Иренский карстовый район занимает правобережную часть бассейна реки Ирени. С востока он ограничен карбонатными породами филипповского горизонта кунгурского яруса. Западная граница проходит по левобережью Ирени, где иренский горизонт погружается на запад и перекрывается соликамским, а затем терригенным шешминским горизонтом. На севере за границу с Нижнесылвенским карстовым районом условно принимается широтный отрезок Ирени.[1]

Максимальное количество карстовых воронок наблюдается на ясылском карстовом поле, которое расположено у С. Красный Ясыл Ординского района, на абсолютных высотах 184-210 м. Согласно, районированию оно относится к Среднеиренскому карстовому участку Иренского района.

Гипсы и ангидриты лунжеской пачки иренского горизонта кунгурского яруса (P1) мощностью до 60 м. выходят на поверхность или перекрыты 20-метровой толщей аллювиально-делювиальных и элювиальных отложений (Q), а также терригенными породами соликамского горизонта (P1). Плотность поверхностных карстовых форм здесь наивысшая для Пермского края и составляет 9500 шт. на км²[2]

В изучаемом районе есть 3 зоны повышенной карстоопасности-№15,16,17(рис.1).

Зона №15 называется «Лог места аварии», в 1995 г. Здесь произошел провал, который вызвал разрыв трубу и в следствии утечку газа. Это место пересекают 3 магистральных газопровода. На данной территории пробурено 5 скважин (№16,17,18,19,67), которые вскрыли карстовые полости на глубинах от 8 до 18м. В рис.2 представлен литолого-геологический разрез по скв.19.

Зона №16 южнее этой зоны происходит оползне образование. Это место пересекает 1 магистральный газопровод. На данной территории пробурена 1 скважин (№39), которая вскрыла карстовую полость на глубинах от 1,5 до 15,6м.

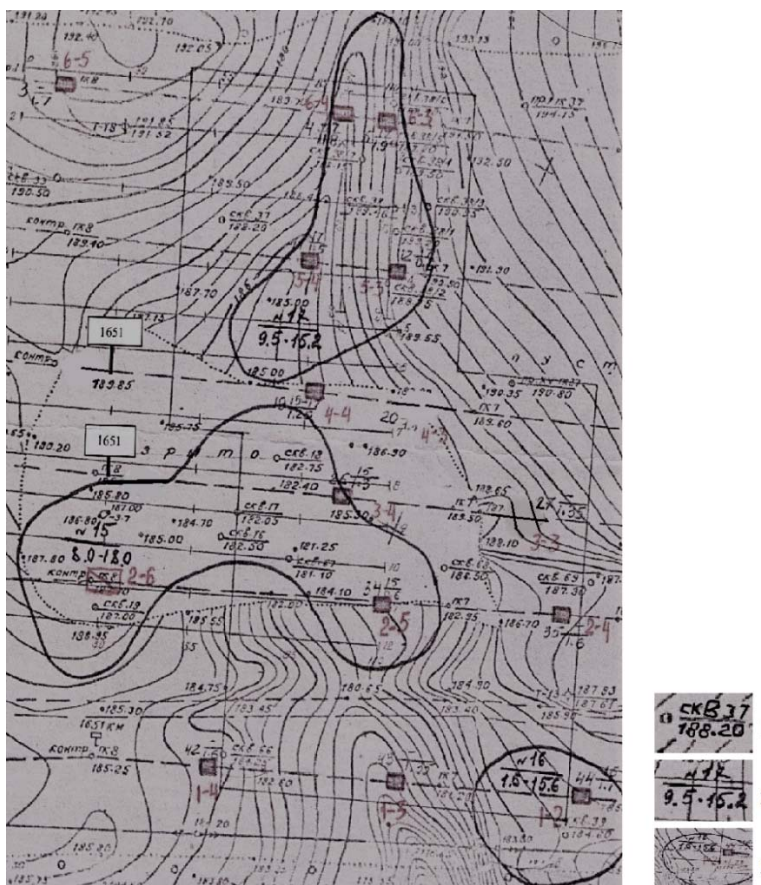


Рис.1 Зоны повышенной карстоопасности

Условные обозначения:

1-скважина, 2-номер зоны, 3-сама зона.

Зона №17 самая северная зона района, на ней расположен наблюдательный полигон. Это место пересекают 2 магистральных газопровода. На данной территории пробурено 7 скважин (№28/1,38,38/1,38/2,38/5,38/6,38/7), которые вскрыли карстовые полости на глубинах от 9,5 до 15,2м. В рис.3 представлен литолого-геологический разрез по скв.38.

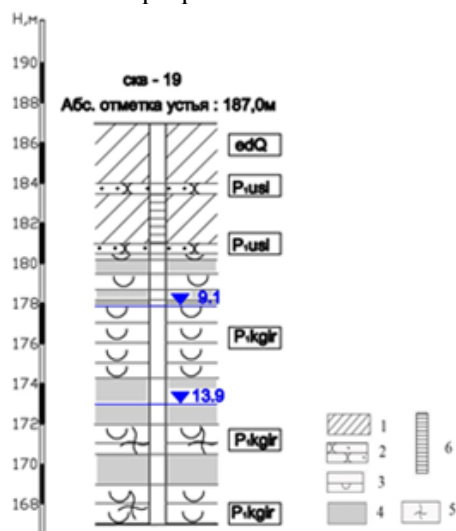


Рис.2 Литолого-геологический разрез по скв.19

Условные обозначения:

Условные обозначения: 1-суглинок, 2-алевролит, 3-гипс, 4-карстовая полость, 5-полутвёрдая консистенция грунта.

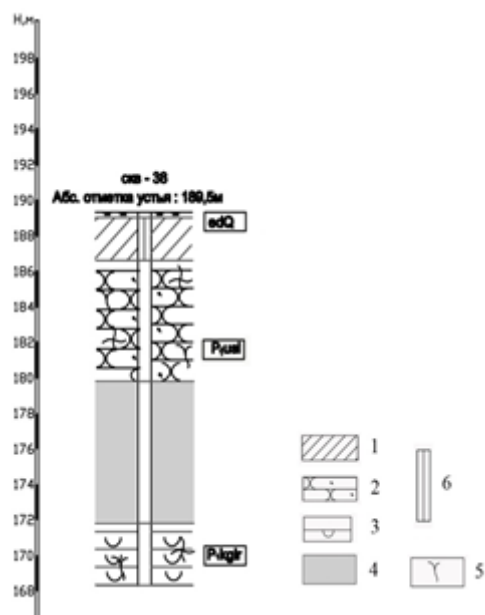


Рис. 3. Литолого-геологический разрез по скв.38.

Условные обозначения: 1-суглинок, 2-алевролит, 3-гипс, 4-карстовая полость, 5-пластичная консистенция грунта.

В зоне №17 было проведено вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), на рис.4 показан геофизический разрез на профиле №11. С помощью ВЭЗ была выявлена новая карстовая полость в гипсах на глубине 16м. и мощностью от 0,9-1,2м.

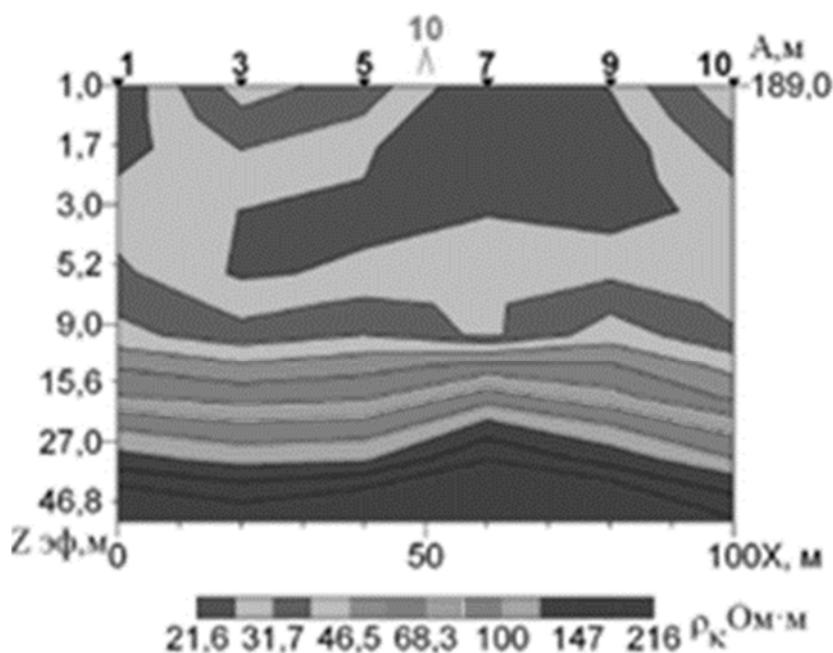


Рис.4 Геофизический разрез по данным ВЭЗ в аномальной зоне №17

Рис. 4 Геофизический разрез по данным ВЭЗ в аномальной зоне № 17

### Литература

1. Горбунова К.А., Андрейчук В. Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Издательство Пермского университета, 1992. – 200 с.
2. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Полости Красносельского карстового поля// Пещеры Пермь: Издательство Пермского университета, 1999 -219.С

УДК 556.3

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН РАЗГРУЗКИ РАССОЛОВ НОВК В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ РУДНИКА АЙХАЛ

**Янников Алексей Михайлович**

*ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»,  
аспирант 3 года обучения, г. Воронеж*

*e-mail: yannikov90@mail.ru*

**Научный руководитель:** *д.г.-м.н., профессор Бочаров Виктор Львович*

**Аннотация:** в статье приведены особенности формирования зон разгрузки природных рассолов нижнеордовикского водоносного комплекса в подземных горных выработках рудника «Айхал», рассматривается интенсивность и продолжительность излива высокоминерализованных пластовых вод из малодебитных, сложенных трещиноватыми доломитами и известняками, коллекторов нижнеордовикского водоносного комплекса, по сети подземных горных выработок (ПГВ) рудника «Айхал» в отм. (+180) – (+110) м.

**Ключевые слова:** Сибирская платформа, Алакит-Мархинское кимберлитовое поле, месторождение трубки «Айхал», межмерзлотный нижнеордовикский водоносный комплекс, малодебитные трещиноватые коллектора, природные рассолы.

## FEATURES OF FORMATION OF ZONES OF UNLOADING OF BRINES NOVK IN UNDERGROUND MINE WORKINGS OF AIKHAL MINE

**Yannikov A.M.**

*Voronezh State University, post-graduate student of 3 year of education, City Voronezh  
e-mail: yannikov90@mail.ru*

**Research Supervisor:** *Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Bocharov V.L*

**Abstract:** in the article presents the features of the formation of zones of discharge of natural brines of the nizheordovik aquifer complex in the underground mine workings of the "Aikhal" mine, considers the intensity and duration of the outflow of highly mineralized reservoir waters from low-flow reservoirs, composed of fractured Dolomites and limestones, along the network of underground mine workings (PGV) of the "Aikhal" mine in a.o. (+180) - (+95) m.

**Keywords:** Siberian platform, Alakit-Markhin kimberlite field, Aikhal tube Deposit, inter-permafrost lower Ordovician aquifer complex, low-gravity fractured reservoirs, natural brines.

Коренное месторождение алмазов – кимберлитовая трубка «Айхал» приурочена к Алакит-Мархинскому кимберлитовому полю, Якутской алмазоносной провинции[1,2,3]. Месторождение расположено в зоне сплошного распространения многолетне-мерзлых пород. Нулевая изотерма в районе месторождения зафиксирована на глубине 630-720 м[3,4] от дневной поверхности. В мощной зоне многолетнемерзлых пород ограниченно существуют маломощные линзы и прослои, так называемых морозовых пород, имеющих отрицательную температуру, но без наличия жильного льда, содержащих свободную воду. К таким линзам морозовых отложений нижнего ордовика и приурочен межмерзлотный водоносный комплекс, характеризующийся весьма низкими значениями фильтрационных параметров и имеющий ограниченное распространение [1,2,3].

Но не смотря на низкие фильтрационные параметры, данный водоносный комплекс участвует в обводнении месторождения, т.к. вскрыт подземными горными выработками в отметках от +95 до +180 метров. В рамках изучаемого интервала выделяется до 5 коллекторов, состоящих из серий нескольких маломощных пластов-пропластков, суммарная мощность всех коллекторов редко достигает 10 метров. В виду иммобилизационного характера сформированных линз, каждая из них характеризуется своими гидродинамическими параметрами. Но в целом для всего комплекса характерны малые напоры, составляющие чаще от первых метров, до тридцати метров, что встречается гораздо реже.

По химическому составу подземные воды комплекса относятся к хлоридным кальциево-магниево-натриевым рассолам с минерализацией от 50 до 200 г/дм<sup>3</sup>, обладающим слабой щелочной реакцией. Рассолы агрессивны к металлу и бетону. Газонасыщенность рассолов, водовмещающих пород низкая и не превышает 0,23 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. По составу газы относятся к азотно-углеводородным. Основным компонентом углеводородной смеси является метан (0,098–0,177 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>), остальная часть представлена азотом. Водород и гелий в сумме составляют не более 1,74 абс. %, углекислый газ практически отсутствует. Среди углеводородов присутствуют все гомологи до гексана включительно, с незначительными их содержаниями[3,5].

Подземные горные выработки рудника «Айхал», вскрывают ордовикский межмерзлотный водоносный комплекс на 16 участках[6]. Местоположение выделенных участков водопроявлений, в рамках периода исследований (2018-2019 гг), не изменялось, отмечались только некоторые колебания расхода, в связи с этим, правомерно привести обобщённую (характеризующую весь период) погоризонтную разбивку выявленных водопроявлений.

На горизонте +180 метров, транспортный уклон вскрывает коллектора нижнеордовикского водоносного комплекса (далее НоВК). Наблюдаемый приток приурочен к двум близкорасположенным (на расстоянии 5м) локализованным участкам на транспортно-вентиляционном штреке. Представлен струйным истечением с почвы выработки. Дебит и минерализация по данным водопроявлениям в 2018-2019 гг существенно не изменялись, и составляют 55 г/л и 0,2-0,3 м<sup>3</sup>/сут соответственно.

На горизонте +175 метров, вспомогательный закладочный штрек вскрывает рассолы на пяти локализованных участках. Три из которых являются истечением с почвы выработки, а два – капезами различной интенсивности. Минерализация по данным участкам различается незначительно и составляет от 67 до 90 г/л. Суммарный приток  $\approx$  2,8-3,4 м<sup>3</sup>/сут.

На горизонте +163 метра транспортный штрек вскрывает два локализованных участка, представленных ламинарным истечением с левого борта выработки. Дебит и минерализация по данным водопроявлениям в 2018-2019 гг. существенно не изменялись, и составляют 93 г/л и 1,2-1,5 м<sup>3</sup>/сут соответственно.

Один локализованный участок вскрытия коллекторов НоВК зафиксирован на горизонте +145м, и приурочен к струйному истечению по борту восходящего вентиляционного ходка. Расход в течение периода исследований не менялся и составлял 1,0 м<sup>3</sup>/сут. Минерализация в течение отчётного периода также не изменялась = 75 г/литр.

Оставшиеся шесть участков относятся к очистным и добычным выработкам юго-западного кимберлитового тела:

- горизонт +175метров, излив из почвы на разведочном штреке, дебит 0,5 м<sup>3</sup>/сут; минерализация – 90 г/литр;
- вскрывающий уклон с горизонта +142 метра на горизонт +135 метров, капез в кровле; дебит 1,5м<sup>3</sup>/сут; минерализация – 90 г/литр;
- горизонт +125метров, капез с кровли очистной камеры, дебит 1,3 м<sup>3</sup>/сут; минерализация – 130 г/литр;
- горизонт +115метров, капез с кровли очистной камеры, дебит 0,3 м<sup>3</sup>/сут; минерализация – 190 г/литр;
- горизонт +105метров, капез с кровли очистной камеры, дебит 0,8 м<sup>3</sup>/сут; минерализация – 170 г/литр;
- горизонт +95метров, капез с кровли очистной камеры, дебит 1,2 м<sup>3</sup>/сут; минерализация – 200 г/литр;

Анализируя полученные данные можно сделать следующие заключения:

Изменение дебитов и минерализации изливающихся рассолов в подземных горных выработках, после вскрытия имеют снижающийся тренд, связанный с истощением естественных запасов пластовых вод в коллекторах НоВК, в последующем расход начинает стабилизироваться и отмечаются некоторые сезонные колебания, связанные с незначительным дополнительным притоком по системам субвертикальных контактных трещин, приуроченных к узлам оперяющих разломов, природных рассолов ниже залегающего верхнекембрийского водоносного горизонта (далее ВВК).

Отмечается рост минерализации рассолов с глубиной, связанный, по всей видимости, с большим воздействием ниже лежащего ВВК.

Расход зафиксированных и наблюдаемых водопроявлений свидетельствует о характерной, и описанной выше, локализации коллекторов НоВК, и об отсутствии прямой связи между линзами, т.к. вскрытие рассолов на нижележащих горизонтах не приводило к резкому уменьшению притока рассолов на выше лежащих горизонтах, что свидетельствует в пользу того, что каждый участок разгрузки

рассолов НоВК имеет свою, сформировавшуюся «зону питания», состоящую по всей видимости, из естественных емкостных запасов иммобилизованной линзы, с незначительным притоком с ниже лежащих водоносных комплексов.

### ***Литература***

1. Колганов В.Ф. Горно-геологические особенности коренных месторождений алмазов Якутии / В. Ф. Колганов, А. Н. Акишев, А. В. Дроздов // Мирный, 2013. – С.96-121.
2. Гидрогеология СССР. Том XX. Якутская АССР. – М.: Недра, 1970. – С.83-100.
3. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. 507 с.
4. Климовский И.В., Готовцев С.П. Криолитозона Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: Наука, 1994. 167 с.
5. Гладков А.С., Дроздов А.В., Кошкарев И.А., Потехина И.А., Афонькин А.М. Оценка структурно-тектонического строения глубоких горизонтов трубки Айхал для постановки гидрогеомеханического мониторинга // Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Иркутск. 2015. №2 С 46-56
6. Янников А.М. Информационный отчет о проведенных гидрогеологических работах по объектам Айхальского ГОКа за 2018 год. Айхал. 2019г.

УДК 556

## **ПРОГНОЗ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРЕНЬ**

***Репин Иван Сергеевич***

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
аспирант 1 года обучения, г. Пермь,  
ivan.repin.2012@mail.ru*

***Научный руководитель:*** старший преподаватель Ермолович Ирина Геннадьевна

**Аннотация:** Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений – один из ведущих факторов трансформации природной среды Пермского края, поэтому оценка и прогнозирование ее трансформации является актуальной задачей для обеспечения экологической безопасности региона. В статье приведены результаты многолетних исследований по содержанию нефтепродуктов в подземных и поверхностных водах бассейна реки Ирень. Построены карта распространения загрязнения за многолетний период (1972-2018) и прогнозная карта распространения загрязнения за 2020 год.

**Ключевые слова:** Кокуйское газонефтяное месторождение, трансформация природной среды, нефтепродукты, карта загрязнения, прогнозирование, прогнозная карта, Ясыл, Тураевка, Каменка.

## **FORECAST OF OIL POLLUTION IN THE IRENE RIVER BASIN**

***Ivan Repin***

*Perm State National Research University, 1<sup>st</sup> year Post-graduate Student, Perm,  
ivan.repin.2012@mail.ru*

***Research Supervisor:*** Senior Lecturer Irina Ermolovich

**Abstract:** The development and operation of oil fields is one of the leading factors in the transformation of the natural environment of the Perm Territory, therefore, the assessment and prediction of its transformation is an urgent task to ensure the environmental safety of the region. The article presents the results of many years of research on the content of petroleum products in groundwater and surface waters of the Iren



river basin. A map of the spread of pollution over a multi-year period (1972-2018) and a forecast map of the spread of pollution for 2020 are built.

**Keywords:** Kokuyskoye gas and oil field, transformation of the natural environment, oil products, pollution map, forecasting, forecast map, Yasyl, Turaevka, Kamenka.

Кокуйское газонефтяное месторождение расположено в Кунгурском и Ординском районах Пермского края, в 28 км юго-западнее г. Кунгура. Открыто в 1961 году, эксплуатируется с 1965 года. Месторождение эксплуатируется ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

Разработка месторождения ведется в сложных горно-геологических условиях, вызванных развитием карстовых процессов в пермских отложениях.

Одними из основных техногенных факторов, определяющих трансформацию природной среды при эксплуатации нефтяных месторождений Пермского края, является поступление в окружающую среду нефтепродуктов и соленых вод [1,3].

Нефтяные загрязнения по причинам возникновения подразделяются на природные глубинные, техногенные глубинные и поверхностные [2,4,5].

**Техногенные поверхностные** связаны с нарушением правил добычи и транспортировки нефти (разлив нефти при порывах нефтепроводов, неисправности оборудования устьев скважин, подземном ремонте скважин); сброс нефти и нефтепродуктов на закарстованную поверхность (в карстовые лога, воронки) при производстве ремонтных и ликвидационных работ на эксплуатационных скважинах.

**Техногенные глубинные** связаны с созданием высоких давлений при закачке воды в продуктивные пласты, с нарушением герметичности скважин – некачественной цементацией в нагнетательных скважинах (прорывы колонн и нарушения цементного кольца) и, как следствие миграция нефти за счет выдавливания из недр по трещинным приразломным зонам, заколонным пространствам скважин через перекрывающие породы.

**Природные глубинные** факторы обусловлены гидродинамическими эффектами в земной коре и сводятся к прямой восходящей фильтрации флюидов из продуктивных горизонтов по зонам суб-вертикальной дизъюнктивной нарушенности, активизированной в неоген-четвертичное время, в основном за счет разницы в давлении на глубинах и в приповерхностной части. Вертикальная проницаемость толщи, перекрывающей продуктивные горизонты, обеспечивает гравитационное всплывание нефти до уровня верхних водоносных горизонтов и накопления её в трещинно-карстовых коллекторах.

На территории Кокуйского месторождения выделено три характерных участка загрязнения, приуроченных к малым рекам, притокам реки Ирень. Это реки Тураевка, Каменка и Ясылка.

По результатам анализа всех имеющихся данных, на исследуемой территории, для каждого опорного участка, были выделены обобщённые точки наблюдения за многолетний период (1972-2018 гг.). Всего 41 точка наблюдения (рис. 1).

Превышение ПДК по нефтепродуктам установлено в 22 точках наблюдения и достигает значений 13910 ПДК. Содержание нефтепродуктов практически повсеместно превышает ПДК.

Наиболее чистой является самая большая река месторождения – Ирень, здесь концентрации находятся практически на уровне фоновых. Большие расходы воды и соответственно большее разбавление способствуют этому. Наиболее загрязнены реки Ясылка, Тураевка и Каменка, где наблюдаются превышения ПДК, что связано с наличием в их бассейнах нефтепромысловых объектов (ДНС, кусты скважин) и подземных источников загрязнения.

На представленной карте (рис. 1.) отчётливо прослеживается закономерное снижение содержания нефтепродуктов в воде при пространственном движении от истоков к устью.

Для построения прогнозных карт использовались данные по содержанию нефтепродуктов в пробах подземных и поверхностных вод за многолетний период.

При помощи математических методов и программы «Statistica» созданы расчётные уравнения для всех точек наблюдения на исследуемой территории (41 штука).

Для начала для каждой точки наблюдения были определены числовые характеристики случайной величины. К таким характеристикам относят математическое ожидание и дисперсию. Математическое ожидание (в дальнейшем среднее значение) есть сумма частотных значений на объем совокупности. Дисперсия характеризует меру разброса (вариации) случайной величины относительно математического ожидания. Среднее квадратичное отклонение  $\sigma$  представляет собой корень квадратный из дисперсии [6].

**Карта распространения содержания нефтепродуктов в подземных и поверхностных водах Кокуйского месторождения за многолетний период**

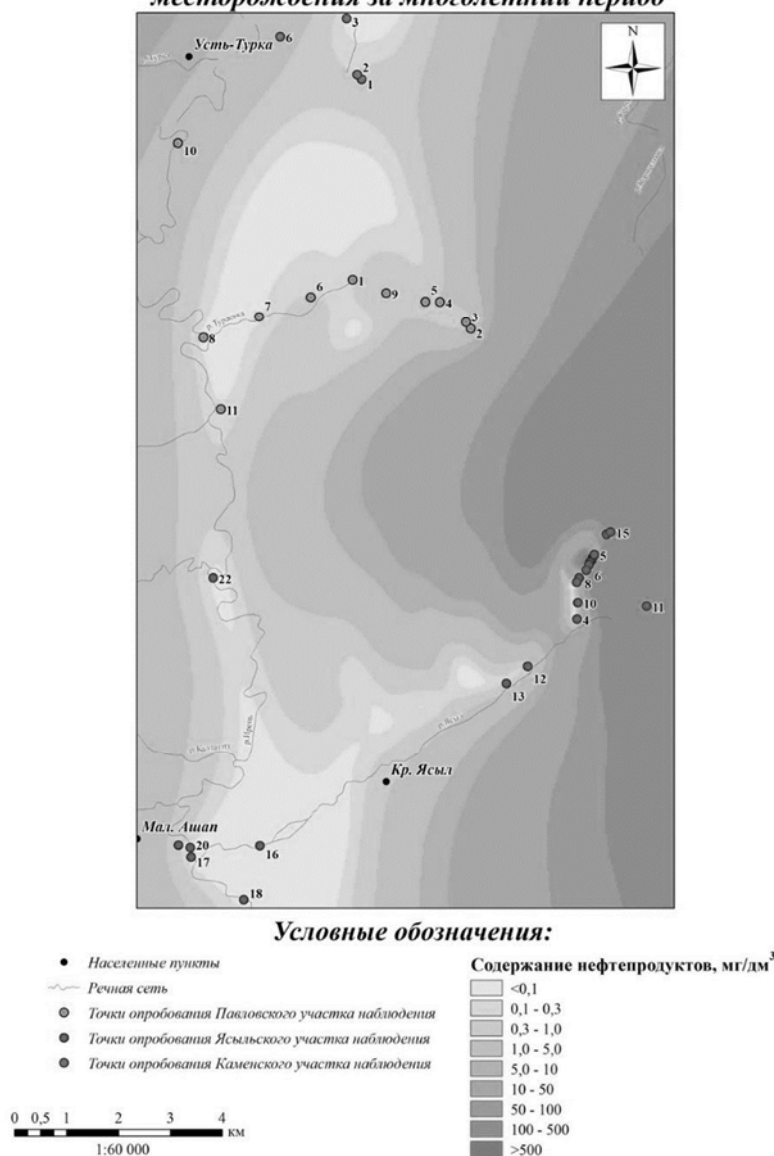


Рис. 1. Карта распространения содержания нефтепродуктов в подземных и поверхностных водах территории Кокуйского месторождения за многолетний период (1972-2018 гг.).

Далее необходимо проверить все ли значения относятся к имеющейся совокупности. В составе собранных данных могут встречаться единичные наблюдения, у которых зарегистрированные значения признака заметно отличаются от общего уровня. Для исключения из дальнейшей обработки «выделяющихся» наблюдений необходимо использовать критерии. В настоящее время существует достаточно большое количество критериев исключения из выборочной совокупности «выделяющихся» наблюдений. Практически все они основаны на: а) установлении границ в исследуемой выборочной совокупности –  $X_{min}$  и  $X_{max}$  б) сопоставлении экспериментальных наблюдений ( $X$ ) с граничными значениями ( $X_{min}$  и  $X_{max}$ ) исследуемой совокупности. Если  $X$  выходит за пределы  $X_{min}$  или  $X_{max}$ , то эти наблюдения необходимо исключить из исследуемой совокупности [6].

Существует простой способ поиска «чужого» наблюдения основанный на критерии  $3\sigma$ . Для дальнейших расчётов будут использоваться те значения, которые удовлетворяют условию  $X_{cp} + 3\sigma$ . Это правило удобно и просто, но является слишком «жестким», поэтому при его использовании есть опасность удалить из выборки правомерный результат [6].

Отображение наблюдений исследуемой совокупности осуществляется в виде графика рассеивания.

На практике, экспериментальные данные, чаще всего описываются теоретической функцией ( $y$ ) линейного вида, где ( $x$ ) – прогнозируемый год. Таким образом для всех точек наблюдения были составлены расчётные уравнения на 2020 год.

Не во всех точках наблюдения правомерно было составлять уравнение, так как в некоторых точках объём выборки составил всего 1-2 значения. Также в некоторых точках значение функции имеет отрицательное значение. Это говорит о большом разбросе во времени между имеющимися и прогнозными наблюдениями.

Итого, для построения прогнозной карты по загрязнению территории нефтепродуктами, было использовано 11 точек наблюдения по нефтепродуктам.

Количество полученных расчётных точек крайне мало для целостного анализа, но достаточное для оценки общих закономерностей. В целом построенная прогнозная карта (рис. 2) повторяет контуры распространения загрязнения по результатам многолетних наблюдений.

Что касается временного изменения содержания нефтепродуктов, то чётких тенденций не обнаружено. Можно ожидать повышения содержания нефтепродуктов в точках наблюдения на Каменском и Ясылском участках. В целом же изменение содержаний исследуемых компонентов по годам носит в большей степени случайный характер.

Итак, значительное превышение по содержанию нефтепродуктов в районе исследования говорит о высокой степени загрязнения вод. Воды жесткие, минерализованные, загрязнённые нефтепродуктами. Нефтяное загрязнение имеет широкое распространение, мигрирует от водоразделов к устьям, как правило, уменьшаясь в этом же направлении в связи с разбавлением водного потока.

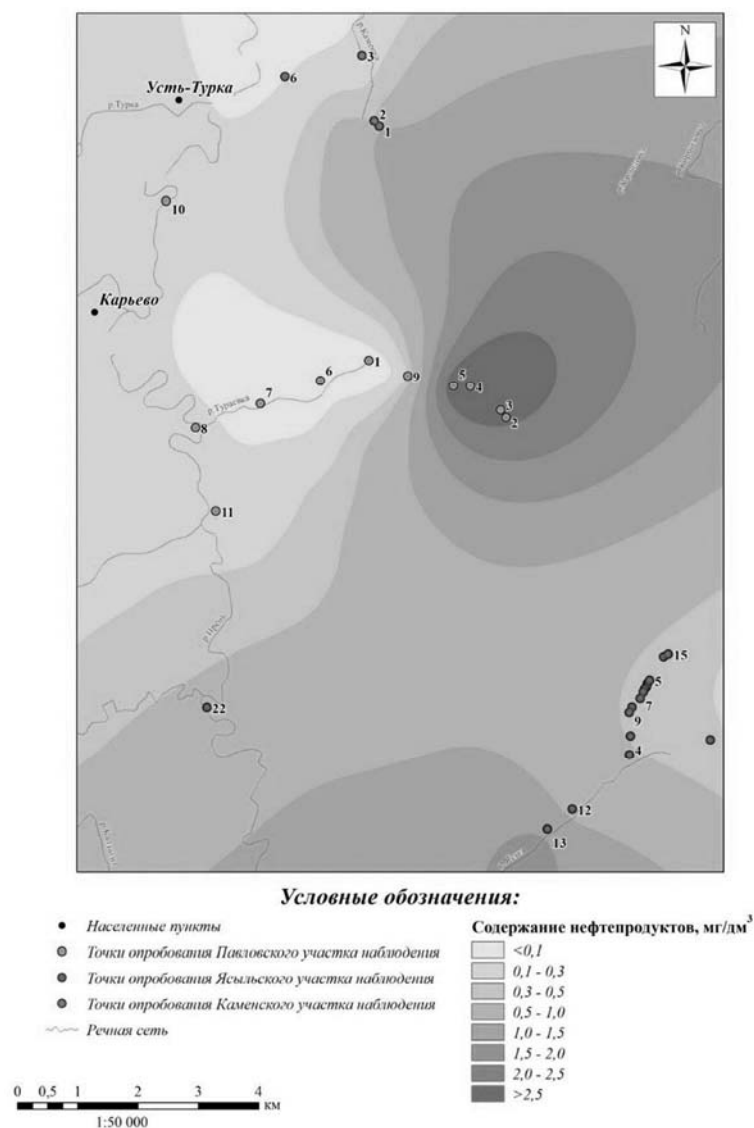


Рис. 2. Прогнозная карта распространения содержания нефтепродуктов в подземных и поверхностных водах территории Кокуйского месторождения на 2020 год

### *Литература*

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь, 2003. 171с.
2. Быков В.Н. Нефтегазовое карстоведение. Изд-во Перм. ун-та. Пермь, 2002. 351 с.
3. Костарев С.М., Морозов М.Г. Трансформация химического состава вод в районах нефтедобычи Пермского края // Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: сб. научн. тр. Пермь, 2006. С. 52-65.
4. Костарев С.М. Особенности нефтепромыслового загрязнения геологической среды карстовых районов Пермского края. Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах. Материалы Международного симпозиума. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 367 с.: ил.
5. Оборин А.А. Нефтезагрязненные биогеоценозы (процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы): монография / А.А. Оборин, В.Т. Хмурчик, С.А. Иларионов, М.Ю. Маркарова, А.В. Назаров. УрО РАН. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2008. 511 с.

УДК 556

## **ТИПЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ СКРУ-1 ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

**Конев Сергей Васильевич**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент бакалавр IV курса 2016, г. Пермь, e-mail: blindstarpag@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Минькевич Ирина Игоревна

**Аннотация:** В районе СКРУ-1 ВКМКС встречены все типы вод соляных месторождений пластового типа: надсолевые, межсолевые, подсолевые и техногенные рассолы (закладочные и конденсационные).

**Ключевые слова:** подземные воды, рассолы, минерализация, Верхнекамское месторождение солей.

## **TYPES OF THE UNDERGROUND WATERS IN SKRU-1 OF THE VERKHNEKAMSK POTASH SALT DEPOSIT**

**Konev Sergey**

*Perm State University PSU, IV<sup>th</sup> year Student, Perm, e-mail: blindstarpag@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Minkevich Irina

**Abstract:** In the area of SKRU-1 VKMKS, all types of water from salt deposits of the reservoir type are found : above- salt, inter-salt, sub- salt and technogenic brines (filling and condensing).

**Keywords:** groundwater, brines, mineralization, Verkhnekamsk salt Deposit.

В районе первого калийного рудоуправления (СКРУ-1) Верхнекамского месторождения солей присутствуют *надсолевые, внутрисолевые и подсолевые* типы подземных вод.

В надсолевом водоносном комплексе прослеживаются три гидрохимические зоны. В верхней части разреза преобладают воды гидрокарбонатно-кальциевой гидрохимической фации (по Г.А. Максимовичу). Она характерна для водоносных горизонтов пестроцветной и терригенно-карбонатной толщ. Ниже прослеживаются более минерализованные воды сульфатно-кальциевого состава, они приурочены к соляно-мергельной толще. В нижней части толщи заключены хлоридно-

натриевые рассолы. В кровле соляной залежи залегают естественные карстовые рассолы с минерализацией до 300 г/дм<sup>3</sup>, формирующиеся в результате выщелачивания слабоминерализованными водами покровной каменной соли.

Внутрисолевые воды встречены при проходке горных выработок. Рассолы отличаются повышенной минерализацией, большим удельным весом, обогащены хлористыми кальцием и бромидом. Все они относятся к хлоридному типу (по М. Г. Валяшко) и имеют соленость 320 г/дм<sup>3</sup> и более. Они представляют собой воды седиментационного генезиса, образовавшиеся в Р.

Подсолевые воды развиты в филипповском сульфатно-галогенно-карбонатно-терригенном комплексе и имеют в основном хлоридно-натриевый состав с минерализацией до 300 г/дм<sup>3</sup> [2].

На месторождении встречаются *закладочные и конденсационные (вентиляционные)* рассолы, которые имеют техногенное происхождение.

Конденсационные рассолы образуются в результате взаимодействия влаги, выделяющейся из воздуха при контакте с соляными породами. Их химический состав зависит от состава солей, вскрытых горными выработками, и времени существования рассолов. Такие рассолы обогащены калием, натрием, магнием и кальцием. Минерализация изменяется от 340 до 410 г/дм<sup>3</sup>.

Закладочные рассолы – это жидкая фаза, поступающая в рудник вместе с отходами переработки солей. Она отжимается в процессе уплотнения закладочного материала в горные выработки. При закладке карналлитовых выработок объем образующихся рассолов обусловлен содержанием влаги в закладочном материале, количества которого для СКРУ-1 составляет около 1600 м<sup>3</sup>/год. Отжимающиеся рассолы в связи с недонасыщением по MgCl<sub>2</sub> частично растворяют карналлит, образуя участки с пониженной несущей способностью, которые представляют скелет из мелкозернистых кристаллов хлоридов натрия и калия и нерастворимых остатков выщелачивания. Одновременно освобождается значительное количество кристаллизационной воды [1].

При закладке сильвинитовых выработок формирующиеся рассолы оказывали в основном механическое воздействие на соляные породы. Наблюдались случаи фильтрации остаточных рассолов по трещинам через целики и межпластовую соль в соседние и нижепроеденные выработки. Увлажнение глинистых прослоек также отрицательно сказывается на механической прочности сильвинитовой породы.

В соляном руднике часто можно наблюдать различные карстовые формы, формирование которых связано с техногенным фактором. Под влиянием конденсационной влаги на стенках и кровле горных выработок встречены карры. Ниши выщелачивания, представляющие собой горизонтальные врезы в солях, образуются в местах постоянного скопления конденсационных и закладочных рассолов.

Натечные образования в горных выработках СКРУ-1 представлены сталактитами и сталагмитами. В их формировании принимают участие рудничные рассолы, межсолевые и надсолевые воды. Рост сталактитов является показателем повышенной конденсации. Появление их в новых местах свидетельствует о просачивании в выработки рассолов различного генезиса. Это может быть утечка рассолов из закладочных камер, выжимание межсолевых вод из глинистых прослоек, просачивание надсолевых вод. Натечные образования могут служить индикаторами различных рассолопроявлений в руднике (Рис.).

Анализ гидрогеологических условий района СКРУ-1 позволяет определить причины поступления воды в горные выработки (капез). Значительная роль при этом принадлежит техногенным рассолам. Следует также выявлять формирование и вскрытие новых водопроводящих трещин, обуславливающих гидравлическую связь приконтактных рассолов с надсолевыми водами.



Рис. Тонкие соляные сталактиты-бочки на арматуре шахты

#### *Литература*

1. Бельтюков Г.В. Карстовые воды Верхнекамского соленосного бассейна // Карст Урала и Приуралья. Пермь, 1968. С. 49-51.
2. Минькевич И.И., Килин Ю.А. Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2017. – 232 с.

УДК 556.

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД Г. КАЗАНЬ В СВЯЗИ С СОЗДАНИЕМ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

*Петрова Дарья Ивановна*

*Казанский Федеральный Университет, аспирант 3года обучения, г. Казань*

*e-mail: darja\_scorpion@mail.ru*

**Научный руководитель:** *д.г.-м.н., профессор, Сунгатуллин Рафаэль Харисович*

**Аннотация:** В статье рассматриваются подземные воды, подвергшиеся техногенному загрязнению за счет создания Куйбышевского водохранилища, которые имеют большое значение при решении таких вопросов как: водоснабжения населенных пунктов, промышленных предприятий гидро-технического промышленного и гражданского строительства. Проанализирован ретроспективный анализ изменения содержаний основных компонентов подземных вод в городе Казани в период с 1936 года по 2019. Выявлены сложные процессы техногенного изменения состава подземной гидросферы.

**Ключевые слова:** подземные воды, Куйбышевское водохранилище, техногенно-измененные воды, макрокомпоненты, микрокомпоненты.

# TRANSFORMATION OF UNDERGROUND WATERS OF KAZAN IN CONNECTION WITH THE CREATION OF THE KUYBYSHEV RESERVOIR

*Daria Petrova,*

*Kazan federal university State University, Post-graduate Student, Kazan,  
darja\_scorpion@mail.ru*

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy Professor, Reader, Rafael Sungatullin*

**Abstract:** The article presents underground water storages, which are of great importance in solving issues such as water supply to settlements, industrial enterprises of hydraulic engineering and national construction. A retrospective analysis of changes in the composition of the main groundwater components in the city of Kazan in the period from 1936 to 2019 is analyzed.

**Keywords:** groundwater, Kuybyshev reservoir, technologically altered waters, macrocomponents, microcomponents.

Столица Республики Татарстан относится к типичному для современной России крупному промышленному городу. В Казани проживает 1,25 млн. человек, на его территории расположено более 140 промышленных предприятий и организаций, являющихся крупными водопотребителями. Процесс техногенного изменения химического состава вод (техногенная метаморфизация гидросферы) приводит к коренному преобразованию исходного типа подземных вод и переходу в новую стадию их существования — техногенно-измененные воды. Последние часто характеризуются высокими концентрациями макро- и микрокомпонентов и своеобразным их соотношением, повышенной минерализацией, динамичным (в пространстве и во времени) режимом распределения многих показателей.

Основным гидрографическим объектом Приказанского района является река Волга, зарегулированная Куйбышевским водохранилищем. Наполнение самого крупного в России и третьего в мире по площади искусственного водоема происходило с октября 1955 г. по май 1957 г., когда отметка уровня воды достигала 53,0 м, что было на 11 метров выше естественного уровня р. Волга. В результате поднялись уровни подземных вод, замедлился водообмен между приповерхностными водоносными горизонтами, что способствовало подтоку минерализованных вод снизу и нарушению гидрохимической зональности [2].

Проведенный нами ретроспективный анализ изменения содержаний основных компонентов подземной гидросферы в Казани (таблица) показал, что до середины 50-х годов XX века состав вод формировался за счет природных особенностей гидролитосферного пространства. Так, сухой остаток не превышал 1 г/л, среди анионов преобладал гидрокарбонат-ион, а среди катионов – кальций. Общая жесткость вод составляла около 9 мг-экв./л. Существенные изменения произошли при заполнении Куйбышевского водохранилища в 1955-1957 гг.

Таблица

Изменения средних содержаний основных компонентов для водоносного сакмарского комплекса на территории г. Казань, в мг/л						
Временные этапы	Сухой остаток	Общая жесткость мг-экв./л	Гидрокарбонаты	Сульфаты	Хлориды	Железо общее
1936-1955 гг.	640	9	405	103	48	0,02
1955-1961 гг.	772	19	458	143	31	2,8
1962-1970 гг.	2189	32	401	1233	70	3,1
1971-1990 гг.	2210	33	384	1312	67	1,9
1991-2000 гг.	2283	34	324	1467	39	1,9
2001-2008 гг.	2244	33	318	1288	60	2,4
2009-2019 гг.	966	33	366	350	60	0,38

В течение 5-6 лет (до середины 60-х годов прошлого столетия) гидросфера адаптировалась к подымавшемуся уровню поверхностных и подземных вод. В данный период повысились общая жест-



кость вод (в 3 раза) и содержания железа (в 100 раз), увеличилось в 1,5 раза содержание сульфатов и незначительно – сухой остаток (таблица). Самое существенное изменение подземной гидросферы на рассматриваемой территории произошло в начале 60-х годов прошлого столетия. Антропогенно-измененный (нарушенный) период, который продолжается уже более полувека, отразился в значительном увеличении сухого остатка (в 5 раз по сравнению с природным периодом), общей жесткости (в 4 раза), железа (в 50-150 раз), сульфатов (в 10 раз). С 60-х годов прошлого века и по настоящее время, отмечается этап стабилизации химического состава подземных вод, для которого характерны повышенные минерализация (2-2,5 г/л) и общая жесткость (25-40 мг-экв./л), высокие содержания сульфат-иона (1-2 г/л) и железа (2-3 мг/л).

Прогноз распределения основных компонентов в подземных водах Приказанского района показал, что в будущем химический состав вод сохранится, так как растворы сульфатных солей, преимущественно отвечающих за химический состав подземных вод в данном районе, относятся к очень стойким и медленно распадающимся соединениям: время их распада составляет десятки и сотни лет [1].

Таким образом, в Приказанском районе существуют сложные процессы техногенного изменения состава подземной гидросферы, пусковым механизмом которого послужило создание Куйбышевского водохранилища.

### *Литература*

1. Гольдберг В. М. Природные и техногенные факторы защищенности грунтовых вод и ее оценка // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1983. Т. 58, вып. 2. С. 103-110.
2. Сунгатуллин Р. Х., Хазиев М. И. Системный подход при изучении гидросферы на промышленно-урбанизированных территориях // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009. № 1. С. 19-31.

УДК 556

## **ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ КИНДЕРКА (“ПАНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ”, ВЫСОКОГОРНЫЙ РАЙОН РТ)**

*Ахмедов Алишер Азизович*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 1 года обучения, г. Казань  
e-mail: alishdart@gmail.com*

*Научный руководитель: старший преподаватель, Хузин Илнур Амирович*

**Аннотация:** В ходе исследований проведен комплекс полевых работ в верхнем течении реки Киндерка. Осуществлены отбор проб и гидрохимический анализ основных показателей качества воды. Установлено, что в местах разгрузки верхнеказанских отложений наблюдаются превышения ПДК по показателю общей жесткости. Вода имеет гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав. Превышений остальных параметров качества воды не обнаружено.

**Ключевые слова:** гидрогеология, река Киндерка, Казань, качество воды.

## **FACTORS OF FORMATION OF UNDERGROUND WATER CHEMISTRY IN THE UPPER KINDERKA RIVER ("PANOVSKII SPRINGS," HIGH-MOUNTAIN REGION OF TATARSTAN)**

*Alisher Azizovich Akhmedov,*

*Kazan (Volga region) Federal University, 1st year Master's Degree Student, Kazan  
e-mail: alishdart@gmail.com*

*Research Supervisor: Senior Lecturer, Khuzin Ilnur Amirovich*

**Abstract:** During the research, a complex of field works was carried out in the upper course of the Kinderka River. Sampling and hydrochemical analysis of the main water quality indicators were carried out. It has been established that in the places of discharge of Upper Kazakhstan sediments there are excess MPC by the indicator of total rigidity. Water has hydrogen carbonate magnesium-calcium composition. No excess of other water quality parameters was detected.

**Keywords:** Hydrogeology, Kinderka River, Kazan, water quality.

В настоящее время на территории города Казани стремительными темпами развивается строительство жилых комплексов, коттеджных поселков. В связи с этим остро встает вопрос с выявлением новых источников водоснабжения.

Водосборный бассейн реки Киндерка исторически является одним из основных источников водоснабжения города Казани (Пановские источники, в-р «Аки»). Основной проблемой подземных вод на рассматриваемой территории является несоответствие качества нормативным требованиям (Сан-ПиН 2.1.4.1074-01) по показателю общей жесткости. Также не последнюю роль могут играть техногенные источники загрязнения.

Цель данной работы заключалась в выявлении основных факторов формирования химического состава подземных и поверхностных вод в бассейне реки Киндерка, а также в определении их качественного состава.

Комплекс лабораторных анализов был проведен в гидрохимической лаборатории Института геологии и нефтегазовых технологий. Элементы и параметры, а также методы их определения приведены в таблице 1. Часть результатов химического анализа проб воды приведены в таблице 2.

Таблица 1. Методы определения компонентов

Методы	Элементы, параметры
Ионнохроматографический	SO <sub>4</sub> , Cl, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , F, Br, PO <sub>4</sub> , K, Mg, Na, K, NH <sub>4</sub>
Кондуктометрический	Минерализация, электропроводимость
Потенциометрический	Водородный показатель (pH)
Титриметрический	HCO <sub>3</sub>
Атомно-абсорбционный	Fe, Cu, Mn, Ni

Таблица 2. Основные показатели качества воды

№ Пробы	Анионы (мг/л)					Катионы (мг/л)					Жест. общая	Минерализация
	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na	K	Fe	°Ж	(мг/л)
1	408,83	12,97	5,49	0,08	1,58	129,48	25,98	4,45	1,55	0	8,6	590,42
2	414,94	11,24	5,94	0,03	2,21	120,53	23,77	4,63	0,23	0	8,0	583,52
3	414,94	11,62	6,17	0,53	2,27	118,56	22,54	4,77	0,53	0,02	7,8	581,96
4	402,73	12,15	6,63	0,76	1,00	119,84	23,03	4,31	0,86	0	7,9	571,32
5	414,94	11,25	6,16	0,22	1,80	110,04	20,30	4,25	0,85	0	7,2	569,8
6	366,12	6,08	3,02	0,02	2,13	91,27	23,14	3,09	0,60	0	6,5	495,48
7	427,14	12,79	6,32	0,02	2,56	125,71	22,54	4,32	1,16	0	8,1	602,56
8	427,14	9,39	7,87	0,06	5,43	116,76	21,53	3,55	0,96	0	7,6	592,71
9	427,14	12,97	7,25	0,07	2,45	123,88	21,31	4,83	1,41	0,019	7,9	601,32
10	427,14	13,39	6,78	0,11	0,44	129,63	21,80	4,66	1,15	0	8,3	605,1
11	390,53	4,99	4,95	0,00	0,00	107,64	17,67	3,90	1,23	0	6,8	530,91
12	378,32	4,96	5,68	0,02	0,00	104,48	17,10	4,27	1,34	0	6,6	516,17
13	427,14	4,93	3,06	0,17	0,82	102,64	22,39	3,31	0,75	0	7,0	565,2

По результатам проведенных работ было установлено, что главным фактором формирования химического состава подземных вод на изучаемой территории является выщелачивание и растворение водовмещающих пород, обогащенных растворимыми минералами – кальцитом, доломитом. Бла-

годаря этому, в верхней части разреза формируются воды, характеризующиеся гидрокарбонатным магниевым-кальциевым составом.

Основной проблемой, осложняющей использование данных вод для водоснабжения является повышенная жесткость, которая также зависит от особенностей состава водовмещающих пород. Вниз по разрезу происходит закономерное повышение минерализации и жесткости за счет более длительного взаимодействия воды с породами. Уржумский водоносный горизонт характеризуется более низкой минерализацией и нормальным показателем жесткости, в то время как воды верхнеказанского водоносного горизонта часто имеют превышения по показателю общей жесткости и более высокую минерализацию. [1].

Поверхностные воды характеризуются гидрокарбонатным магниевым-кальциевым составом. Их состав напрямую зависит от состава подземных вод, так как питание реки происходит за счет разгрузки вод из уржумских и казанских отложений.

Закономерных изменений состава реки вниз по течению не прослеживается. На изучаемом участке реки минерализация колеблется от 495 до 605 мг/л, а водородный показатель от 7,3 до 7,8, что находится в пределах нормы. Пробы, отобранные из притоков реки, в отличие от проб с основного русла, характеризуются нормальной жесткостью, не превышающей ПДК. Это обусловлено разгрузкой данных вод из уржумских отложений, в то время как воды из основного русла питаются также за счет вод казанского водоносного комплекса.

Основным техногенным источником загрязнения является сельскохозяйственная деятельность человека, в результате которой происходит повышение содержания нитратов. По данным химического анализа проб воды установлено, что содержание нитратов уменьшается по мере удаления от населенных пунктов.

### *Литература*

1. А.И. Шевелёв, Н.И. Жаркова, И.А. Хузин, С.И. Поляков, Р.К. Галеев, И.А. Серебренникова, А.И. Латыпов, И.С. Нуриев, Ю.Р. Ахиярова, М.И. Мухамедишина "Гидрогеологические и инженерно-геологические условия города Казани". Казанский университет. 2012. 235 стр.

2. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Москва. 2001. 125 стр.

УДК 553.98

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Мухтиев Михаил Арсеньевич**

*Бакирский государственный университет, магистрант 2 курса, г.Уфа*

[mishamikhtiev@mail.ru](mailto:mishamikhtiev@mail.ru)

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Мустафин Сабир Кабирович

**Аннотация:** В статье рассмотрено влияние гидродинамического моделирования на разработку месторождений нефти и газа. Роль программных обеспечений в жизни и производстве возрастает с каждым днём.

**Ключевые слова:** Геологическое моделирование, гидродинамическое моделирование, прогноз, адаптация, симулятор.

## HYDRODYNAMIC MODELING AS A TOOL FOR EFFICIENT DEPOSIT DEVELOPMENT

*Mikhail Mukhtiev*

*Bashkir state university, 2<sup>nd</sup> year student (Master's degree student), Ufa*

[mishamikhtiev@mail.ru](mailto:mishamikhtiev@mail.ru)

*Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Sabir Mustafin*

**Abstract:** The article considers the influence of hydrodynamic modeling on the development of oil and gas fields. The role of software in life and production is increasing every day.

**Keywords:** Geological modeling, hydrodynamic modeling, forecast, adaptation, simulator.

Сегодня трудно не оценить влияние геологического и гидродинамического (фильтрационного) моделирования на управление разработки месторождений. Для того чтобы эффективнее всего разрабатывать месторождение, нужно воспроизвести историю разработки с учётом наиболее точного геологического строения и фильтрационно-емкостных свойств пласта-коллектора. Для этого в практике применяются программные обеспечения, позволяющие с максимальной точностью восстановить геологическую и технологическую информацию в трёхмерном объёме, а также с учётом изменения во времени.

Главной целью гидродинамического моделирования является обоснование геолого-технических мероприятий в средне- и долгосрочной перспективах разработки, а также оптимизация систем разработки выработанных месторождений с использованием современных технологий оптимизации заводнения и третичных методов повышения нефтеотдачи, таких как проведение гидравлического разрыва пласта (ГРП), мульти-гидроразрыв пласта (МГРП)-ГРП на нагнетательных скважинах, бурение боковых стволов (БС), боковых стволов с горизонтальным окончанием (БГС) [2].

Анализ, интерпретация и обработка данных геофизических исследований скважин является основой при построении геологических моделей. С помощью диаграмм каротажей, полученных различными методами, данных по керну, а также результатов скважинных испытаний получают детальную межскважинную корреляцию с выделением флюидоупоров и основных пластов-коллекторов, наиболее точное моделирование которых в дальнейшем будет главной целью.

Глубокая динамическая обработка сейсмических данных позволяет выявить в волновом поле специфические особенности, присущие изучаемому нефтеносному объекту. При наличии достаточного объема промысловой информации по скважинам производится анализ корреляционных связей геологических и геофизических параметров и прогноз характеристик межскважинного пространства с учетом сейсмических данных.

На базе структурных сейсмических данных создаётся структура геологической модели, которая наиболее полно отображает рельеф межскважинного пространства. Это межскважинное пространство называется сеткой геологической модели. Наиболее сложной процедурой, требующей тщательного обоснования входных данных, является прогноз распределения фильтрационно-емкостных свойств модели. Они принимаются для расчетов, а также учета всех пространственных геометрических факторов и граничных значений для формирования устойчивой трехмерной модели. Этими свойствами являются пористость, проницаемость, песчанистость [3].

Сформированная трехмерная геологическая модель - основа для подсчета геологических запасов полезных ископаемых изучаемого объекта.

Обоснование данных петрофизики, используемых при подсчете запасов нефти и газа - один из важнейших этапов подготовки месторождения к разработке. По лабораторным исследованиям керна разрабатывается петрофизическая основа для интерпретации данных ГИС и проектирования разработки нефтяных месторождений.

Для оценки исторических и прогнозных дебитов нефти и газа, прогноза объёмов закачки при операции поддержки пластового давления (ППД), подсчёта запасов во времени, перевод скважин на ППД, включение в разработку новых скважин и вовлечение других методов интенсификации добычи (КИН) строится гидродинамическая (фильтрационная) модель с учетом всех физических свойств [4].

Гидродинамическая модель является математической моделью, которая воспроизводит физические процессы в пласте при его разработке. Она состоит из дифференциальных уравнений в частных производных сохранения массы, импульса и энергии. Благодаря ей существует возможность максимально точно описать поведение пласта с помощью математических уравнений. Само моделирование можно разделить на четыре этапа:

1. Описание поведения пласта с помощью математических терминов и законов, сформулированных ранее.
2. Получение входных данных путём исследования модели для дальнейшего сопоставления результатов.
3. Адаптация модели по результатам наблюдения, решение обратных задач, т.е. определение характеристик модели, которые оставались неопределёнными.
4. Совершенствование модели по мере накопления новой информации, её анализ.

История применения математических методов для моделирования коллекторов начинается с 60-х гг. XX в. Затем в 70-х гг. для построения карт стали активно применять различные методы интерполирования, такие как кригинг. Полноценные геологические модели появились лишь во второй половине 80-х гг. Тогда же тема применения стохастических методов моделирования коллекторов стала главной в научной среде. Программные обеспечения для моделирования получили своё развитие в начале XXI века [1].

Примерами гидродинамических симуляторов являются Eclipse, TNavigator, Tempest MORE. В них реализованы такие функции, как: создание и подготовка моделей для расчёта, настройка параметров гидродинамической модели с использованием средств визуального редактирования, возможность просмотра и анализа результатов расчёта модели и её адаптации, построение прогнозов по геолого-техническим мероприятиям, подготовка отчётности по моделям (паспорт модели, таблица 8 по нефти, воде, газу и др.), интеграция с кооперативными базами данных, построение кроссплотов факт-расчёт, сравнение графиков двух и более расчётов, трещины ГРП, термическая опция, разломы, водоносные пласты, двойная пористость/проницаемость, индикаторы и др.

Входные данные ключевых слов для гидродинамических симуляторов в основном разделены на две части:

Секция физических и управляющих параметров — в этой секции могут использоваться ключевые слова, определённые в разделах: Общие данные, Описание сетки, Задание регионов, Описание свойств, Определение начальных условий;

Секция определения данных, зависящих от времени — данная секция начинается при обнаружении одного из слов DATE, DATES, TSTEP или SCHEDULE. В этой части входных данных могут быть использованы ключевые слова, описанные в Режимы работы скважин и динамических данных.

На сегодняшний день наиболее полное извлечение углеводородов из максимальных запасов при максимальной рентабельности является главной целью разработки месторождений. Для достижения этой цели используются современные технологии, и одним из ключевых решений является компьютерное моделирование.

### **Литература**

1. Азиз Х., Сеттари Э. *Математическое моделирование пластовых систем*. // М.: Недра, 1982. – 407 с.
2. Бадьянов В. А. *Методы компьютерного моделирования нефтяных месторождений в задачах нефтепромысловой геологии: автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук: 04.00.17.* // Тюмень, 1998. – 72 с.
3. Букаты М. Б. *Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой гидрогеологии* // Разведка и охрана недр. - 1997. - № 2. - С. 37-39.
4. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е. *Трёхмерная геолого-технологическая модель месторождения УВ на основе индивидуальной поскважинной адаптации* // Газовая промышленность. - 2010. - № 5. - С. 36-39.

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

*РАЗДЕЛ 8:*

*Геоэкология и охрана  
окружающей среды*

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

*Section 8:*

*Geoecology  
and environmental protection*

УДК 911.9

## **АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ АВАРИЙНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ РЕЛЬЕФА С УЧЁТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ АЛЯСКИ, МОНТАНЫ, СЕВЕРНОЙ ДАКОТЫ)**

**Овчинникова Анастасия Ильинична**

*Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант 1 курса,  
г. Санкт-Петербург*

*e-mail: nastiaovch@gmail.com*

**Научный руководитель:** *д.п.н., к.г.н., профессор, Жиров Андрей Иванович*

**Аннотация:** Проведён детальный анализ статистики аварий на трубопроводах США (Аляска, Монтана, Северная Дакота) для выявления зависимости аварийности от рельефа. Для каждой аварии были измерены геотопологические параметры (параметры рельефа) той элементарной поверхности (элементарного ландшафта), на которой она произошла. Чтобы учесть пространственное расположение трубопроводов, которые чаще всего и прокладывают по наиболее безопасным местам, в анализ была включена величина удельной аварийности трубопроводов. Полученные результаты могут быть использованы в инженерно-геологических изысканиях при проектировании новых трубопроводов и для оценки состояния уже существующих.

**Ключевые слова:** трубопровод; естественные риски; аварийность; геоморфологический фактор; геотопологические параметры; системно-морфологический подход.

## **ANALYSIS OF DEPENDENCE OF PIPELINE ACCIDENT RATE ON THE RELIEF TAKING INTO ACCOUNT THE SPATIAL LOCATION OF THE PIPELINE SYSTEM (A CASE STUDY OF ALASKA, MONTANA, NORTH DAKOTA)**

**Anastasiia Ovchinnikova,**

*Saint Petersburg State University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student,  
Saint Petersburg,  
nastiaovch@gmail.com*

**Research Supervisor:** *Doctor of Pedagogic Sciences, Candidate of Geographic Sciences,  
Professor, Andrey Zhiron*

**Abstract:** A detailed analysis of accident statistics on US pipelines (Alaska, Montana, North Dakota) was carried out to identify the dependence of accidents on the surface topology. Geotopological parameters of each elementary surface (elementary landscape), where accidents occurred, were measured. To take into account the spatial position of pipelines, which are most often laid in the safest places, the specific accident rate of pipelines was included in the analysis. The results can be used in engineering and geological surveys to design new pipelines and to assess the condition of the existing ones.

**Keywords:** pipeline; natural risks; accident rate; geomorphological factor; geotopological parameters; system-morphological approach.

Одной из задач инженерно-геологических изысканий является изучение причин и условий аварийности существующих трубопроводов для целей информационного обеспечения проектирования трубопроводов и объектов инженерного обустройства, а также рациональной эксплуатации трубопроводной системы. Анализ аварийности трубопроводов и её причин (факторов) может быть основан на предшествующих полевых исследованиях и оценке состояния уже эксплуатируемых трубопроводов.

Факторы аварийности трубопроводов делятся на природные ("коррозионные воздействия и воздействия геологической среды, проявляющиеся как экзогенные геологические процессы" [3]) и



антропогенные (брак строительства/изготовления, ошибочные действия персонала при эксплуатации, износ оборудования и др. [5]). Среди природных факторов аварийности – рельеф, который определяет пространственное положение трубопровода, а также интенсивность опасных экзогенных процессов. **Целью данной работы** является выявление закономерностей распределения природообусловленных аварий трубопроводов по разным типам элементарных поверхностей с разными характеристиками рельефа. Среди анализируемых геотопологических параметров (характеристик рельефа): абсолютная высота, крутизна склона (уклон), горизонтальная кривизна, вертикальная кривизна, относительная высота, элементарные поверхности, азимут падения склона, близость к структурной линии.

Для достижения цели необходим анализ детальной статистики аварийности на трубопроводах. К сожалению, российская статистика аварийности на трубопроводах отсутствует в открытом доступе, есть только некоторые обобщающие данные по трубопроводной системе РФ [2]. Однако, необходимая статистика была обнаружена в Национальной системе картографирования трубопроводов США [4]. В этой базе наряду с интерактивной картой с объектами трубопроводной инфраструктуры содержатся подробные протоколы с указанием причины аварий (природная/антропогенная). Для анализа были выбраны три штата – Аляска, Монтана, Северная Дакота – чьи природные условия ближе к российским. В программе SAS.Planet с помощью топографических карт США ESRI (USA\_Topo\_Maps) были измерены геотопологические параметры элементарных поверхностей (элементарных ландшафтов), на которых произошли аварии в период 2002-2017 гг.. Полученные результаты заносились в электронную базу в программе Excel для дальнейшей статистической обработки.

Трубопроводы чаще всего прокладывают в наиболее безопасных местах – на горизонтальных поверхностях, прямолинейных в плане и профиле склонах, на площадках, пр., поэтому при расчётах аварийности необходимо учитывать пространственное расположение трубопровода. Для этого была введена величина удельной аварийности трубопроводов, которая выражается в количестве аварий с определённым значением геотопологического параметра на длину репрезентативного трубопровода, проходящего по элементарным поверхностям с таким же значением геотопологического параметра (количество аварий/длина трубопровода в метрах). В качестве репрезентативного был выбран трубопровод, проложенный через штаты Монтана и Северная Дакоты с запада на восток и таким образом пересекающий различные природные зоны, простирающиеся субмеридионально [1]. В Аляске были проанализированы элементарные поверхности, по которым проходит Трансаянский нефтепровод.

Экстраполируемый участок	Репрезентативный участок	Уклон общий	Горизонт. кривизна	Вертик. кривизна	Относит. Высота	Элементарная поверхность	Длина, м	Доли	Экстраполированные длины	Проверка
I1-I2	M13-M27	+	+	+	+	+	11353	5912		11353
	M13-M14	0,25	1	1	1	5-2	4	0,000677	7,681326	
	M14-M15	0,25	1	1	1	5-2	4	0,000677	7,681326	
	M15-M16	0,001	1	1	1	6-5	898	0,151894	1724,458	
	M16-M17	0,011	1,26	-	1	2 1-6	250	0,042287	480,0829	
	M17-M18	0,002	1,7	-	1	1 1-6	363	0,061401	697,0803	
	M18-M19	0,032	-	-	1	2 6-5	62	0,010487	119,0606	
	M19-M20	0,083	1	1	1	1 5-2	12	0,00203	23,04398	
	M20-M21	0,083	1	1	1	1 5-2	12	0,00203	23,04398	
	M21-M22	0,08	1	1	1	2 6-5	25	0,004229	48,00829	
	M22-M23	0,2	1	1	1	2 5-6	10	0,001691	19,20332	
	M23-M24	0,0006	1	1	1	1 6-5	1400	0,236806	2688,464	
	M24-M25	0,16	1	1	1	1 5-2	6	0,001015	11,52199	
	M25-M26	0,16	1	1	1	1 5-2	6	0,001015	11,52199	
	M26-M27	0,005	1	1	1	2 6-5	2860	0,483762	5492,148	
Длины элементарных поверхностей 5-2, 5-2, 6-5 и др. на репрезентативном участке M13-M27							Доли длин элементарных поверхностей репрезентативного участка M13-M27 от общей длины репрезентативного участка M13-M27			
Длина экстраполируемого участка I1-I2							Сумма экстраполированных длин			
							Длина репрезентативного участка M13-M27			
							Длины элементарных поверхностей 5-2, 5-2, 6-5 и др. на экстраполируемом участке I1-I2			

Рис.1. Фрагмент базы данных с экстраполяцией репрезентативных участков

Суммарная длина репрезентативного трубопровода (проходящего через три штата) составила свыше 2847 километров, поэтому были выделены небольшие репрезентативные участки на этом трубопроводе для более детального измерения геотопологических параметров, которые впоследствии были вручную экстраполированы на весь трубопровод. Вся информация заносилась в базу данных (рис.1). В результате было выявлено распределение элементарных поверхностей и их геотопологических показателей на всей протяжённости репрезентативного трубопровода, которое впоследствии использовалось для расчёта удельной аварийности трубопровода.

Результаты проведённого анализа показаны на рисунке 2.

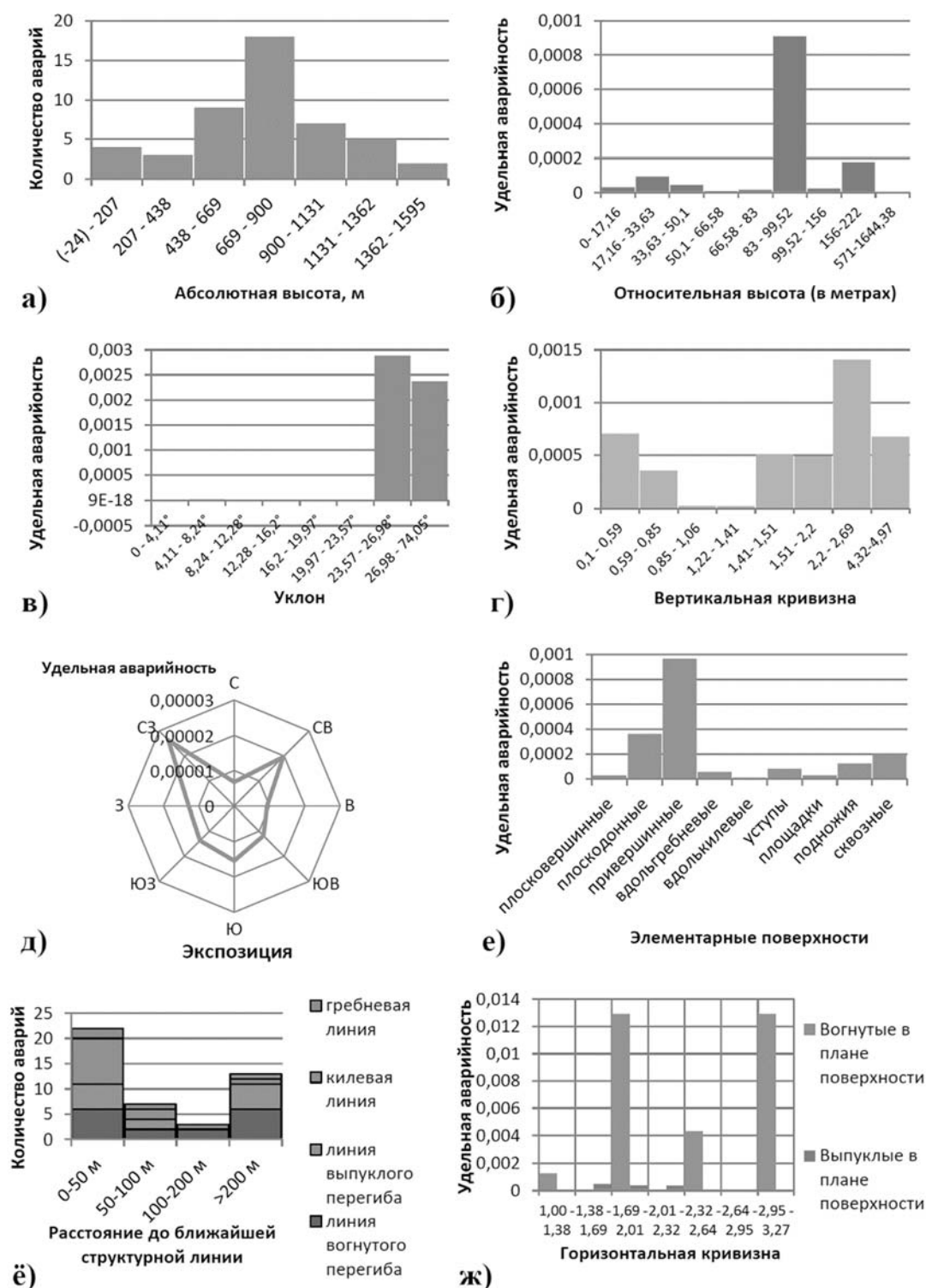


Рис. 2. Удельная аварийность (рис. 2б, 2в, 2г, 2д, 2е, 2ж) и абсолютное количество аварий (рис. 2а, 2ё) на поверхностях с различными геоморфологическими характеристиками.

Повышенная аварийность на абсолютных высотах 400-900 м (рис. 2а) обусловлена физико-географическим положением северных штатов США, где значительную часть занимают горы или возвышенные равнины. С абсолютной высотой связана вертикальная расчлененность рельефа, которая является негативным фактором для трубопроводов.

Сильно повышенная аварийность наблюдается при относительной высоте 83-99 метров (рис. 2б). Именно склоны данной относительной высоты обычно являются крутыми и сильно расчленёнными, что и обуславливает повышенную аварийность.

Аварийность на склонах с крутизной 4-8° связана с максимальной влажностью грунтов и наиболее интенсивным массовым движением грунта (рис. 2в). Повышенная аварийность на склонах с крутизной более 23° связана с резким изменением давления внутри трубопровода.

Повышенная аварийность наблюдается на вогнутых в плане склонах (рис. 2ж), что связано с высокой вероятностью активизации опасных экзогенных процессов, в том числе линейной эрозии.

Повышенная аварийность наблюдается на сильновогнутых (из-за повышенной влажности) и сильновыпуклых (из-за интенсивного выноса веществ) в профиле склонах (рис. 2г).

Повышенная аварийность выявлена на плоскодонных (из-за повышенной влажности) и привершинных верхних поверхностях (из-за максимального прихода влаги при первичном распределении осадков и веществ) (рис. 2е).

Повышенная аварийность на склонах северной, восточной и северо-восточной экспозиции обусловлена повышенной влажностью грунтов из-за муссонной циркуляции атмосферы в Монтане и Северной Дакоте и меньшей теплообеспеченностью северных склонов в северном полушарии (рис. 2д). Отмеченная аварийность на юго-западных и западных склонах объясняется выпадением осадков на склонах этих экспозиций на юге Аляски.

Повышенная аварийность отмечена на линиях вогнутых перегибов и килевых линиях, где происходит линейная эрозия и аккумуляция вещества (рис. 2ё). Также отмечено влияние близости к структурным линиям: на расстоянии 0-50 м отмечено наибольшее количество аварий.

Таким образом, выявленные закономерности распределения аварий объясняются различными физико-географическими причинами. Результаты работы можно применять при предпроектных инженерно-геологических изысканиях при выборе наименее аварийноопасного маршрута трубопровода.

### **Литература:**

1. Амосов М. И., Артемьев Ю. М., Москаленко И. Г., Сыромятина М. В., Температурно-влажностные условия природных зон мира // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2011. №3., стр.101
2. Власова Л.В. Оценка влияния природных воздействий в задачах обеспечения надежной и безопасной эксплуатации газотранспортной системы ПАО «Газпром» // Вести газовой науки. 2017. №1 (29)
3. Машков К.А. «Четвертичные отложения и экзогенные процессы как факторы экологического риска на промысловых нефтепроводах» (автореферат дис. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук). Ижевск. 2007. 22 с.
4. Официальный сайт Национальной системы картографирования трубопроводов США (The National Pipeline Mapping System – NPMS). URL: [vpnpms.phmsa.dot.gov/PublicViewer/](http://vpnpms.phmsa.dot.gov/PublicViewer/) (дата обращения: 09.12.2019)
5. Савонин С.В., Москаленко А.В., Алексеева Н.Н., Тюндер А.В., Арсентьева З.А. Аварии на магистральных трубопроводах // Газ России. 2015. №4. – С. 70-73.

УДК 504.054

## **ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОБЫЧИ ХРОМА НА МАССИВЕ НУРАЛИ, ЮЖНЫЙ УРАЛ**

**Гатауллин Руслан Азатович**

Башкирский государственный университет, студент 4 курса, г.Уфа, [rusgatln97@gmail.com](mailto:rusgatln97@gmail.com);

Институт геологии УФИЦ РАН, лаборант-исследователь, г. Уфа

**Научный руководитель:** д. г.-м.н., в.н.с., (ИГ УФИЦ РАН), Савельев Дмитрий Евгеньевич

**Аннотация:** В данной статье на основе литературных источников рассматривается вопрос возможного влияния на окружающую среду возобновления добычи хромовых руд на массиве Нурал, Южный Урал. В руде хром имеет трёхвалентную форму и не обладает токсическим воздействием. Ландшафты Нурал, его обрамления и долин отличаются геохимической и механической устойчиво-

стью. Запасы руды сосредоточены в малых месторождениях и рудопроявлениях. Совокупность этих факторов говорит о том, что добыча хромовой руды не будет иметь значительного воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** хром, массив Нурали, загрязнение окружающей среды хромом.

## POSSIBLE ENVIRONMENTAL ASPECTS OF CHROME MINING ON THE NURALI MASSIF, SOUTH URAL

*Gataullin Ruslan*

*Bashkir state university, 4<sup>th</sup> year Student, Ufa, rusgatln97@gmail.com*

*Institute of geology UFRS RAS, research assistant, Ufa*

**Research Supervisor:** *Doctor of Geology and Mineralogy, Lead Researcher, Dmitrii Saveliev*

**Abstract:** In given article based on literary sources the question of possible influence on environment of renewal of extraction of chrome ores on a file of Nurali, Southern Ural Mountains is considered. In ore chrome has the trivalent form and does not possess toxic influence. Landscapes of Nurali, its frames and valleys differ geochemical and mechanical stability. Reserves of ore are concentrated in small deposits and ore manifestations. The combination of these factors suggests that the mining of chrome ore will not have a significant impact on the environment.

**Keywords:** chrome, Nurali massif, chrome pollution.

Наиболее большой интерес к изучению хромитоносности ультраосновных пород на Южном Урале пришёлся на 20-е – 30-е годы XX века в связи с потребностями развивающейся чёрной металлургии. После открытия месторождений на Кемпирсайском массиве изучение ультрамафитов Урала было приостановлено за ненадобностью [4].

После распада СССР кемпирсайские месторождения отошли к Казахстану, а в России единственным активно разрабатываемым (по причине высокого качества руды – до 42%) месторождением осталось Сарановское на Северном Урале в Пермской области. При темпах добычи 2004 года его запасов хватит на несколько десятков лет [5].

В данной работе была сделана попытка определения возможных проблем в случае возобновления добычи хромовых руд в зоне массива Нурали.

В ультрамафитах, серпентинитах, габбро-пироксенитовом комплексе массива Нурали выявлены три хромитовых месторождения, сейчас не разрабатываемые. Также имеются пять рудопроявлений. [1]. В отдельных рудопроявлениях в долине между хребтами обнаружены повышенные концентрации платиноидов (Приозёрное, Западно-Шерамбайское) [6].

С развитием средств производства, а также с постепенным истощением богатых руд становится актуальной добыча более бедных руд. Это означает то, что законсервированные месторождения и рудопроявления массива Нурали могут стать с течением времени рентабельными для отработки.

Поэтому имеет смысл рассмотреть некоторые возможные экологические проблемы, которые могут быть при разработке хромовых руд на массиве Нурали.

На хребтах Большой и Малый Нурали, а также в долине между ними распространены два типа ландшафтов:

Первый тип. Низкие горы (500- 700 м), расчленённые небольшими V- образными и каньонообразными логами и выработан на интрузивных породах и образованиях серпентинитового меланжа. Для него характерны гребневидные вершины, изредка до отвесных, склоны, местами перекрытые коллювиальными глыбами и щебнем, днища логов заполнены пролювиальными щебнистыми суглинками. Почвы каменистые примитивные горные, практически лишённые растительного покрова, лишь в логах под пихтово-еловыми лесами, иногда с примесью березы и осины формируются горные лесные почвы.

Второй тип занимает днища межгорных впадин, сложенные суглинками, песками и галечниками. В долинах наблюдается большое разнообразие почв: пойменные луговые, темно-серые лесные, лугово-черноземные, растительность - луговое и остепненно-луговое разнотравье, приречные ольхово-берёзовые леса.

Экологически значимой характеристикой природных ландшафтов является их устойчивость к химическому загрязнению (геохимический потенциал) и физико- механическому воздействию [1].

Факторы, определяющие устойчивость природных комплексов к загрязнению							Оценка устойчивости	Индекс на схеме
Тип ландшафта по условиям миграции загрязняющих веществ	Сорбционная способность горных пород	Тип водообмена (коэффициент увлажнения), $K_u$	Потенциал загрязнения атмосферы (вероятность штелей, %)	Годовой слой атмосферных осадков, мм	Объем биомассы	Содержание гумуса в почве, %		
Денудационно - эрозионный	Низкая	Инфильтрационно-испарительный	Слабый	500 – 600	Средний	1 – 2	Высокая	а
Денудационно – аккумулятивный, эрозионно - аккумулятивный	Средняя	Инфильтрационный	Средний	500 – 600	Малый	2,5 – 4,5	Низкая	в

Рис.1. Геохимическая устойчивость ландшафтов, характерных для массива Нурали и его обрамления (по [1])

Главные источники антропогенного загрязнения хромом – металлургические заводы (80% выбросов), а также предприятия, сжигающие нефть и уголь (15%). Также загрязнение происходит при попадании в почву хрома из шлаков феррофосфоризации шлаков (томасшлаков). Оксид хрома ( $CrO_3$ ) загрязняет среду при выплавке легированных сталей, хромировании, добавлении феррохрома в шихту (выделяется в виде тумана). При попадании в окружающую среду соединения хрома представляют большую опасность для экосистем [2].

Токсичные свойства хром проявляет находясь в форме шестивалентных соединений. Но наиболее устойчив хром в соединениях, где он в трёхвалентном состоянии. Такие соединения не ядовиты. В хромитовых рудах хром находится в трёхвалентном состоянии [3].

Таким образом, основной объём загрязнения окружающей среды хромом имеет место из-за выбросов металлургической промышленности, где в отходах оказывается токсичный шестивалентный хром, тогда как в отвалах при добыче хром присутствует в трёхвалентном состоянии, стабильном и не ядовитом. Ландшафты хребта Нурали и его обрамления устойчивы к химическому и механическому воздействию. Хромовая руда на массиве и в пределах его обрамления находится в малых месторождениях и рудопрооявлениях, то есть добыча не будет сопряжена с значительными изменениями и нарушениями поверхности земли. Совокупность данных факторов говорит о том, что возобновление добычи хрома на массиве Нурали не приведёт к сколько-нибудь значительным последствиям для окружающей среде.

### Литература

1. Аулов Б.Н., Беккер Ю.Р., Владимирцева Ю.А., Гвоздик Н.И., Королькова З.Г., Левин Ф.Д., Липаева А.В., Поташова М.Н., Самозванцев В.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XII – Златоуст. Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. (Министерство природных ресурсов РФ ФГУНПП "Аэрогеология", ВСЕГЕИ).
2. Бессонова В.П., Иванченко О.Е. Хром в окружающей среде // Питання біоіндикації та екології № 16-1, 2011, с. 13-29.
3. Реми Г. Курс неорганической химии. Т. 2. М.: Мир, 1966. С. 142—180. 837 с.
4. Савельев Д.Е., Сначёв В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитовосность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала - Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008 - 320 с.
5. Хусаинова Р.М., Черкина М.В., Барулина И.В. Эколого-экономические аспекты утилизации отработанных хромсодержащих катализаторов для расширения сырьевой базы хромовой промышленности // Вестник Казанского технологического университета, Т. 16 №12, 2013, с.217-220
6. Saveliev D.E., Ankusheva N.N. Nurali Ophiolite Massif (the Southern Urals): Geological, Structural, and Mineralogical Features // Вестник Пермского университета, геология, Том 17, №3, 2018, p. 228-244.

УДК 911 504.064

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕК Г. АЛМАТЫ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

**Муканова Бэлла Алмасовна**

*Казахский Национальный университет им. аль-Фараби,  
студент 1 курса (2019-2020 гг.), г. Алматы, Казахстан*

*e-mail: [bella28belka@gmail.com](mailto:bella28belka@gmail.com)*

**Черноштан Анастасия Викторовна**

*Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет,  
магистрант 2 курса (2019-2020 гг.) г. Томск, Россия*

*e-mail: [nas.lucky.96@mail.ru](mailto:nas.lucky.96@mail.ru)*

**Научный руководитель:** *доцент, к.г.-м.н Никитенков Алексей Николаевич*

**Аннотация:** В статье приводятся результаты химического анализа воды рек Есентай, Улкен и Киши Алматы, а также результаты обследования водоохраных зон и полос в пределах г. Алматы, Республика Казахстан.

**Ключевые слова:** водоохранная зона, реки Алматы, химический анализ воды, ГИС

## GEOECOLOGICAL STATE OF THE RIVERS OF THE ALMATY CITY (REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)

**Bella Mukanova**

*al-Farabi Kazakh National University, 1st year Student, Almaty*

*e-mail: [bella28belka@gmail.com](mailto:bella28belka@gmail.com)*

**Anastasia Chernoshtan**

*Tomsk Polytechnic University, 2nd year Master Degree Student, Tomsk*

*e-mail: [nas.lucky.96@mail.ru](mailto:nas.lucky.96@mail.ru)*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Alexey Nikitenkov*

**Abstract:** The article presents the results of chemical analysis of the Esentai, Ulken and Kishi Almaty rivers, as well as the results of a survey of water protection zones and lanes in the city of Almaty, Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** water protection area, Almaty rivers, water chemical analysis, GIS

В связи с демографической ситуацией городов в Казахстане, растет антропогенная нагрузка на реки, протекающих через урбанизированные территории. Особо остро стоит проблема уплотнения и застройки водоохраных зон и полос рек Киши Алматы, Улкен Алматы, Есентай, протекающих через мегаполис-миллионник Алматы. В соответствии с программой развития “Алматы-2020” за последние годы были проведены мероприятия по берегоукреплению русел рек Улкен, Киши Алматы (2007-2016 гг) и Есентай (2017 год – отдельные участки реки; 2019 год – южнее проспекта аль-Фараби) в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций, а также запланирована реконструкция и благоустройство водоохраных полос водных объектов на территории города[8]. Однако данные подходы лишь частично решают ряд экологических проблем, возникающих с застройкой водоохраных зон.

Установление водоохраных зон и полос водных объектов для охраны поверхностных вод от загрязнения является также одним из мероприятий генерального плана пригородной зоны г. Алматы[2]. Согласно Подпункту 28-29 Статьи 1 Водного кодекса РК водоохранной зоной называется территория, примыкающая к водным объектам, на которой устанавливается специальный режим хозяйственной деятельности для предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод; водоохранная полоса — территория шириной не менее тридцати пяти метров в пределах водоохранной зоны, прилегающая к водному объекту, на которой устанавливается режим ограниченной хозяйственной деятельности[1]. Также водоохраные зоны включают в себя зону затопления, в пределах которой, с

учетом селеопасности рек, принимаются меры по ограничению строительства и ведению хозяйственной деятельности [5].

Целью данной работы является анализ имеющегося антропогенного воздействия на крупные реки города Алматы. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Отобрать и проанализировать космоснимки (google-карты, landsat8) и данные по водоохранным зонам и полосам;
2. Выявить нарушения режима хозяйственного использования водоохранных зон и водоохранных полос в пределах города Алматы (результат – карта нарушений);
3. Провести отбор и хим.анализ проб воды рек У.и К. Алматы, Есентай;
4. Оформить результаты и сделать на их основе выводы.

Объект исследования: реки Улькен Алматы, Киши Алматы, Есентай и их водоохранные зоны.

Предмет исследования: состояние водоохранных зон и качество речных вод.

Анализ состояния водоохранных зон территории города производился с использованием методов геоинформационного картографирования, реализация которых осуществлена с использованием ГИС ArcGIS 10.

Экологическое состояние речных вод оценивалось на базе экологической лаборатории географического факультета КазНУ им.аль-Фараби. Для этого был организован отбор проб согласно ГОСТ 31681-2012 [3]. Пробы отбирались по 3-4 точкам каждой реки в пластиковые, плотно закрывающиеся емкости объемом 500 мл. Также на месте производился замер температуры и pH.

Химический состав проводился по ряду показателей на спектрофотометре НАСН LV-935 (год выпуска - 2013), используемого для контроля качества сточной, питьевой, поверхностной и промышленной воды. Для анализа отобранных проб была применена следующая методика: анализируемая вода наливалась в кювету, добавлялся реагентный порошок, содержимое перемешивалось, далее прибор автоматически осуществлял измерения оптической плотности раствора при заданной в программе длине волны, умножал ее на «коэффициент линеаризации» и выдавал результаты на дисплее. Результаты сравнивались с ПДК СанПиН 2.1.5.980-00[9]. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Показатели химического состава речных вод

Название реки	ID	Высота, м	Показатель, мг/л								
			NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Fe <sup>3+</sup>	Cl	NH <sub>4</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> COO	Cr	Cu	SiO <sub>2</sub>
Есентай	E1	979	0,7	0,012	18	0,09	0,02	0,01	0,08	0,1	0,8
	E2	894	0,6	0,015	30	0,18	0,17	0,01	0,26	0,06	2,2
	E3	819	0,5	0,014	54	<b>0,35</b>	0,05	0,02	0,08	0,29	1,5
	E4	741	0,6	0,009	48	0,1	0,01	0,01	0,07	0,1	0,4
Улькен Алматы	B4	1085	0,8	0,018	11	0,05	0,02	0	0,08	0,06	0,8
	B3	976	0,4	0,023	44	0,06	0,03	0,02	0,07	0,04	0,2
	B2	821	0,6	0,01	18	0,04	0,03	0,03	0,14	0,01	0,1
	B1	752	0,4	0,01	17	0,08	0,03	0,01	0,09	0,03	1,3
Киши Алматы	M2	915	0,4	0,009	15	0,06	0,06	0,01	0,14	0,01	0,4
	M3	773,1	0,5	0,011	15	0,07	0,02	0,02	0,1	0,02	0,5
	M1	717	0,9	0,037	22	0,05	0,03	0,03	0,12	0,02	0,1
ПДК			<b>45</b>	<b>3,3</b>	<b>500</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>10</b>

Согласно Казгидромет, качество воды всех трёх рек относится к 3-му классу [4]. Превышение ПДК наблюдается только в одной пробе на р.Есентай. В среднем, содержание железа в р.Есентай значительно выше относительно р.Киши и Улькен Алматы. По содержанию нитритов большие концентрации наблюдаются в р. Киши.Алматы.

На р.Киши Алматы наблюдается возрастание концентраций с потерей высоты, что может быть связано как с антропогенной нагрузкой и прохождением русла реки через городскую территорию, так и с притоком в русло других малых рек. Пониженные концентрации в точке отбора Б1 могут быть связаны с ее расположением ниже озера Сайран, частично аккумулирующего загрязнения и обладающего некоторым потенциалом самоочищения. В целом, концентрации до озера возрастают на участке аль-Фараби.

На р.Есентай выше точки отбора Е3 река принимает в себя воды р.Терисбутак и р.Поганка, загрязнения подвержены значительному разбавлению. Видимый тренд повышения концентраций отсутствует.



Водоохранные зоны водных объектов в административных границах города Алматы имеют определенную длину и специфику на различных участках. Водоохранные полосы водных объектов в административных границах города Алматы: установлены для р. Есентай и р. Киши Алматы(табл.2)[6].

Таблица 2.

Установленные водоохранные полосы и зоны на исследуемых объектах

Название водного объекта	Величина водоохранной зоны, м		Величина водоохранной полосы, м
	в обе стороны от уреза воды	в обе стороны от верхней кромки габиона (канала*)	в обе стороны от уреза воды
Р. Киши Алматы (Малая Алматинка)	500 - от границы города до слияния с рекой Беделбай;		35 м – на территории Туркисбского района
	120 – от р.Беделбай до ул. Горная		
		120-200 – от ул. Горная до пр. Рыскулова	
		300-500 – от пр. Рыскулова до ул.Майлина	
Р.Есентай (Весновка)	120 – от улицы Майлина до границы города		35 м – на территории Жетысуского района
		120-200 – от границы города до пр. Абая	
		120 – от пр. Абая до пр. Райымбека	
	120-300 – от пр. Райымбека до мкр. Кокжиек		
Р. Улькен Алматы (Большая Алматинка)**	500 – от мкр. Кокжиек до границы города		-
	500 м – от Большого Алматинского озера, включая притоки рек Проходная, Мраморная, Казачка, до границ мкр. Кокшоки		
	120 м – от мкр.Кокшоки до границы города		

Примечания:

\* – для р.Есентай

\*\* - в обе стороны от уреза воды

На основе результатов дешифрирования космоснимков установлено, что большая часть городской застройки нарушает режим водоохранной зоны. Значительные нарушения наблюдаются:

1) р. Киши Алматы – от ул. Калдаякова в северном направлении, вдоль ул. Станиславского ул. Волочаевская до ул. Хмельницкого – плотная застройка жилым частным сектором. Дома особенно близко подходят к бетонированному руслу реки в районе Рыскулова. Централизованная канализация – отсутствует.

2) р. Улькен Алматы – от ул. Аль-Фараби до ул. Абая – жилой частный сектор, плотная застройка близ канала.

– от о. Сайран до ул. БАК им. Кунаева - жилой частный сектор, плотная застройка близ канала.

3) р. Есентай – от ул. Макатаева до ул. Ангарская - жилой частный сектор, плотная застройка. Централизованная канализация – отсутствует.

– от ул. Северное Кольцо до границы города – аналогичная плотная застройка с отсутствующей централизованной канализацией.

**Выводы.** Результаты химического анализа показали, что антропогенная нагрузка особенно велика на р. К.Алматы. Также характерно увеличение нагрузки вниз по течению рек.По результатам анализа на соответствие существующему законодательству относительно водоохранных зон и полос, наблюдаются повсеместно нарушения на всех крупных реках, особенно высокая антропогенная нагрузка в зонах жилого частного сектора.

Проведенные меры по благоустройству русла реки, включающие в себя «заклучения» русла рек в железобетонные каналы, позволили снизить антропогенную нагрузку путем ограничения сбросов сточных вод. Нельзя не отметить, что данные мероприятия также могут повлиять на сток рек на территории города, так как подобные действия исключают попадания грунтовых вод, а также размы-

тие берегов и внесение почвы и растительности. Результаты химического анализа можно косвенно связать с результатами данных мероприятий.

На сегодняшний день необходимо произвести вынос или ликвидацию объектов, функциональное предназначение которых не попадает под требования пунктов 1 и 2 статьи 125 Водного Кодекса в соответствии с Правилами [7,1]. Также со стороны органов управления городом необходимо проследить за соблюдением режима хозяйственного использования водоохраных зон и полос водных объектов в административных границах города Алматы в соответствии с Постановлением [6].

### **Литература**

1. Водный Кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.10.2019 г.) // Информационная система «Параграф».
2. Генеральный план пригородной зоны города Алматы (Комплексная схема градостроительного планирования территорий), утвержденный постановлением Правительства Республики Казахстан от 22 октября 2010 года № 1097
3. ГОСТ Р. 31861-2012. Вода //Общие требования к отбору проб. М.: Стандартиформ. – 2013., [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-31861-2012>
4. Информационный бюллетень об окружающей среде Казахстана 2019 год (Министерство экологии, геологии и природных ресурсов РГП «Казгидромет», Департамент экологического мониторинга [Электронный ресурс] URL: <http://ecogofond.kz/orhusskaja-konvencija/dostup-k-jekologicheskoi-informacii/jekologijaly-zha-daj/orsha-an-otrany-zhaj-k-ji-turaly-a-paratty-bjulletender/kz-a-paratty-bjulletender-2019-zh-ru-informacionnye-bjulleteni-za-2019-g/>
5. Об определении границ зон затопления, подтопления: постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. № 360, г. Москва [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru> (дата обращения: 23.05.2018)
6. Постановление акимата города Алматы от 31 марта 2016 года № 1/110 “Об установлении водоохраных зон, полос и режима их хозяйственного использования”
7. Правила установления водоохраных зон и полос, утвержденные Приказом Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 18 мая 2015 года № 19-1/446.
8. Программа развития города Алматы на 2016-2020 годы (Приложение 1 к решению внеочередной XLVII-й сессии маслихата города Алматы V-го созыва от 10 декабря 2015 года № 394) [Электронный ресурс] URL: [http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/PRT-2017\\_RUS-almaty.pdf](http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/PRT-2017_RUS-almaty.pdf)
9. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы. [Электронный ресурс]. URL: <http://16.rospotrebnadzor.ru/documents/10156/313767/6-СанПиН%202.1.5.980-00-Поверхностных%20вод.doc?targetExtension=pdf>

УДК 551.3.053

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ ЗАТОПЛЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ЭТАПЕ ПАССИВНОГО ТЕХНОГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРОВ ШИЛОВСКОЙ ГРУППЫ)**

**Санников Артем Александрович**

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,

студент 3 курса, г.Пермь

e-mail: sannikovartem812@gmail.com

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Ковалева Татьяна Геннадьевна

**Аннотация:** данная статья посвящена определению факторов, влияющих на концентрацию асбестовых волокон в грунтовых водах территорий, расположенных вблизи карьерных выработок асбестовых месторождений. Проведено графическое моделирование с целью установления наиболее бла-

гоприятных мест для создания водозаборов и бурения скважин для питьевых нужд на примере карьеров Шиловской группы.

**Ключевые слова:** пассивный техногенез, асбест, горные выработки, режикит-асбест, распространение асбестовых волокон, расположение водозаборов.

## HYDROGEOLOGICAL AND ECOLOGICAL FORECASTS OF FLOODING OF ASBESTOS OPENCAST MINES AT THE STAGE OF PASSIVE TECHNOGENESIS (ON THE EXAMPLE OF QUARRIES OF SHILOVSKAYA GROUP)

*Artem Sannikov*

*Perm State University, 3st year Student, city Perm,  
e-mail: sannikovartem812@gmail.com*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Tatiana Kovaleva*

**Abstract:** this article is aimed at determining the factors influencing the concentration of asbestos fibers in the ground waters of the areas located near the quarries of asbestos deposits, as well as to create a map showing the most favorable places for the creation of water intakes and drilling wells for drinking purposes on the example of quarries of the Shilovskaya group.

**Keywords:** passive technogenesis, asbestos, mining operations, asbestos-regime, distribution of asbestos fibers, location of the water intakes.

На данный момент на территории Свердловской области существует более 20 крупных карьеров, 4 из которых входят в состав Анатольско-Шиловской группы асбестовых и режикит-асбестовых месторождений. После прекращения разработки полезных ископаемых карьеры данной группы были законсервированы мокрым методом с естественным заполнением. Сейчас на них формируются санкционированные базы отдыха и зоны рекреации для функционирования которых используются воды непосредственно из карьерной выемки. В связи с особенностями структуры асбеста и его проникающей способности, воды таких карьеров могут пагубно влиять на здоровье человека. Кроме того грунтовые воды, расположенные над горными породами, содержащих асбест, потенциально имеют повышенное содержание хризотилowych и актинолитовых волокон. При отсутствии других путей обеспечения водой, использование грунтовых и карьерных вод для питьевых целей на таких территориях необходимо проводить с учетом данных особенностей.

Целью этой статьи является выявление общих закономерностей распространения асбестовых волокон и выявление наиболее благоприятных территорий для сооружения водозаборов и бурения скважин на воду вблизи асбестовых карьеров.

Задачами данной работы является составление рекомендаций по сооружению водозаборов на схожих по типу территориях; прогнозирование затопления карьера Лазурного с помощью балансового [5] и модельного метода; проведение отбора и анализа проб вод карьера для выявления пригодности их для питьевых нужд; выявление основных факторов влияющих на концентрацию асбестовых волокон; составление карты потенциально повышенного содержания асбестовых частиц.

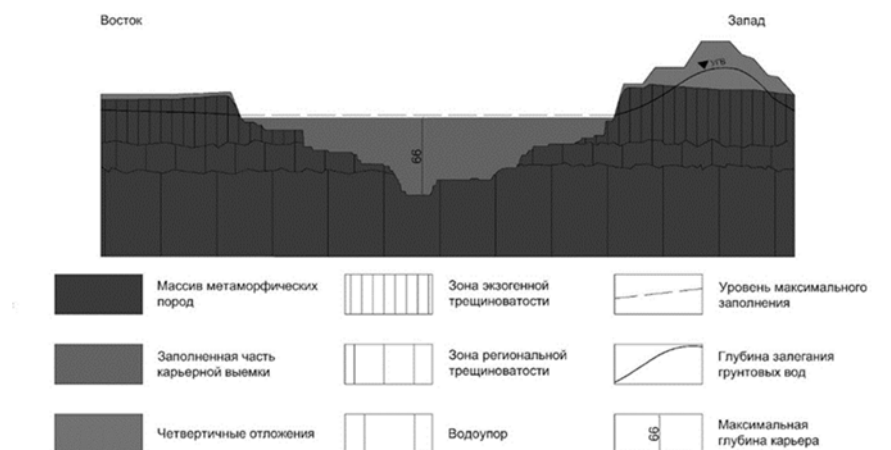


Рис. 1. Геолого-гидрогеологический разрез искусственного озера и прилегающей к нему территории

Исследуемый участок в геоморфологическом отношении расположен на территории Уральско-го горного сооружения, в зоне кряжа остаточных гор восточного склона, которые создают увалистую полосу и характеризуются наличием почти меридионально вытянутых гряд, холмов и увалов, нередко с сильно сглаженными вершинами и пологими склонами. Эти гряды сложены интрузивными и метаморфизованными палеозойскими породами, которые перекрыты элювиально-делювиальными образованиями четвертичного возраста, на территории которых разрабатывались карьеры Шиловской группы.

3-й Шиловский участок (карьер Лазурный) имеет двухъярусное строение. Верхний ярус сложен четвертичными суглинком с щебнем, суглинком с отломами, щебнем и дрсевой коренных пород мощностью до 4 м (у края бортов до 6 м). Нижний ярус выполнен ордовикскими раннесреднесеровскими ультрамафитами дунит-гарцбургитовой формации практически полностью метаморфизованными в зеленые и темно-серые серпентиниты. В данной структуре режикит-асбест залегает в породах в виде вертикальных и субвертикальных жил от 2 до 10 см по всей мощности массива. Схожее строение имеют другие карьеры Шиловской группы.

В процессе выветривания территории под действием экзогенных агентов образовывались трещины, имеющие блоковую структуру и залегающие соотносительно асбестовых жил. Во всем массиве метаморфических пород прослеживаются уровни различной степени трещиноватости с увеличением глубины. Первый уровень – это сильнотрещиноватые породы, возникшие в результате деятельности экзогенных процессов и располагающаяся с поверхности контакта метаморфических пород с четвертичными отложениями до глубины 40 м. Следующий уровень – зона региональной трещиноватости в метаморфических породах до глубины 60 м. Ниже находится уровень, который имеет ничтожную проницаемость и выделяется на данной территории в качестве водоупора [3]. Подземные воды на исследованной территории залегают на глубине 22 метров от поверхности.

На стадии активного техногенеза ток вод сменился с меридиального (с Запада на Восток) на радиальный в зону депрессии. За 18 лет существования воронка карьера «Лазурного» заполнилась до отметки 302 м над уровнем моря. С помощью метода балансов [5] и модельного метода был рассчитан период полного наполнения карьера. В расчетах учитывалось, что источником питания карьера служат поверхностный сток с водосбора, сток с отвалов, приток подземных вод и атмосферных осадков. Расходная часть – испарение с поверхности водоема (421 мм/год с м<sup>2</sup>). Время необходимое для заполнения карьерной выемки максимальной установленной отметки заполнения карьера составит 2,5 года. После достижения этого уровня будет сформирована активная зона выноса частиц, расположенная на глубине регионального залегания грунтовых вод (20-24 м). Время затопления других карьеров будет совпадать в связи с наличием гидростатической связи между ними.

По результатам анализа пробы воды, отобранной из карьера «Лазурный», по минерализации воды относятся к пресным (0,5 мг/дм<sup>3</sup>), по кислотности – к высокощелочным (рН 9), по фации – к гидрокарбонатно-магниевую-кальциевой, при общей фации территории гидрокарбонатно-кальциевой-магниевой по формуле ионного состава [4]. Превышений ПДК не выявлено.

Низкая минерализация возникает за счет высокой общей устойчивости горных пород к растворению и высокой доли питания карьера за счет пресных атмосферных осадков. Аномальное преобладание магниевой фации над кальциевой можно объяснить способностью волокон хризотиласбеста и амфибол-асбеста химически модифицироваться в водной среде, с образованием гидроокси магния, уходящей в раствор, и нерастворимым кремнеземным каркасом волокна [1].

С повышением глубины исследования по результатам химического анализа минерализация незначительно повышается так же, как и рН. Можно предположить, что на глубине 60 метров минерализация повысится, и будет сформирована зона щелочных вод. Такое изменение обусловлено отсутствием изоляции на дне и стенках карьера, затопление которых происходило без сооружения водоупорного слоя. Свободный контакт между водой и породой влечет за собой помимо возникновения зональности карьера, повышение концентрации железа, магния, марганца, меди и других ионов, а также увеличение выноса актинолитовых и хризотилитовых волокон грунтовыми водами из периферийной зоны трещиноватости массива (рис.1).

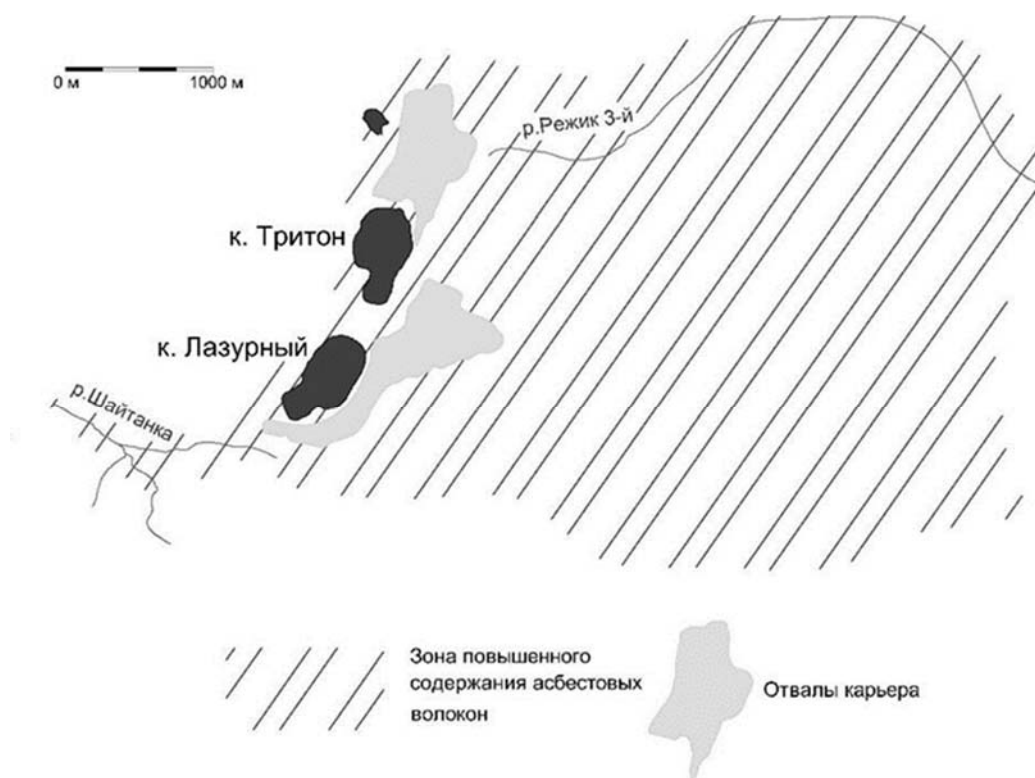


Рис. 2. Зона повышенной концентрации асбестовых волокон

Это характерная особенность асбестовых месторождений ведет к повышению концентрации со временем в искусственном озере (особенно в его глубоких частях) волокон хризотил-асбеста и режикит-асбеста, которые по данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) могут вызывать раковые заболевания пищевых и дыхательных путей [6]. В настоящее время при введении дополнительных мер по очистке воздуха и сточных вод от волокон асбеста количество заболеваний резко сократилось. В то же время, на законсервированных карьерах после завершения этапа активного техногенеза происходит неконтролируемая миграция актинолитовых и хризотилитовых частиц, сопровождающаяся повышением концентрации волокон в грунтовых водах.

Миграция в грунтовые воды возможна за счет способности асбестовых волокон расщепляться на частицы длиной менее 5 мкм. Например, по сообщению Cooper & Mirchio (1974) было обнаружено присутствие хризотилитовых волокон в водопроводной воде г. Сан-Франциско и г. Калифорния, попавших из резервуара, находящегося за многие километры от города [1].

Формируя зону выноса в сторону от карьера, асбестовые волокна перемещаются с грунтовым потоком в региональные и локальные зоны разгрузки. Этими местам являются реки и зоны глубокого залегания грунтовых вод. На данной территории со стабильным уровнем залегания грунтовых вод большее влияние на концентрацию частиц будут иметь абсолютные отметки рельефа, то есть территории, расположенные ниже асбестовых карьеров.

Важно отметить, что в данный момент нет общей точки зрения влияния асбестовых частиц на вызывание заболеваний при поступлении перорально внутрь человека, но существует установленная зависимость длины и размера частиц с их миграционной и проникающей способностью. На основании опытов было выявлено, что наибольшую проникающую способность в организм имеют частицы размером меньше 2 мкм и диаметром 4 нм [Langer & Nolan, 1984].

За счет аккумуляции таких частиц в подземных водах и близлежащих водоемах необходимо создавать различные защитные меры, такие как сооружение водозаборов вне зон потенциального заражения, к которым помимо низких участков также относятся зоны поверхностного стока воды с отвалов горных пород, расположенных к западу от карьеров, в реки (рис.2); использование специальных тонковолокнистых приборов для очистки вод, получаемых на участках возможного заражения; общее сокращение использования карьерной воды в питьевых целях; установка водозаборов в зоне питания карьеров, расположенных в западной и северо-западной части рисунка 2.

В результате проделанной работы была проведена классификация территории вокруг карьеров Асбест-Шиловской группы с точки зрения насыщения асбестом, выявлена наиболее благоприятная зона для создания водозаборов и бурения скважин на воду.

Также были получены следующие результаты:

Геологическая особенность подобных территорий ведет к повсеместному распространению асбестовых частиц, но наименее насыщенными будут считаться грунтовые воды в сравнении с водой искусственных озер;

Полное затопление карьеров произойдет не менее, чем за 2-2,5 года, причем будет сформирована зона активного выноса асбестовых частиц в зоне выхода грунтовых вод в стенках карьеров на глубине от 21 до 23 м;

В связи с отсутствием превышений ПДК воду, полученную из карьера, можно использовать в питьевых целях после очищения специальными методами. Но с учетом отсутствия выясненного влияния асбестовых волокон на человека при поступлении перорально [2] настоятельно рекомендуется использование грунтовой воды, полученной вне зоны потенциального заражения;

Строение рельефа играет ведущую роль в концентрации асбестовых частиц в грунтовых водах. Для схожих по типу карьерах можно рекомендовать создание водозаборов и бурение скважин в зонах питания водоема, а также в зонах наиболее высоких абсолютных отметок рельефа.

### **Литература**

1. Асбест и другие природные минеральные волокна: Пер. с англ. – М: Медицина, 1991. с. 44–45.
2. Асбест и другие природные минеральные волокна: Пер. с англ. – М: Медицина, 1991. с. 87.
3. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала. – М.: Наука. 1964. с. 304.
4. Веретенникова А.С. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал. М.: Недра, 1972. с. 138.
5. Гайдин А.М. Затопление карьеров // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2009. № 4. С. 371–374.
6. Asbestos, asbestosis and cancer: The Helsinki criteria for diagnosis and attribution // Scand. J. Work, Environ and Health, 1997, 23, № 4, p. 311-316.
7. Langer A.M. & Nolan R. P. Physicochemical properties of mineral relevant to biological activities: state of the art. In: Beck T. & Bignon J., cd. Proceedings of the 3rd International Workshop on in vitro Testing of Mineral Dusts, Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1984.

УДК 556

## **ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ Г. КАЗАНИ НА ОСНОВЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

**Гиззатуллин Ильнар Рустамович**

Казанский федеральный университет, студент III курса, г. Казань

e-mail: [ilnargizatylin@mail.ru](mailto:ilnargizatylin@mail.ru)

**Афлятунов Рустам Фаритович**

Казанский федеральный университет, магистрант первого года обучения, г. Казань

e-mail: [79874219112@yandex.ru](mailto:79874219112@yandex.ru)

**Ереев Даниил Александрович**

Казанский федеральный университет, студент IV курса, г. Казань

e-mail: [Daniil.erreev@mail.ru](mailto:Daniil.erreev@mail.ru)

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Мусин Рустам Хадиевич

**Аннотация:** В статье рассматриваются геолого-геоморфологические и гидрогеологические условия г. Казани. Приводится характеристика состава поверхностных вод г. Казани на основе опробования, проведенного осенью 2019 г. Показана широкая вариабельность этого состава и раскрыта её природа.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, состав и качество воды, питание поверхностных вод, загрязнение.

## HYDROGEOECOLOGICAL CONDITIONS OF KAZAN CITY ON THE BASIS OF QUALITATIVE INDICATORS OF SURFACE WATERS

**Ilmar Gizzatullin**

*Kazan Federal University, 3<sup>rd</sup> year student, Kazan*

*e-mail: [ilnargizzatullin@mail.ru](mailto:ilnargizzatullin@mail.ru)*

**Rustam Aflyatunov**

*Kazan Federal University, 1<sup>st</sup> year Master's Degree Student, Kazan*

*e-mail: [79874219112@yandex.ru](mailto:79874219112@yandex.ru)*

**Daniil Ereev**

*Kazan Federal University, 4<sup>th</sup> year student, Kazan*

*e-mail: [Daniil.ereev@mail.ru](mailto:Daniil.ereev@mail.ru)*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Rustam Musin*

**Abstract:** The article discusses the geological-geomorphological and hydrogeological conditions of the city of Kazan. The composition of the surface waters of the city of Kazan is given based on testing conducted in the fall of 2019. The wide variability of this composition is shown and its nature is revealed.

**Keywords:** surface water, composition and quality of water, nutrition of surface water, pollution.

Казань расположена на левобережье р. Волги, в её среднем течении. Площадь города составляет около 600 км<sup>2</sup>, численность населения ~1,3 млн. чел. Казань является одним из крупнейших промышленно-гражданских центров Поволжского экономического района. Город расположен большей своей частью на комплексах аллювиальных волжских террас. Рельеф – равнинно-холмистый с абсолютными отметками 53 м (нормальный подпорный уровень Куйбышевского водохранилища) – 160–190 м (в восточной части города). Террасы воздымаются до отметок 140 м, более высокие гипсометрические уровни представляют собой коренной борт Волжской долины. Климат умеренно-континентальный с нормой осадков 550 мм/год [3].

В геолого-структурном отношении Казань расположена на южной оконечности Казанско-Кировского прогиба, структуры первого порядка в составе Волго-Уральской антеклизы Русской платформы [2]. Верхняя часть разреза сложена здесь комплексами полифациальных пермских и преимущественно аллювиальных плиоцен-четвертичных отложений. Пермские образования вскрываются лишь в восточной и северной частях города. Их основание выполнено морскими преимущественно сульфатно-карбонатными сероцветными комплексами нижнего и среднего отделов (до казанского яруса включительно), а прикровельная часть – континентальными терригенными пестроцветными образованиями уржумского яруса. Общая мощность пермских отложений может достигать 250-280 м, при этом их нижняя морская часть обычно перекрыта комплексом новейших отложений, толщина которых в пределах города обычно превышает 30 м, достигая в наиболее глубоких врезках 180 м. Плиоценовые отложения, представленные в основном глинисто-песчаными породами, слагают палеодолину Волги. Осевая часть этой палеодолины протягивается параллельно современному руслу реки при смещении относительно его оси на 12-14 км. Ширина палеодолины Волги в границах города – 6–8 км, а мощность плиоценовых отложений – до 100-120 м [5]. Комплекс четвертичных отложений включает образования плейстоцена и голоцена. Нижнеплейстоценовые отложения включают аллювий прadolины Волги. Среднеплейстоценовые образования слагают четвертую и третью надпойменные террасы Волги, верхнеплейстоценовые – вторую и первую надпойменные террасы Волги и её крупного притока р. Казанки, пересекающей город практически на 2 равные части. Голоценовые отложения выполняют пойму и русла водотоков (пойма и первая терраса Волги и приустьевой части Казанки находятся под водами Куйбышевского водохранилища) [1].

Поверхностная гидросеть города кроме Волги и Казанки (протяженность которой составляет 142 км) представлена более мелкими водотоками – р.р. Нокса, Киндерка, Сухая река, Солонка, а также многочисленными озерами. Наиболее крупной является система трёх озер Кабан – Нижний, Средний и Верхний Кабан, расположенных в центральной части города и протягивающихся параллельно Волге на удалении 1,6-4,0 км. Довольно большое количество малых озёр расположено в пониженной части города по правобережью Казанки в наиболее плотно застроенном Ново-Савиновском районе (оз. в парке Победы, Малое и Большое Чуйково и др.). На окраинах города также имеются озерные водоемы, многие из которых являются популярными местами активного летнего отдыха (оз. Глубокое, Лебяжье, Изумрудное, Комсомольское и др.). Интересными водными объектами в пределах центральной части города также являются протока Булак и старое русло Казанки в её приустье-



вой части. Протока Булак имеет протяженность 1,6 км. Она когда-то соединяла оз. Нижний Кабан с Казанкой, а в настоящее время по существу представляет собой замкнутый бессточный канал, аккумулятор сточных вод с прилегающих улиц, являющихся важными транспортными артериями. Старое русло Казанки также представляет собой изолированный бассейн – аккумулятор разнотипных сточных вод. Протяженность этого русла около 3 км, при ширине до 50 - 60 м.

В пермских и плиоцен-четвертичных отложениях локализованы трещинные и поровые подземные воды, формирующие ряд взаимосвязанных водоносных горизонтов, основной областью разгрузки которых являются перечисленные реки и озера. Уровень грунтовых вод в сглаженной форме повторяет поверхностный рельеф, глубина его залегания варьирует от 0 до 30–35 м. Состав подземных вод довольно пестрый. Воды плиоцен-четвертичных отложений при слабом проявлении техногенного воздействия и отсутствии перетоков из пермских горизонтов характеризуются в основном гидрокарбонатным магниево-кальциевым составом с минерализацией 0,3-0,6 г/дм<sup>3</sup> и жесткостью (здесь и далее понимается общая жесткость) до 5–6 ммоль/дм<sup>3</sup>, воды же пермских отложений могут обладать минерализацией до 2,5 г/дм<sup>3</sup> и жесткостью до 30–40 ммоль/дм<sup>3</sup> при сульфатном и хлоридно-сульфатном натриево-магниево-кальциевом составе (наименование состава воды приводится по ОСТ [8], согласно которому компоненты перечисляются в порядке увеличения процент-мольных концентраций). Изучение состава поверхностных вод Казани проведено на основе их опробования в октябре 2019 г. В гидропробах определялись pH, электропроводность, перманганатная окисляемость, содержания: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>; а также концентрации ряда тяжёлых металлов: Fe, Mn, Pb, Ni, Cd, Cu, Cr, Zn. Ионный состав анализировался с помощью ионных хроматографов Dionex ICS–1600, а металлы детектировались на атомно-абсорбционном спектрометре ContrAA700. Аналитические исследования проведены согласно следующих нормативных документов [9-12].

В целом, поверхностные воды г. Казани характеризуются довольно пестрым составом, при вариациях расчетной минерализации в пределах 85–2513 мг/дм<sup>3</sup> и жёсткости 0,5–37,0 ммоль/дм<sup>3</sup> (табл.).

Широкие вариации состава и минерализации поверхностных вод в первую очередь обусловлены преобладающим типом их питания. Техногенный фактор имеет подчинённое значение. Ранее для озёр Приказанского района это было показано в [4]. Роль техногенного фактора проявляется в некотором увеличении минерализации поверхностных вод в первую очередь за счет хлоридов и ионов натрия, что связано с широким использованием хлоридных солей в качестве антигололёдных средств. Именно в связи с этим повышенные относительные концентрации отмеченных компонентов фиксируются в водах оз. Глубокое, Мал. и Бол. Чуйково, Верхний и Нижний Кабан. Также техногенный фактор ведёт к обогащению поверхностных вод азотными соединениями, органическим веществом и рядом тяжёлых металлов. В наиболее концентрированной форме такое обогащение проявлено в бессточных водоемах, имеющих незначительный объём. Ими в первую очередь являются протока Булак и старое русло Казанки. Здесь концентрации марганца могут достигать 5,4 мг/дм<sup>3</sup>, нитратов – 93 мг/дм<sup>3</sup>, перманганатная окисляемость часто превышает 10 мгО/дм<sup>3</sup>. Подобные гидрохимические закономерности характерны для многих районов Татарстана [6].

Качество воды практически всех изученных объектов (исключение представляют лишь оз. Лебяжье и Бол. Чуйково) не соответствует нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения. Сверхнормативные концентрации наиболее характерны для нитритов, марганца, сульфатов. К этим компонентам часто присоединяется кальций. Максимально широкий спектр компонентов и параметров, превышающих соответствующие ПДК, фиксируется в водах протоки Булак и старого русла Казанки. К указанным компонентам здесь добавляются нитраты, магний, медь, никель и цинк.

Гидрогеологические условия Казани и её ближайших окрестностей не совсем благоприятны для организации крупного централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Это связано с тем, что при формировании депрессионных воронок в водоносных горизонтах неоген-четвертичных отложений начинают проявляться восходящие перетоки вод из нижеказанских и нижепермских отложений, которые отличаются повышенными значениями минерализации и жёсткости. Поэтому в настоящее время хозяйственно-питьевое водоснабжение города базируется на использовании волжской воды с одноименного водозабора, производительность которого превышает 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут. [7].

Таблица

Некоторые морфометрические, водно-балансовые характеристики водоемов и интегральные показатели состава поверхностных вод г. Казани

Водопроявление	Кол-во проб	Площадь, га	Макс. глубина, м	Преобладающий тип воды	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	Жёсткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	Преобладающее питание
оз. Глубокое	2	9,8	12,4	Cl-HCO <sub>3</sub> /Na-Ca	<u>85,0-97,27</u> 91,13±8,67	<u>0,51-0,84</u> 0,68±0,23	Атмосферное
оз. Лебяжье	1	6,6	2,9	HCO <sub>3</sub> /Ca	172,56	1,85	Вода из оз. Изумрудное
оз. Изум-рудное	2	25,6	20,5	HCO <sub>3</sub> /Ca	<u>196,47-199,78</u> 198,13±2,34	<u>2,09-2,11</u> 2,10±0,01	Q
оз. Бол. Чуйково	1	1,7	-	Cl-HCO <sub>3</sub> /Mg-Na-Ca	446,02	4,27	N <sub>2</sub> -Q
оз. Мал. Чуйково	1	0,6	-	Cl-HCO <sub>3</sub> /Na-Ca	678,31	5,59	N <sub>2</sub> -Q
оз. в парке Победы	1	3,7	-	SO <sub>4</sub> /Ca	966,40	9,08	N <sub>2</sub> -Q; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>
оз. Верхний Кабан	2	20,5	13,2	HCO <sub>3</sub> -Cl/Ca-Na	<u>481,88-491,94</u> 486,91±7,12	<u>2,94-3,06</u> 3,0±0,08	Q
оз. Средний Кабан	4	135,1	12,5	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> /Mg-Ca	<u>1151,6-1199,0</u> 1167,64±22,1	<u>13,66-15,70</u> 14,43±0,89	N <sub>2</sub> -Q; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>
оз. Нижний Кабан	4	47,4	12,0	Cl-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> /Na-Mg-Ca	<u>1191,1-1303,7</u> 1247,1±61,96	<u>10,36-15,60</u> 12,88±2,76	N <sub>2</sub> -Q; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>
оз. Комсомольское	2	1,9	-	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> /Ca	<u>1027,6-1071,5</u> 1049,54±31,1	<u>13,45-14,27</u> 13,86±0,58	Вода из скв. P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>
р. Волга	3	-	-	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> /Ca	<u>306,78-386,52</u> 354,68±42,23	<u>3,38-4,55</u> 4,07±0,61	Q, P <sub>2</sub> kz, атмосферн.
р. Киндерка	2	-	-	HCO <sub>3</sub> /Ca	<u>499,98-512,76</u> 506,37±9,04	<u>5,81-6,32</u> 6,06±0,36	Q, P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>
р. Нокса	2	-	-	HCO <sub>3</sub> /Ca	<u>587,99-594,11</u> 591,05±4,33	<u>7,08-7,24</u> 7,16±0,11	N <sub>2</sub> -Q; P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>
р. Казанка	7	-	-	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> /Ca	<u>855,2-1546,4</u> 1173,1±280,8	<u>10,68-20,49</u> 15,49±3,82	N <sub>2</sub> -Q; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> , P <sub>1</sub>
прот. Булак	2	-	-	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> /Na-Ca	<u>1526,8-1739,1</u> 1632,9±150,4	<u>12,58-18,27</u> 15,43±4,02	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>
р. Сухая река	1	-	-	SO <sub>4</sub> /Ca-Na	2055,81	9,03	N <sub>2</sub> -Q; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> , P <sub>1</sub>
р. Солонка	1	-	-	SO <sub>4</sub> /Ca	2324,50	33,90	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> , P <sub>1</sub>
Стар. русло Казанки	1	-	-	SO <sub>4</sub> /Ca	2512,84	36,99	Q; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> , P <sub>1</sub>

Примечание. Прочерки в колонках “Площадь” и “Максимальная глубина” означают отсутствие данных; глубины заимствованы из [4]; в колонках “Минерализация” и “Жёсткость” в числителе – предельные значения (минимум-максимум), в знаменателе – среднее и стандартное отклонение; в колонке “Преобладающее питание” индексами отмечены возрасты водоносных отложений.

### Литература

1. Геологические памятники природы Республики Татарстан /под ред. И.А. Ларочкиной; науч. ред. В.В. Силантьев. Казань: Акварель-Арт, 2007. 296 с.
2. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника /Под ред. Б.В. Бурова. М., ГЕОС, 2003. 402 с.
3. Климат Казани и его изменения в современный период /Под ред. Ю. П. Переведенцева, Э. П. Наумова. Казань: Казанский гос. ун-т, 2006. 216 с.
4. Курлянов Н.А., Мусин Р.Х. Вертикальная гидрохимическая зональность озер Среднего Поволжья // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: Материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2015. С. 517–521.
5. Мальшева О. Н., Нелидов Н. Н., Соколов М. Н. Геология района г. Казани / под ред. С.Г. Каиштанова. Казань: Изд-во Казан.ун-та, 1965. 96 с.
6. Мусин Р. Х. Техногенные изменения в гидrolитосфере Республики Татарстан // Недропользование XXI век. 2013. № 5 (42). С. 61–66.
7. Мусин Р.Х., Курлянов Н. А., Файзрахманова З. Г., Мусина Р. З. О качестве вод, используемых в системах питьевого водоснабжения города Казани //Георесурсы. 2014. № 3 (58). С. 9–16.

8. *Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре.* М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.
9. ПНД Ф 14.1:2:4.132-98 *Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов: нитрита, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии.* М., 1998 (издание 2008 г.). 21 с.
10. ПНД Ф 14.1:2:4.131-98 *Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентраций ионов натрия, калия, магния, кальция, бария и аммония в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии.* М., 1998. 22 с.
11. ПНД Ф 14.1:2.214-06. *Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации Fe, Cd, Co, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr и Pb в пробах природных и сточных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии.* 11 с.
12. ПНД Ф 14.1:2:4.140-98. *Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций Be, V, Bi, Cd, Co, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Ag, Sb и Cr в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией.* М., 1998 (издание 2013 г.). 28 с.

УДК 502.131.1

## **ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА ПО СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*Душкун-оол Эртине Эрес-оолович*

*Томский Государственный архитектурно-строительный университет, студент,  
г. Томск*

*e-mail: igg@tsuab.ru*

**Бычков Олег Анатольевич**

*Томский Государственный архитектурно-строительный университет, к.г.-м.н., доцент  
г. Томск*

*e-mail: jarilo1962@yandex.ru*

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент, Бычков Олег Анатольевич

**Аннотация:** В статье приведены сведения по Кызыл-Таштыгскому месторождению. При освоении и добыче полезных ископаемых территория месторождения будет подвержена интенсивным техногенным воздействиям. В работе представлены результаты проведенного зонирования территории месторождения по степени техногенной нагрузки.

**Ключевые слова:** месторождение, техногенное воздействие, ландшафт, ранжированная шкала, зонирование.

## **ZONING FOR KYZYL-TASHTYGSKOYE POLYMETALLIC DEPOSIT OF THE REPUBLIC OF TYVA BY THE DEGREE OF TECHNOGENIC LOAD**

*Dushkun–ool Ertine Eres–oolovich,*

*Tomsk State University of Architecture and Building, Student, Tomsk,  
e-mail: igg@tsuab.ru*

**Bychkov Oleg Anatolyevich**

*Tomsk State University of Architecture and Building, Candidate of Geology and Mineralogy, Reader  
e-mail: [jarilo1962@yandex.ru](mailto:jarilo1962@yandex.ru)*

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Bychkov Oleg Anatolyevich

**Abstract:** The article provides information of the Kyzyl-Tashtygskiye field. In the process of development and mining of mineral resources, the territory of the deposit will be exposed to increasing technogenic impact. The article presents the results of the zoning for field territory according to the degree of technogenic load.

**Keywords:** deposit, technogenic impact, landscape, ranked scale, zoning.

Кызыл-Таштыгское полиметаллическое месторождение находится в верховьях р. Улуг-О в центральной части хребта Обручева и административно принадлежит Тоджинскому району Республики Тыва. Месторождение занимает бассейн реки Кызыл-Таштыг и расположено на высоте 1600-1800 м., в области сплошного распространения многолетней мерзлоты. Общая площадь территории месторождения составляет 480,9 га. Рельеф территории гольцовый, среднегорный, сильно расчлененный ледниковой и речной эрозией [1].

Согласно проектной документации [2] на территории месторождения находится 27 рудных тел. Объем балансовой руды составляет 12,920 млн.т. Запасы металла в руде: свинца- 202,3 тыс. т, меди - 82,3 тыс.т, цинка -1294,8 тыс. т. При выходе на проектную мощность, добыча руды открытым и подземным способом составит 1 млн. тонн руды в год, срок отработки месторождения составляет 20 лет. Разработка месторождения будет осуществляться комбинированным способом: в течение первых 8 лет – открытым способом в карьере в последующие годы-подземным способом.

Освоение Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения предусматривает горные работы по добыче и переработке руды, бурение скважин, взрывные работы, транспортировку горной массы, перевозку грузов и материалов, строительство зданий и сооружений, хозяйственно-бытовая деятельность и пр.

Подобное интенсивное техногенное воздействие, несомненно, окажет негативное влияние на состояние окружающей среды района. В целом будут оказаны следующие виды воздействий:

- изъятие площадей и нарушение земной поверхности;
- изменение ландшафта и рельефа местности;
- нарушение гидрогеологических и гидрологических условий территории, загрязнение водных объектов;
- обширные области изменения физико-механических свойств, влияющих на устойчивость;
- резкое увеличение количества и активизация опасных геодинамических процессов;
- выбросы вредных веществ в атмосферу (пыли, газов и летучей золы);
- нарушение естественных условий обитания флоры и фауны;
- размещение бытовых, коммунальных и промышленных отходов;

Основными источниками загрязнения окружающей среды при этом будут являться: карьер с отвалами вскрышных пород, хвостохранилище, обогатительная фабрика, котельная предприятия, объекты вспомогательного назначения.

В целях охраны и рационального использования окружающей среды, а также проведения необходимых мероприятий по инженерной защите практический интерес представляет зонирование территории месторождения по степени техногенной нагрузки. Реализованная в работе методика зонирования строилась на потенциальных возможностях компонентов окружающей среды до определенного предела противостоять техногенным воздействиям [3]. В сочетании с широкими возможностями метода аналогий, позволяющего на основе имеющихся прецедентов на качественном уровне оценивать ту или иную степень отрицательных воздействий на состояние окружающей среды, была разработана 3-х балльная ранжированная шкала (табл.)

Проставленные баллы суммировались, и выводилась общая оценка влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду, на основе которой выполнялось зонирование территории по степени техногенной нагрузки. На основе проведенной оценки выявлена общая площадь воздействия на природные компоненты ландшафта и установлены три зоны техногенного воздействия (рис.1) в зависимости от количества набранных баллов:

Зона I (от 14 до 20 баллов) – непосредственного ведения горных работ и размещения технологических объектов, влияющих на изменение состояния недр в пределах границ земельного отвода. Это зона наибольших техногенных воздействий. Здесь произойдет полное изменение внутренней структуры ландшафта и связей между его компонентами, приводящих к деградации ландшафта.

Зона II (от 7 до 14 баллов) – существенного влияния разработки месторождения на различные компоненты природной среды, устанавливается по распространению участков активизации опасных геологических процессов под влиянием горно-добывающих работ. В пределах этой зоны произойдет

частичное разрушение структуры ландшафта, перестройка связей между его компонентами, стабилизация возможна при инженерной защите.

Таблица

Ранжированная шкала воздействий

Виды и объекты воздействий	Баллы		
	0 баллов Отсутствие или незначительное воздействие	1 балл Слабое отрицательное воздействие	2 балла Сильное отрицательное воздействие
1. Изъятие площадей, крупноплощадное нарушение земной поверхности	Менее 10%	10-30%	30-50%
2. Ландшафт и рельеф местности	Территории, не подверженные открытой разработке и строительному освоению.	Изменения ландшафта обратимы. Рекультивация возможна.	Необратимые изменения ландшафта и рельефа местности за счет сооружения карьера и горно-обогатительного комбината. Складирования высоких отвалов и хвостохранилищ. Рекультивации не возможна
3. Подземные воды	Отсутствие нарушений гидродинамического режима, качество воды фоновое	Локальное повышение или понижение УГВ, слабое загрязнение	Нарушение гидродинамического режима, формирование депрессионных воронок, содержание загрязняющих веществ превышает ПДК
4. Поверхностные воды	Речная сеть сохраняется в естественном виде. Опасные процессы, обусловленные гидродинамическими воздействиями речного потока отсутствуют	Частичное исчезновение речной сети. Изменение русла рек. Площадь водосбора снижается на 20-25 %. Частичное затопление и подтопление территорий	Полное изменение речной сети за счет отвальных пород. Уменьшение площади водосбора более чем на 50 %. Затопление и подтопление территорий
5. Состав состояние и свойства грунтов	Грунты находятся в естественном состоянии	Локальные незначительные изменения напряженно-деформируемого состояния грунтов не приводящих к потере устойчивости	Обширные области изменения напряженно-деформируемого состояния и физико-механических свойств грунтов. Потеря устойчивости
6. Опасные геологические процессы и явления	Отсутствие опасных геологических процессов	Локальные изменения в существующих геологических процессах	Резкое увеличение количества и активизация опасных геологических процессов (более 3х)
7. Воздушный бассейн	Содержание загрязняющих веществ не превышает ПДК	Загрязнение атмосферы загрязняющими веществами не превышает 2 ПДК	Концентрация пыли и загрязняющих веществ в атмосфере составляет от 2 до 5 ПДК.
8. Почвенный покров	Почвы находятся в естественном состоянии.	Слабые, локальные изменения физико-химических параметров почв.	Разрушение почвенного покрова, значительные изменения физико-химических параметров почв.
9. Растительный и животный мир	Гибель растительности только в зоне производства работ. Изменения численности популяций в естественных пределах	Локальное уничтожение растительности с возможностью рекультивации. Временное снижение численности популяций	Гибель растительности, рекультивация не возможна. Критическое снижение численности популяций

Зона III (от 0 до 7 баллов) - периферийная часть, примыкающая к зоне существенного влияния разработки месторождения. Охватывает весь бассейн верхнего течения р. Ак-Хем. Характеризуется отсутствием или незначительными техногенными воздействиями на окружающую среду. Здесь будут

происходить кратковременные, незначительные изменения характера функционирования ландшафта и его структуры.

### *Литература*

1. Геоэкологическое состояние природной среды в районе Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения (Тува)/ Лебедев В.И., Прудников С.Г., Кальная О.И., Доможикова Е.А., Самбуу А.Д., Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Андрейчик М.Ф., Балакина Г.Ф., Аюнова О.Д., Саая А.Д., Горбунов Д.П., Монгуш Ч.О.; отв. ред. канд. геол.-мин. наук А.М. Сугоракова [Электрон. ресурс: март 2013]. – Кызыл: ТуВИКОПРСОРАН, 2012. – 178 с.

2. Проект освоения Кызыл-Таштыгского месторождения полиметаллических руд в Республике Тыва. Корректировка. II этап. «Отработка запасов месторождения ниже горизонта -100 м», включая оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС).

3. Экологическое проектирование и экспертиза: Учебник для вузов/ К.Н.Дьяконов, Л.В.Дончева.—М.:АспектПресс, 2005. - 384 с.

УДК 502.12

## **ОБЗОР ПОЛИГОНА ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЧЕРТЕ Г. ПСКОВА**

**Геттих Нелли Павловна**

Санкт-Петербургский государственный университет, студент 3 курса  
г. Санкт-Петербург

e-mail: [nelly.gettikh1@gmail.com](mailto:nelly.gettikh1@gmail.com)

**Евенкова Татьяна Дмитриевна**

Санкт-Петербургский государственный университет, студент 3 курса

e-mail: [tatyana.evenkova@yandex.ru](mailto:tatyana.evenkova@yandex.ru)

**Научный руководитель:** к. г.-м. н., доцент кафедры геологии и геоэкологии Подлипский Иван Иванович

**Аннотация:** настоящая работа посвящена описанию свалки в черте города, в санитарно-защитную зону которой входят жилые дома.

**Ключевые слова:** полигон (свалка), твердые коммунальные отходы, Псков, рекультивация, обзор, загрязнение.

## **HISTORICAL REVIEW OF A CONSUMER WASTE SITE IN THE CITY OF PSKOV**

**Gettikh Nelly**

Saint Petersburg State University, 3d year student

Saint Petersburg

e-mail: [nelly.gettikh1@gmail.com](mailto:nelly.gettikh1@gmail.com)

**Evenkova Tatyana**

Saint Petersburg State University, 3d year student

Saint Petersburg

e-mail: [tatyana.evenkova@yandex.ru](mailto:tatyana.evenkova@yandex.ru)

**Research Supervisor:** Candidate of Geology and Mineralogy, reader departments of Geology and Geoecology Podlipsky Ivan Ivanovich

**Annotation:** this work describes the landfill within the city, the sanitary protection zone of which includes residential buildings and addresses the problems associated with this facility

**Keywords:** landfill, solid municipal waste, Pskov, reclamation, survey, pollution.

Основным методом утилизации твердых коммунальных отходов (далее ТКО) в России на протяжении многих лет остается захоронение. Связи с этим появляются свойственные для большинства субъектов РФ проблемы, связанные с защитой окружающей среды. Сложная ситуация по обращению отходов сложилась и в Псковской области, где на данный момент образуется 1248, 2 тыс. м<sup>3</sup> отходов в год, но при этом большая часть мусора складировается на свалки, выработавшие свой ресурс [3]. Вопросы сбора, переработки и размещения образующихся отходов в регионе решаются в недостаточной мере, следствием чего является значительная техногенная нагрузка на природные компоненты, ухудшение санитарно-гигиенического состояния территорий, которое создает опасную обстановку для здоровья человека. Цель настоящей работы заключается в рассмотрении полигона в городе Пскове для дальнейшей разработки эколого-геологической концепции рекультивационных мероприятий

Рассматриваемый объект – городская свалка, которая располагается в районе Завеличье города Пскова. Ближайший населенный пункт, деревня Опочицы, находится в 500 метрах в юго-восточном направлении от места складирования отходов, а расстояние до многоквартирных жилых домов города Пскова менее одного километра (рис.1).

Псковский полигон твердых коммунальных отходов введен в эксплуатацию с 1946 года и на протяжении многих лет не отвечает современным природоохранным требованиям, что связано с введением новых нормативов о размещении и эксплуатации полигонов, а также изменениями компонентного состава отходов населения во времени. Очевидно, что объект, построенный в середине 20 века, отличается в обустройстве от нынешних полигонов и не может использоваться наравне с ними. Но, несмотря на выше сказанное, в течение 73 лет на городскую свалку свозили отходы потребления из Псковского района и с самого города Пскова. Складируемые отходы являются твердыми коммунальными и соответствуют IV-V классам опасности, согласно официальным данным, однако стоит учитывать, что полигон не оснащен пунктом радиометрического контроля и сортировки, поэтому вполне возможно попадание в его тело веществ, соответствующих более высокому классу опасности. После открытия мусороперерабатывающего завода в 2006 году на полигон стали поступать отходы, прошедшие сортировку и смешанные, благодаря чему их объем уменьшился в среднем на 3% [8]. В настоящее время свалка имеет форму многоугольника с диагоналями 540\*410 метров и площадь 204 758 м<sup>2</sup> [6]. Однако границы участка складирования не всегда имели такую величину, со временем они расширялись, что можно проследить по спутниковым снимкам, начиная с 1998 года. Мощность по приему ТКО, обозначенная в территориальной схеме обращения с отходами производства и потребления за 2016 год, составляет 650 тыс. м<sup>3</sup>/ год [4]. Примерный объем вывезенных только из города Пскова ТКО за 2014, 2015, 2016 года превышает предполагаемую мощность полигона (см. таблицу 1).



Рис. 1. Спутниковый снимок полигона в Пскове за 2018 год



Таблица 1.

## Вывезенные твердые коммунальные отходы с Пскова [5]

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
тыс. м <sup>3</sup>	533,9	567,7	630,2	674,3	854,9	785,49	509,6	435,1



Рис. 2. Полигон ТКО в процессе рекультивации (март 2020)

Городская свалка, переполненная отходами, является техногенным месторождением биогаза, что приводит к нередким самовозгораниям, а отсутствие защитного экрана и сооружений по отведению вод влечет за собой накопление и распространение фильтрата в почве, поверхностных и подземных водах [2]. При этом эмиссия в воздух аммиака и сероводорода по объему в 4 раза больше допустимой концентрации по выбросам [8]. И такое постоянное негативное влияние побочных веществ свалки испытывает деревня Опочицы, располагающаяся в защитно-санитарной зоне с подветренной стороны относительно полигона.

Геологическое строение четвертичного покрова в районе расположения полигона (сверху вниз) представляется следующими типами отложений: современный отдел - продуктивный горизонт почв, выраженный почвенно-растительным слоем, послеледниковые осадки распространены торфяно-болотными образованиями, водно-ледниковые осадки образованы средне- и мелкозернистыми песками, а наиболее древние из них моренные слагаются карбонатными суглинками. Мощность ледниковых отложений в окрестностях Пскова составляет от 2 до 5 метров [7]. Таким образом, в основании свалки залегают естественные экранирующие породы – моренные суглинки с коэффициентом фильтрации от  $10^{-6}$  до  $10^{-7}$  см/с [1].

Заккрытие полигона осуществилось только в январе 2018 года, несмотря на то, что объект исчерпал свои ресурсы в конце 20-го века [2]. В настоящее время на городской свалке проводится первый этап рекультивации – формирование изолирующего слоя (рис.2). Так как на протяжении многих лет данный полигон эксплуатировался всех нормы без соблюдения защитных мер, объект требует особого подхода к рекультивации и восстановлению смежных территорий.

### Литература

1. Березанцев В.Г., Горбунов-Посадов М.И., Далматов Б.И., Савинов О.А. (ред.) Справочник проектировщика. Основания и фундаменты // Стройиздат. Ленинград. Москва. 1964. 268 с.
2. Подлипский И.И. Полигоны бытовых отходов как объекты геологического исследования // Вестник Санкт-Петербургского университет. Науки о Земле. 2010. Серия 7, выпуск . URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poligony-bytovykh-othodov-kak-objekty-geologicheskogo-issledovaniya/viewer> (дата обращения 29.02.2020)
3. Постановление о закрытии городского полигона отходов производства и потребления расположенного на территории муниципального образования "Город Псков" в границах кадастрового

квартала 60:27:0070104 восточнее КИГ N43, по адресу: город Псков, Рижский проспект, д.106 "б" // <https://base.garant.ru/47218334/> дата обращения 02.03.2020.

4. Приказ Государственного комитета Псковской области по делам строительства и жилищно- коммунального хозяйства от 15.11.2016 № 127-ОД об утверждении территориальной схемы обращения с отходами в Псковской области // [http://jkh.pskov.ru/sites/default/files/prikaz\\_ot\\_15.11.2016\\_no\\_127-od.pdf](http://jkh.pskov.ru/sites/default/files/prikaz_ot_15.11.2016_no_127-od.pdf) дата обращения 01.03.2020.

5. Псковстат // <https://pskovstat.gks.ru/> дата обращения 27.02.2020.

6. Публичная кадастровая карта Полигон ТБО // <https://egrp365.ru/map/?id=g2EBIV> дата обращения 27.02.2020.

7. Татарников О.М., Яковлева Е.А Природные условия территории Пскова на начальном этапе развития города //Вестник Псковского государственного университета. Серия: социально- гуманитарные науки. 2013. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-usloviya-territorii-pskova-na-nachalnom-etape-razvitiya-goroda> ( дата обращения 07.03.2020)

8. <http://www.pskovgorod.ru/news.html?curpage=10> дата обращения 01.03.2020

УДК: 504.064.4

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ЛУГИНЕЦКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Кожухарь Михаил Владимирович*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, студент 5 курса  
г. Томск*

*igg@tsuagb.ru*

*Научный руководитель: к. г.-м.н., доцент Кожухарь Татьяна Анатольевна*

**Аннотация:** В статье рассматриваются техногенные воздействия на компоненты окружающей среды, оказываемые при разработке и эксплуатации нефтегазоконденсатных месторождений, особенности организации мониторинга и мероприятия по защите.

**Ключевые слова:** окружающая среда, геологическая среда, природно-техническая система, мониторинг, техногенные воздействия, методы оценки.

## FEATURES OF THE ORGANIZATION OF MONITORING OF THE LUGINETSKY OIL AND GAS CONDENSATE FIELD IN THE TOMSK REGION AND MEASURES TO PROTECT THE ENVIRONMENT

*Kozhukhar Mikhail Vladimirovich*

*Tomsk state University of architecture and construction, 5th year student  
Tomsk*

*igg@tsuagb.ru*

*Supervisor: candidate of Gtology and Mineralogy, reader Tatyana Kozhukhar*

**Abstract:** The article deals with technogenic effects on the components of the environment environment that are exerted during the development and operation of oil and gas condensate fields, as well as features of monitoring and protection measures.

**Keywords:** environment, geological environment, natural and technical system, monitoring, man-made impacts, assessment methods.

Организация мониторинга территорий нефтедобывающих комплексов должна учитывать особенности природно-технических систем этих районов. Современная структура нефтяных месторож-

дений включает в себя комплекс основных и вспомогательных сооружений [4]. На Лугинецком нефтегазоконденсатном месторождении действуют: 50 действующих кустовых площадок, установка подготовки нефти (УПН), дожимная насосная станция (ДНС-2), блочные кустовые насосные станции (БКНС) по закачке нефти в пласт для поддержания пластового давления, база производственного обеспечения (БПО). Действующий фонд скважин состоит из 113 фонтанных скважин, 15 скважин снабженных электроцентробежными насосами, 41 -- штанговыми глубинными насосами. Работа на месторождении осуществляется вахтовым методом, построен вахтовый поселок для обслуживания производства по добыче, подготовке и транспортировке нефти и газа.

Для безопасной эксплуатации Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождения в связи с добычей, очисткой и транспортировкой полезного ископаемого, необходимо проводить комплексный мониторинг всей сложно построенной природно-технической системы, для учета техногенных воздействий, оказываемых на окружающую среду, в том числе и на геологическую.

Парабельский район находится в центральной части Томской области и простирается с юго-запада на северо-восток, занимая территорию 35,8 тыс. км<sup>2</sup>. На севере и западе район граничит с Каргасокским районом, на востоке соседствует с Колпашевским, Верхнекетским районами, на юге – с Бакчарским районом и Новосибирской областью.

Район включает 36 населенных пунктов, 5 сельских администраций. Районный центром является с. Парабель, которое находится в 392 км от областного центра г. Томска.

Территория Парабельского района характеризуется равнинным рельефом. Абсолютные высоты не превышают 200 м. В пределах района выделяются следующие части крупных рельефных единиц: Обь-Тымской низменности, Васюганской и Кетско-Тымской наклонных равнин.

Климат Парабельского района, как и всей Томской области, континентально-циклический, суровый. Среднегодовая температура воздуха изменяется от -1,4°С на юго-западе и на северо-востоке до -2,8°С. Из-за большой протяженности района с юго-запада на северо-восток (около 45 км) его климат неоднороден.

На территории района сосредоточены значительные запасы углеводородного сырья. Также здесь располагаются Парабельское и Кедровое месторождения кирпичного сырья и Пудинское месторождение керамзита.

Большая часть района расположена в подзонах средней и южной тайги, и только северо-восточная часть является переходной полосой от подзон подтайги к тайге. Площадь покрытая лесами составляет 3267,35 тыс га.

В гидрогеографическом отношении район относится к бассейну реки Оби в среднем течении с ее крупными притоками реками: Кеть, Парабель, Пайдугина. Общая площадь рек района составляет 5,9 тыс. км.

Лугинецкое нефтегазоконденсатное месторождение расположено в 450 км к северо-западу от г. Томска и в 75 км северо-западнее г. Кедрового. Сообщение с ближайшими населенными пунктами осуществляется воздушным путем в течение всего года. В зимнее время возможен проезд на месторождение автотранспортом, в паводковый период – речным транспортом по рр. Обь, Васюган и Чижипка [2].

Площадь лицензионного участка Лугинецкого месторождения составляет 49161 га, нефтяная залежь с газовой шапкой приурочена к центральной части структуры и простирается с севера на юг. Территория представляет собой сглаженную слабобрасчлененную болотистую равнину, покрытую лесом, удаленную от магистральных коммуникаций. До начала строительства территория не была застроена, постоянное население отсутствовало.

В настоящее время в промышленную разработку введена нефтяная часть залежи расположенная в юго-восточной части месторождения (Западный и Восточный куполы Лугинецкого поднятия). На месторождении пробурено 558 скважин, фонд добывающих скважин составляет 267. Основной способ эксплуатации – фонтанный, обеспечивающий 90% накопленной добычи нефти, 10% составляет добыча механизированным способом.

При организации мониторинга территории месторождения необходимо оценить нагрузку на окружающую среду с помощью масштабных геохимических наблюдений для контроля загрязнений. Особую проблему составляет ликвидация отходов производства и локальные загрязнения нефтью и жидкими углеводородами компонентов геологической среды от мелких источников загрязнения, таких как: нефтяные скважины, нефтехранилища, склады горюче смазочных материалов, АЗС и других.

Также наиболее важной и остро стоящей проблемой для нефтедобывающих комплексов является проблема обращения отходов, в частности нефтезагрязненный грунт, нефтешлам. Нефтешлам представляет собой многокомпонентную смесь, значительно отличающуюся от нефти, состоящую из

механических примесей, вынесенных попутно с нефтью горных пород, в том числе смолистых веществ, асфальтовых соединений, пластовых вод.

На Лугинецком месторождении эта проблема решена. Для защиты окружающей среды на месторождении построены: шламонакопитель, полигон ТБО и площадка для складирования металлолома.

Шламонакопитель представляет собой комплекс природоохранных сооружений, предназначенных для сбора и накопления нефтешламов, грунта, загрязненного нефтепродуктами с целью их обезвреживания. Отходы, поступающие в шламонакопитель, образуются при хранении нефти в резервуарах, при работе нефтедобывающего оборудования за счет осаждения на внутренней поверхности труб, резервуаров. Они мешают нормальной работе трубопроводов и оборудования, извлекаются при проведении профилактических, планово-ремонтных работ, а также с мест разлива нефти и нефтесодержащей жидкости.

В ходе обезвреживания в картах шламонакопителя и на полях биодегидрадации проводится комплекс технологических мероприятий, в основу которых положены экологические принципы и биологический метод решения проблемы (использование для обезвреживания отходов метаболической активности углеводородокисляющих микроорганизмов и приемов ее стимулирования). Экологические принципы утилизации отходов подразумевают полную их детоксикацию, без применения каких-либо агрессивных веществ. Мероприятия по обезвреживанию нефтешламов и грунтов загрязненных нефтепродуктами основаны на «Технологии рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почвы и воды при помощи выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов» (разработчик ООО «ЭКОЙЛ») [5]

Также остро на Лугинецком месторождении стоит проблема утилизации нефтезагрязненных промышленных отходов, таких как сорбенты, обтирочная ветошь, загрязненная трава. Для решения этой проблемы планируется использовать установку «Факел», которая предназначена для сжигания твердых и пластообразных малолетучих горючих нефтесодержащих отходов, образующихся при проведении работ, связанных с ликвидацией аварийных разливов нефти и их последствий: отработанные сорбенты, разрешенные к утилизации; обтирочная ветошь; загрязненная трава; подходящие по размерам загрязненные древесные материалы и твердые бытовые отходы и др.. Применение установки позволит существенно снизить выбросы вредных веществ по сравнению с обычным открытым сжиганием, так как установка сможет обеспечить сжигание с большим избытком воздуха, поэтому содержание вредных веществ в продуктах сгорания незначительно.

В программу мониторинга включаются полевые работы, лабораторные исследования и анализ проб для получения своевременной информации о состоянии атмосферного воздуха, снегового покрова, поверхностных вод, подземных вод, донных отложений, почвогрунтов и растительности [4. 5]. Во время полевого периода выполняется отбор проб из всех компонентов окружающей среды и ведется журнал получения данных. При проведении лабораторных анализов проб используются следующие методы исследований:

Для оценки снегового покрова – атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой, флуориметрический, атомной абсорбции (количество проб 74);

Для оценки атмосферного воздуха использовались фотоколориметрический и атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (69 проб);

Для оценки состояния поверхностных вод применялись органолептический, потенциометрический, гравиметрический, фотометрический, весовой, флуориметрический методы. (52 пробы);

Титриметрический, фотометрический, метод атомной абсорбции, гравиметрический, потенциометрический, органолептический, атомно-эмиссионный методы применялись для оценки подземных вод (28 проб);

Для оценки состояния донных отложений использовались метод определения максимальной гигроскопической влажности почвы, флуориметрический, атомно-эмиссионный спектральный анализ, потенциометрический, метод кондуктометрии и атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (13 проб);

Литогеохимические исследования применялись для анализа состояния почв/грунтов с применением атомно-эмиссионного, флуориметрического, хроматографического, потенциометрического, аргентометрического, трилонометрического, фотоколориметрического кондуктометрического, метода атомной абсорбции (68 проб);

Биоиндикационные исследования выполнялись визуальным методом (42 пробы).

По данным мониторинга на Лугинецком нефтегазоконденсатном месторождении содержание железа, ионов аммония, алюминия повсеместно превышено в поверхностных водах; содержание мар-

ганца, хлорид ионов и тяжелых металлов в донных отложениях и в почвах/грунтах не превышает средне региональных показателей, также как и содержание углеводов; содержание нефтепродуктов.

С учетом того, что эксплуатация Лугинецкого месторождения оказывает и будет оказывать негативное влияние на близлежащие территории необходимо проводить дальнейшие геоэкологические исследования, для установления экологического состояния территории и определения тенденции накопления различных загрязняющих веществ в различных компонентах окружающей среды, определения масштабов, характера загрязнений и ореолы их распространения и разработки мероприятий по защите окружающей среды.

Площадь исследования устанавливается с учетом границ выбранного ключевого участка, а также промышленной территории, санитарно-защитной зоны и экологической напряженности данного района.

Геоэкологические исследования и в дальнейшем должны осуществляться с применением комплекса видов и методов исследований, которые должны включать атмогеохимические, биоиндикационные, литогеохимические, гидрогеохимические, гидролитогеохимические и биоиндикационные исследования для набора статистики по изменению качества компонентов окружающей среды и определения тенденций накопления различных загрязняющих веществ. Данные исследования позволят определить масштабы, характер загрязнения и его ореолы распространения и предложить мероприятия по недопущению повторного загрязнения и устранения уже существующих техногенных воздействий.

### *Литература*

1. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10.01.02. г. № 7-ФЗ. Издательство. -- 2002. – 40 с.
2. Кожухарь Т.А. Шуилова Т.Л. Исследование техногенных воздействий разработки нефтегазоконденсатного месторождения «Калиновое» Парабельского района Томской области и мероприятия по защите окружающей среды.// Материалы 65-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2019. – С. 569-572.
3. Кожухарь Т.А Кучерявченко У.Д. Оценка геоэкологических условий Шингинского нефтяного месторождения и мероприятия по защите окружающей среды.// Материалы 65-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2019. – С. 546-549 с.
4. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем : Уч. пос. / Королев В.А. Под редакцией В.Т. Трофимова. – М.: КДУ, 2007. – 416 с.
5. Методика и практическое применение «Технологии рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почвы и воды при помощи выделенных из аборигенной микрофлоры культуры. Москва: «ИНТЕХЭКО», 2010 г. С.51-55. (www.inteco.ru.).

## ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ АНТРОПОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ГОРОДСКУЮ ТЕРРИТОРИЮ (НА ПРИМЕРЕ КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД)

*Помеляйко Ирина Сергеевна*

*Северо-Кавказский федеральный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры Систем управления и информационных технологий, г. Пятигорск, e.mail: i.pomelyayko@yandex.ru*

**Аннотация:** С целью объективной оценки экологического состояния природных сред зоны гипергенеза был выполнен системный анализ территории населенного пункта. Для решения данной задачи применялись наземные методы экологического мониторинга: физико-химические методы, биоиндикация, методы статистической и математической обработки данных, математическое моделирование. Выполненные исследования показали, что экологическая ситуация на курортах КМВ варьирует от напряженной до критической. Полученные оценочные критерии состояния природных сред сравнивались с аналогичными показателями 26 крупных промышленных центров. Получены следующие выводы: среднее содержание поллютантов в почвах и реках курортов КМВ практически соответствует их концентрации в аналогичных средах крупных промышленных городов с критическим ЭС. Интегральная оценка состояния здоровья населения крупных промышленных центров и курортов КМВ включая Кисловодск, соответствует критической экологической ситуации.

**Ключевые слова:** экологическое состояние территории, мониторинг, загрязнение природных сред, системный анализ, курорт федерального значения, промышленный город, заболеваемость населения.

## THE EVALUATION OF THE SIZE OF ANTHROTECHNOGENIC LOAD ON THE CITY TERRITORY (ON THE EXAMPLE OF RESORTS OF CAUCASIAN MINERAL WATERS)

*Pomelyayko Irina Sergeevna*

*North Caucasus Federal University, Candidate of Technical Sciences, Reader of the Department of Management Systems and Information Technologies, Pyatigorsk, e.mail: i.pomelyayko@yandex.ru*

**Abstract:** In order to objectively assess the ecological state of the natural environments of the hypergenesis zone, a systematic analysis of the territory of the settlement was performed. To solve this problem, ground-based methods of environmental monitoring were used: physicochemical methods, bioindication, methods of statistical and mathematical data processing, mathematical modeling. Studies have shown that the environmental situation in the resorts of CMW varies from tense to critical. The obtained assessment criteria for the state of natural environments were compared with similar indicators of 26 large industrial centers. The following conclusions were obtained: the average content of pollutants in the soils and rivers of the resorts of CMW practically corresponds to their concentration in similar environments of large industrial cities with critical ES. An integrated assessment of the health status of the population of large industrial centers and resorts of CMW, including Kislovodsk, corresponds to a critical environmental situation.

**Keywords:** ecological state of the territory, monitoring, environmental pollution, system analysis, resort of federal significance, industrial city, morbidity of the population.

**Актуальность темы.** В середине XX века российский ученый-эколог Н.Ф. Реймерс указывал на сбой в принципе Ле Шателье-Брауна: вместо того чтобы всемерно сопротивляться воздействию человека, природа идет по пути саморазрушения. Как результат стремительное ухудшение здоровья россиян, увеличение числа новорожденных с пороками развития. В 2010 г. уровень смертности в России был в 1,3 раза выше, чем в РСФСР 20 лет тому назад (на 100 тыс. человек); в 1,5 раза выше уровень общей заболеваемости населения; в 2 раза больше число заболеваний системы кровообращения, костно-мышечной системы; в 1,6 раз больше – онкологических заболеваний. Число детей, ро-

дившихся больными, или заболевших в период новорожденности увеличилось в 2,2 раза (с 17 до 37% всех родившихся). В РФ у 30 % новорожденных выявлены генетические нарушения. Данную ситуацию можно обозначить как угрозу национальной безопасности страны. По мнению ряда исследователей [1,8] при сохранении существующих тенденций развития индустрии в ближайшие годы здоровье россиян на 50-70 % будет зависеть от качества среды обитания.

Курорты КМВ – Кисловодск, Ессентуки, Железноводск, Пятигорск имеют статус курортов федерального значения. В идеале, в основу концепции развития подобных городов должен быть положен тезис о приоритетности сохранения уникальных природных данных: чистого воздуха, минеральной воды, лечебной грязи и парка. Статус курорта подразумевает наличие определенной экологической комфортности проживания, базирующейся на благополучном экологическом состоянии (ЭС) всех природных сред. Невозможно сохранение кондиций минеральных вод – визитной карточки курортов – без чистой атмосферы, почв, рек и грунтовых вод. Нормативы допустимых концентраций загрязнителей в природных средах (исключая атмосферу) на курортах ничем не отличаются от нормативов любых других городов. Едина, для всех населенных пунктов, и методика проведения мониторинга. Потеря кондиций ряда природных сред (атмосфера, подземная гидросфера) в настоящее время органолептически заметна большинству рекреантов. Результаты многолетнего мониторинга свидетельствуют о достаточно сильном загрязнении всех природных сред курортов.

По официальным данным по совокупности экологических условий города России делятся на 5 категорий: 1-я благополучное ЭС, 2-я –удовлетворительное, 3-я умеренно напряженное, 4-я напряженное, 5-я критическое [2]. В основу данной градации был положен ряд признаков, начиная от объема вредных выбросов в атмосферу и водоемы, класса опасности загрязняющих веществ, уровня превышения ПДК загрязнителей в воздухе и почвах, до географических условий города. Согласно данному ранжированию, Ессентуки, Железноводск и Кисловодск – отнесены к 1-й категории (1 % городов РФ), Пятигорск ко 2-й категории. К 4-й и 5-й категории, отнесены крупные промышленные, аграрные центры, узлы авиалиний, шоссейных и железнодорожных путей – Архангельск, Благовещенск, Волгоград, Воронеж, Омск, Пермь, Ростов-на-Дону, Самара, Саратов, Челябинск и др.

На **первом этапе** работ был собран материал включающий химические и микробиологические анализы почв, рек, подземных (грунтовые и артезианские) вод городов-курортов КМВ. По результатам мониторинга (2010-2018 гг.) установлены вещества 1-2 класса опасности, которые регулярно превышают ПДК во всех природных средах. Рассчитаны критерии позволяющие определить экологическую ситуацию во всех природных средах городов-курортов КМВ [4,6,7].

Основной вывод выполненных исследований: ЭС городов курортов КМВ колеблется (по разным средам) от напряженной до **критической**.

На **втором этапе** полученные по городам региона КМВ оценочные критерии (МПА, ИЗА,  $Z_c$ ,  $Z_n$ , ИЗВ, УКИЗВ, ЛПВ) сравнивались с аналогичными показателями городов с критической и напряженной ЭС (4-я, 5-я категории). Анализировались все природные среды, как накопители, так и переносчики загрязняющих веществ. Только в данном случае можно получить достоверную информацию о сложившейся на исследуемой территории экологической ситуации.

Основной вывод сравнительного анализа: среднее содержание тяжелых металлов (ТМ) в почвах и реках городов-курортов КМВ превышает среднекраевые значения в 2-3 раза и практически соответствует либо превышает их концентрации в крупных промышленных городах с критической ЭС [5].

На **третьем этапе** для подтверждения тождественности напряженного ЭС курортов КМВ и крупных промышленных центров были проанализированы медико-демографические показатели здоровья населения (биологический мониторинг). При оценке экологического состояния учитывались следующие показатели: рождаемость, общая смертность, младенческая смертность, общая заболеваемость, врожденные пороки развития (ВПР), новообразования у детей, болезни крови, щитовидной железы, психические заболевания. Данные исследования необходимы поскольку физико-химические методы указывают лишь на содержание определенных загрязнителей и не могут дать ответа на вопрос о качестве окружающей среды и её пригодности для обитания, а тем более оздоровления человека. Установлено, что «ответная реакция» населения на антропогенное загрязнение проявляется в достоверном увеличении заболеваний всех групп населения. Среди нозологических форм наибольший рост прослеживается по новообразованиям, ВПР, органам дыхания и болезням эндокринной системы.

Основной вывод сравнительного анализа: интегральная оценка состояния здоровья населения городов-курортов КМВ **соответствует критической экологической ситуации**, что совпадает с ситуацией в крупных промышленных центрах 4 и 5 категорий.



На **четвертом этапе** анализируется проблема экологической безопасности курортов федерального значения. Выполненные исследования показывают, что экологическая ситуация в регионе КМВ весьма неблагоприятна, и по ряду показателей соответствует наиболее загрязненным промышленным центрам. Объяснение столь высокого загрязнения всех природных сред курортов КМВ кроется в метеорологической обстановке, геоморфологических, геологических и гидрогеологических особенностях территории, структуре почв и градопланировочной политике. Климат городов курортов КМВ, особенно Кисловодска, крайне неблагоприятен для самоочищения атмосферы. Значения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы (МПА) рассчитанные для каждого из курортов КМВ свидетельствуют о многолетних неблагоприятных для рассеивания примесей условиях. По условиям рассеивания примесей и потенциалу загрязнения атмосферы (ПЗА), территория курортов характеризуется повышенным потенциалом загрязнения атмосферы (зона II, класс II б'). Достаточно высокий ПЗА связан с атмосферной циркуляцией антициклонического типа, преобладанием низких скоростей ветра (0-1 м/с), повторяемостью приземных инверсий температуры, высокой повторяемостью застоев воздуха, туманами, а также 30-40 % штилей. Большое значение в формировании полей эколого-геохимического загрязнения городской среды имеют также рельеф и градопланировочные факторы. Застойный режим, который устанавливается при низкой аэрации и хаотичной застройке способствует накоплению загрязнителей. Особенно данные факторы влияют на загрязнение природных сред курорта Кисловодск. Город расположен в наиболее пониженной части Скалистого хребта – Кисловодской котловине, имеющей врез до 0,25 км и со всех сторон окруженного горными хребтами и водоразделами. На основе сопряженных экогеохимических исследований выявлены «аэродинамические коридоры» обусловленные розой ветров и рельефом и приуроченные к поверхностным водотокам. В данных условиях принявшая огромный размах застройка вдоль, а порой и непосредственно на руслах рек, приводит к локальным геохимическим аномалиям содержания ТМ в почвах и поверхностных водотоках.

В городах-курортах КМВ от 10 до 40 % населения проживает в неканализованном жилом секторе. Общая величина утечек в Кисловодске составляет более 60 тыс. м<sup>3</sup>/сут, более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут из них приходится на сточные воды, в которых в разы превышены концентрации ТМ, фосфатов, азотсодержащих соединений, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ.

Основной вывод: метеорологическая обстановка, рельеф городов-курортов КМВ и градопланировочная структура отличаются высокой степенью экологической опасности, способствуют накоплению загрязняющих веществ [3,5,6].

На **пятом этапе** для комплексной оценки экологического состояния населенного пункта, определяющей реальную нагрузку на организм человека, автор предлагает использовать величину антропопотехногенной нагрузки (ВАН) на окружающую среду. В данной формуле показатели загрязнения различных сред приводятся к их предельно допустимым концентрациям (ПДК). Нормативы ПДК (ОДК) разработаны на основе комплексных экспериментальных исследований опасности опосредованного воздействия вещества на здоровье человека, с учетом его токсичности, эпидемиологических исследований и международного опыта нормирования. Основным их недостатком для почв является незначительное число загрязняющих веществ для которых они разработаны. Расчет ВАН на окружающую среду следующий:

$$ВАН = (K_{атм} + K_{вод} + K_{почвы} + K_{рад}) / N$$

где  $K_{атм}$  – показатель загрязнения атмосферы;  $K_{вод}$  – показатель загрязнения поверхностных вод;  $K_{почвы}$  – показатель загрязнения почв;  $K_{рад}$  – показатель радиационного загрязнения;  $N$  – число единиц, соответствующих количеству учтенных пофакторных оценок.

Подробный алгоритм расчета представлен в работах [4,6,7]. Согласно предложенной методике исходя из значения ВАН экологическое состояние территории можно дифференцировать как: удовлетворительное (ВАН ниже или равна числу учтенных факторов  $N$ ); напряженное ( $N < ВАН \leq 2N$ ); критическое ( $2N < ВАН \leq 3N$ ); катастрофическое ( $ВАН > 3N$ ).

По ВАН экологическое состояние территории городов КМВ – напряженное (Кисловодск) и критическое (Ессентуки, Пятигорск, Железноводск). Наибольший вклад в комплексную антропопотехногенную нагрузку курортов Кисловодск, Ессентуки и Пятигорск вносит загрязнение поверхностных вод – 53-64 %; на втором месте загрязнение долгоживущими радионуклидами – 16-33 %. В Железноводске долевой вклад радиационного загрязнения максимален – 50 %; на втором месте загрязнение рек 35 % (табл.1).

Помимо курортов КМВ величина комплексной антропопотехногенной нагрузки была рассчитана для 26 крупных и крупнейших промышленных городов РФ. Расчеты выполнялись по изложенной выше методике. Результаты представлены в работах [4,6,7].

Таблица 1

Оценка ВАН на территорию курортов КМВ по данным мониторинга за 2010-2018 гг.

Город	Коэффициент химического загрязнения (К)				ВАН
	$K_{\text{воздух}}$	$K_{\text{вода}}$	$K_{\text{почва}}$	$K_{\text{рад}}$	
Кисловодск	3,39 (11 %)	19,93 (64 %)	2,93 (9 %)	5,08 (16 %)	8
Ессентуки	2,91 (8 %)	19,19 (54 %)	1,69 (5 %)	11,45 (32 %)	9
Железноводск	2,67 (8 %)	11,74 (35 %)	2,58 (8 %)	16,94 (50 %)	9
Пятигорск	3,06 (8 %)	19,52 (53 %)	2,49 (7 %)	12,11 (33 %)	9

Комплексная оценка величины антропогенной нагрузки предложенная в данной работе позволяет не только оценить экологическое состояние территории в целом, выделить наиболее неблагоприятные природные среды, оценить вклад каждой среды в комплексное загрязнение, но и оценивает воздействие данной территории на здоровье населения.

### Литература

1. Акимов Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. 495 с.
2. Города России: энциклопедия / Гл. ред. Г.М. Лаппо. М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. 559с.
3. Малков А.В., Перишин И.М., Помеляйко И.С. Проблемы экологической безопасности гидроминеральной базы курорта Кисловодск // Актуальные проблемы гидролитосферы (диагностика, прогноз, управление, оптимизация и автоматизация): Сб. докладов. 2015. С. 92-116.
4. Помеляйко И.С. Анализ экологического состояния ряда природных сред отдельных городов РФ // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2018. № 2. С. 61-73.
5. Помеляйко И.С., Коваленко Н.Н. Статус курорта федерального значения – привилегия или кара? /Техногенные процессы в гидролитосфере: Сб. статей. 2-го нац. науч. форума «Нарзан-2013». Пятигорск, РИА-КМВ, 2013. С. 187-214.
6. Помеляйко И.С. Концентрация ряда веществ 1-2 класса опасности и долгоживущих техногенных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в природных средах городов-курортов конурбации Кавказских Минеральных Вод // Недропользование XXI век. 2018. № 5 (75). С. 142-151.
7. Помеляйко И.С., Помеляйко В.И. Комплексная антропогенная нагрузка на городскую территорию ряда крупных промышленных городов и курортов федерального значения России // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. М.: 2016. № 1. С. 47-55.
8. Худолей В.В., Мизгирев И.В. Экологически опасные факторы/ СПб: Publishing House, 1996. 111 с.

УДК 910.1

## ОБЗОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ 30 КМ ЗОНЫ БАЛТИЙСКОЙ АЭС

**Воронина Ульяна Александровна**

*Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, студентка магистратуры 1 курса 2020, г. Санкт-Петербург.*

*E-mail: [uljannavoronina@gmail.com](mailto:uljannavoronina@gmail.com)*

**Научный руководитель:** *к.г.-м.н., доцент, Подлипский Иван Иванович*

**Аннотация:** Статья посвящена комплексному описанию состояния почв, атмосферы и гидросферы территории строительства Балтийской АЭС. Показаны основные виды источников загрязнения исследуемой территории. На основании приведённых данных выявляется тенденция возможного негативного воздействия Балтийской АЭС на экосистемы 30 км зоны.

**Ключевые слова:** Балтийская АЭС, экологический обзор, Неманский район, загрязнение экосистемы, «зона наблюдений».

## ENVIRONMENTAL REVIEW OF 30 KM OF THE BALTIC NPP ZONE.

**Voronina Ulyana**

*The Herzen State Pedagogical University of Russia 1st year, Master's Degree Student  
St. Petersburg*

*E-mail: [uljannavoronina@gmail.com](mailto:uljannavoronina@gmail.com)*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Assistant Lecturer, Podlipsky Ivan*

**Abstract:** The article is devoted to a comprehensive description of the state of soils, atmosphere and hydrosphere of the construction area of the Baltic NPP. The main types of pollution sources of the study area are shown. Based on the data presented, a tendency of a possible negative impact of the Baltic NPP on the ecosystems of 30 km of the zone is revealed.

**Keywords:** Baltic NPP, environmental review, Neman region, ecosystem pollution, "observation zone".

Балтийская атомная электростанция, замороженная на стадии строительства, расположена вблизи пос. Маломожайское Неманского района, в 120 км к востоку от Калининграда, в 10 км от границы с Литовской республикой и в 60 км от побережья Куршского залива Балтийского моря.

Целью работы является комплексное описание экологической ситуации (состояние поверхностных вод, атмосферного воздуха и почв) в районе строительства Балтийской АЭС (территория радиусом 30 км от площадки) (рис.). В исследуемую зону вошли: 276000 га лесов, это 21,2% от общей площади лесов Калининградской области, 140000 га сельскохозяйственных земель 17,2% от общей площади с/х земель, 62 населённых пункта, в которых проживает около 76188 человек.

30 километров - это «зона наблюдения» атомных станций, в которой проводится постоянный контроль за радиоактивностью внешней среды: приземного слоя воздуха, атмосферных осадков, почвы, воды, растительности, продуктов питания. (СП 151.13330.2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Часть I. Инженерные изыскания для разработки)

На данной территории расположено несколько крупных рек, представленных в табл. , а так же 6 км<sup>2</sup> болот, что составляет примерно 0,75% от общей площади болот Калининградской области.

Напряжённая геоэкологическая ситуация присуща бассейнам рек, где характерна высокая степень хозяйственного использования земель. Сложная гидроэкологическая ситуация наблюдается в бассейнах рек Шешупе, Буда, Инструч, а также в области стока в восточную часть Куршского залива и р. Неман. [2]

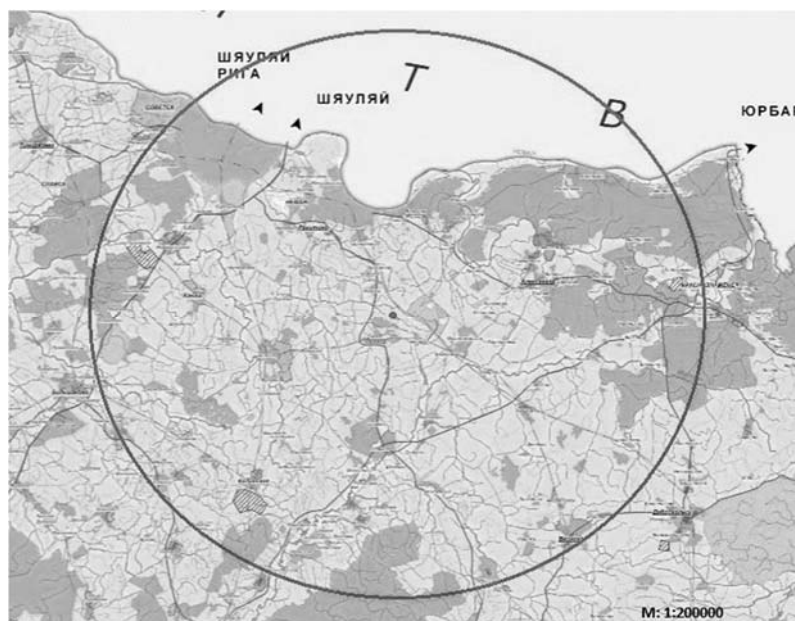


Рис. Картограмма 30-ти км зоны вокруг Балтийской АЭС

Река Неман является крупнейшим гидрологическим объектом на исследуемой территории. Данная река предполагается к использованию в технологическом цикле, соответственно влияние Балтийской АЭС на экосистему водотока будет наибольшим.

На условия формирования поверхностного стока с территории влияют множество факторов, в их числе метеорологические, инженерно-гидрологические, инженерно-геологические, почвенные условия территории, особенности рельефа местности и характера растительного покрова и другие природные особенности местности [5].

Таблица.

Реки 30-ти км зоны Балтийской АЭС.

Название	Длина (км)	Исток	Устье	Площадь бассейна (км²)
р. Неман	937	Минская возвышенность	Куршский залив (Балтийское море)	98200
р. Шешупе	289	Балтийская гряда	р. Неман	6104,8
р. Буда	31	оз. Буда	р. Инструч	123
р. Инструч	101		р. Преголя	1250

Результаты моделирования показали, что экосистема данного водного объекта подвержена изменению меньше, чем другие экосистемы водоёмов-охладителей на других АЭС. Площади теплового и химического загрязнения незначительны, и данный вид воздействия будет небольшим [3].

В 30-ти км зоне АЭС расположено 62 населённых пункта, в которых проживает около 76188 человек. Наиболее близко к площадкам размещения Балтийской АЭС расположены города Краснознаменск (расстояние 22 км), Неман (расстояние 14 км), Нестеров (расстояние 51 км), Советск (расстояние 26 км), Черняховск (расстояние 50 км). Суммарные выбросы промышленных предприятий данных городов составляют 8% от выбросов промышленных предприятий Калининградской области. В атмосферу выбрасываются твердые, газообразные и жидкие загрязняющие вещества, отходящие от стационарных источников [1].

Влияние же Балтийской АЭС незначительно. Наиболее значимым фактором возможного воздействия на атмосферный воздух территорий на этапе производства строительных работ являются выбросы загрязняющих веществ от строительных механизмов и дорожной техники на площадке строительства станции.

В период эксплуатации расчеты показали, что выбросы диоксида азота могут создавать в приземном слое атмосферного воздуха на расстоянии 12 км максимальные концентрации, составляющие

0,15 долей от установленных ПДК атмосферного воздуха. Зона влияния других загрязняющих веществ не распространяется за пределы строительной площадки [8].

Уровень загрязнения почв химическими элементами на площадке проектируемого строительства оценивался по результатам анализа проб, отобранных из верхнего почвенного горизонта (0-20 см). Отбор 138 проб проводился методом экспедиционного обследования района расположения площадки Балтийской АЭС. В период с 2014 по 2016 гг. При отборе образцов руководствовались методами отбора, анализа и измерения проб, изложенными в ведомственных, общегосударственных нормативных и методических документах и утвержденных в установленном порядке.[4] Радиальное распределение элементов рассматривалось по результатам анализа проб отобранных из почвенных разрезов.

По величине суммарного показателя загрязнения и содержанию отдельных химических элементов содержание которых, кроме Ni, не превышает ПДК. Возможно ограниченное использование таких грунтов под отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистого грунта не менее 0,5 м. В 30 км зоне содержание естественных радионуклидов соответствует обычному радионуклидному составу поверхностных слоев почв, характерных для Европейской части Российской Федерации.

Приведенные выше данные о содержании загрязняющих веществ в поверхностных водах, воздухе, почвах свидетельствуют о повышенном, по сравнению с районами, удаленными от промышленного загрязнения, содержании химических веществ, в гидросфере и литосфере северо-востока Калининградской области.[7]

### *Литература*

1. Государственный доклад «О экологической обстановке в Калининградской области в 2017 году»: Государственный доклад — Калининград., 2018. - 200с.
2. Белов, Н. С. Оценка гидроэкологического состояния речных систем Калининградской области / Н. С. Белов, С. И. Зотов // Вестник РГУ им. Канта. - 2008. - Вып. 1. Естественные науки. - С. 6-16
3. Лунева Е.В. Биоэкологическая характеристика комплексного прогнозируемого воздействия балтийской АЭС на экосистему реки Неман: дис. канд. био. наук. Калининград, 2018.
4. Методические указания «Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов» МУ-13.5.13-00. (утв. Минсельхозом РФ 7 августа 2000 г.). 2000. – М., 28 с. Государственный доклад «О экологической обстановке в Калининградской области в 2017 году»: Государственный доклад — Калининград., 2018. - 200с.
6. Сольский С.В., Чернышева Е.В. Количественный и качественный анализ сточных поверхностных и дренажных вод с площадки строительства Балтийской АЭС: сборник трудов первой научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 60-летию атомной энергетики, «Экологическая безопасность АЭС» - Калининград, 2014. - 185 с.
7. Шипунов Ф.Я., Степанов А.М., Фролов В.А. Загрязнение биосферы в северном полушарии на фоновом уровне. Под ред. Пьявченко Н.И. В Сборнике «Антропогенные нарушения и природные изменения наземных экосистем. ИЭМЭЖ им.А.Н.Северцова РАН, М.,1981
8. «Оценка воздействия на окружающую среду» Балтийской атомной станции Выдержки из документа [ Электронный ресурс] URL: [http://www.vpyb.gov.lv/data/files/kaligr\\_AESIVNzin170111\\_kops.pdf](http://www.vpyb.gov.lv/data/files/kaligr_AESIVNzin170111_kops.pdf) (дата обращения 15.11.2019)

УДК 551.524.36

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА В Г. ВОЛОГДЕ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

**Павлов Илья Николаевич**

*Российский государственный гидрометеорологический университет,  
аспирант 2 года обучения,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: IliaNikPavlov@gmail.com*

**Булавина Екатерина Вячеславовна**

*Российский государственный гидрометеорологический университет,  
аспирант, года обучения, г. Санкт-Петербург  
e-mail: Ekaterina.v.bulavina@gmail.com*

**Научный руководитель:** к.г.н., доцент, Макеев Вячеслав Михайлович

**Аннотация:** в настоящей статье рассматривается повторяемость обновления абсолютных суточных максимумов и минимумов температуры приземного воздуха в г. Вологде. Показана тенденция увеличения количества случаев обновления максимальных суточных значений температуры в последние десятилетия и обратная тенденция для минимальных суточных температур.

**Ключевые слова:** температура воздуха, рекордные температуры, изменения климата, потепление, Вологда.

## FREQUENCY OF EXTREME TEMPERATURES OF SURFACE AIR IN VOLOGDA, AS A COMPONENT OF MODERN CLIMATE CHANGE

**Ilia Pavlov**

*Russian State Hydrometeorological University, 2<sup>nd</sup> year Post-graduate Student, Saint-Petersburg,  
e-mail: IliaNikPavlov@gmail.com*

**Ekaterina Bulavina**

*Russian State Hydrometeorological University, 2<sup>nd</sup> year Post-graduate Student, Saint-Petersburg,  
e-mail: Ekaterina.v.bulavina@gmail.com*

**Research Supervisor:** Candidate of Geography, Reader, Vyacheslav Makeev

**Abstract:** this article discusses the frequency of updating the absolute daily maximums and minimums of surface air temperature in the city of Vologda. The tendency of increasing the number of cases of updating the maximum daily temperature in recent decades and the opposite trend for the minimum daily temperature are shown.

**Keywords:** surface air temperature, record temperatures, climate change, warming, Vologda.

Согласно последнему Докладу об особенностях климата Росгидромета [2] на территории РФ продолжается потепление, интенсивность которого значительно выше среднего для Земли. Начиная с 80-х годов температура каждого десятилетия превышала температуру предыдущего. Прошедший 2019 год на территории РФ стал четвертым в списке самых теплых начиная с 1936 г. – аномалия температуры воздуха составила более 2°C относительно периода 1961-1990 гг. Одним из проявлений современных изменений климата являются изменения повторяемости рекордно низких и высоких температур воздуха в различные сезоны года, а также изменения в их многолетней динамике.

Целью работы являлась оценка количества абсолютных суточных максимальных и минимальных температур приземного воздуха приходящиеся на различные десятилетия в г. Вологде.

В качестве материала для исследования использовались ежедневные данные о минимальных и максимальных температурах воздуха на станции М-2 Вологда за период с 1939 по 2019 г. из массива данных ВНИИГМИ-МЦД [1], а также данные Филиала ФГБУ Северное УГМС «Вологодский ЦГМС».

Анализ рядов наблюдений за максимальной температурой воздуха показал, что количество абсолютных суточных максимумов отмеченных за различные промежутки времени неодинаково (рис. 1). В целом по всем месяцам наименьшее количество абсолютных суточных максимумов приходится на период с 1940 по 1959 гг., при этом число максимумов увеличивается в каждое последующее двадцатилетие, достигая максимума к 2000-2019 гг. Достаточно равномерное распределение абсолютных максимумов по рассматриваемым временным промежуткам характерно только для сентября и октября. Для отдельных месяцев доля рекордно высоких температур, пришедшихся на последние 20 лет особенно высока (март и декабрь), при этом практически все рекорды максимальных температур февраля и апреля приходятся на период после 1980 г.

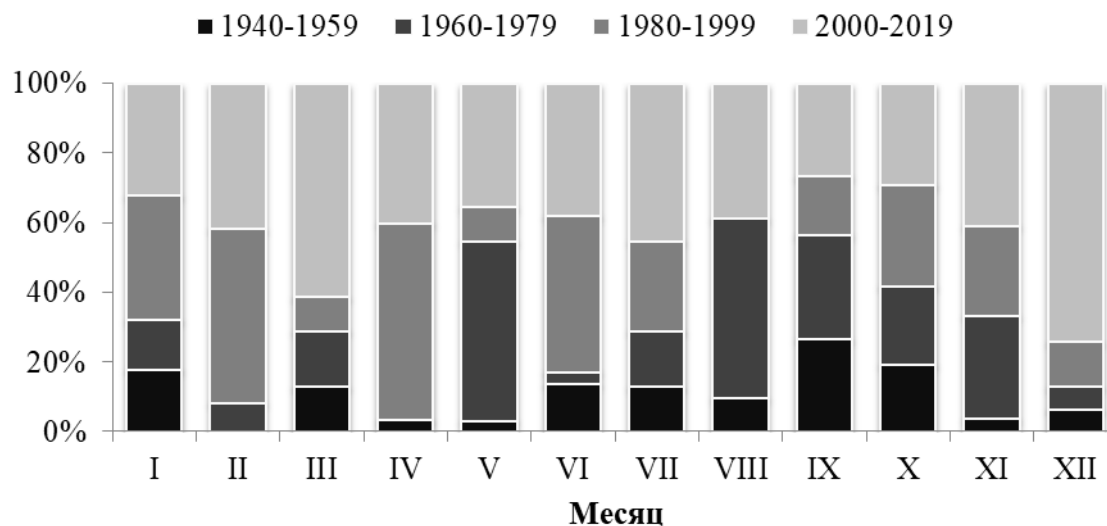


Рис. 1. Доля (в % от числа дней в месяце) абсолютных суточных максимумов приходящихся на различные временные периоды

Анализ рядов наблюдений за минимальной температурой воздуха показал, что неравномерность распределения абсолютных суточных минимумов по рассматриваемым периодам выражена в меньшей степени (рис. 2). Для рекордно низких температур, в сравнении с максимальными, отмечается обратная тенденция – наибольшая доля наблюдаемых минимумов в среднем по году приходится на период с 1940 по 1959 гг., наименьшая – на период с 2000 по 2019 гг. Количество суточных минимумов приходящихся на периоды 1960-1979 гг. и 1980-1999 гг. практически не отличается. Сезонная неоднородность для абсолютных минимумов температуры выражена слабо, за исключением июня и августа, для которых характерна большая доля минимумов пришедшихся на последние 40 лет.

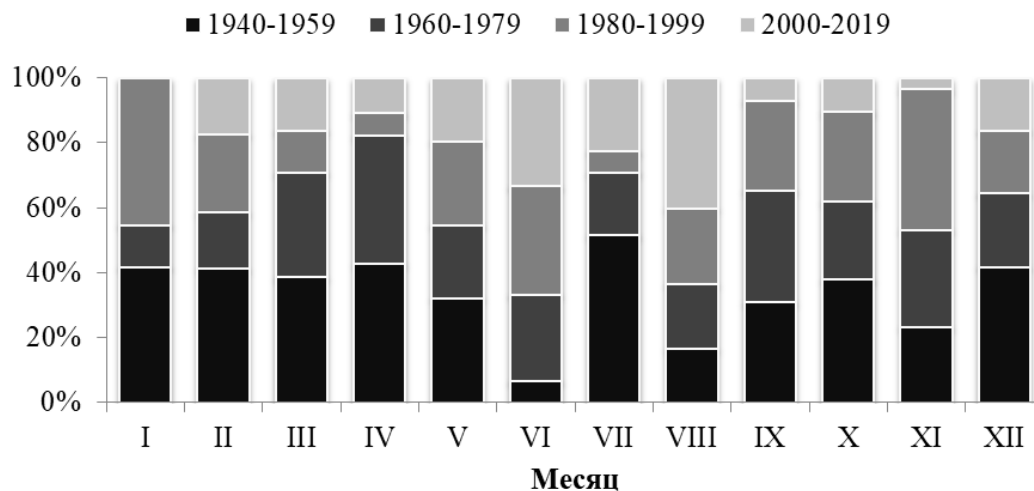


Рис. 2. Доля (в % от числа дней в месяце) абсолютных суточных минимумов приходящихся на различные временные периоды



Таким образом, анализ показал, что в г. Вологде отмечается тенденция к увеличению повторяемости случаев обновления абсолютных максимальных суточных температур и обратная тенденция с обновлением абсолютных суточных минимумов. При этом доля экстремальных температур обновленных за рассматриваемые периоды неоднородна по месяцам.

### *Литература*

1. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. «Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР» [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных>
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – 97 с.

УДК 551.435.83

## **ПРОГНОЗ И ОЦЕНКА КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ**

*Бажутин Павел Игоревич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
e-mail: pavel.bazhutin.96@mail.ru*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Золотарев Д.Р.*

**Аннотация:** прогноз параметров карстовых деформаций в настоящее время весьма затруднен. Среди существующих методов прогнозирования, наиболее предпочтительными являются детерминистические (расчетные) методы. В данной статье приводится апробирование методики, предложенной Аникеевым А.В., в условиях сульфатного карста, путем сравнения провала, произошедшего в натуре с расчетной скважиной, расположенной в 32 м от существующего провала. Отличительной чертой используемой методики является ее способность оценить возможные деформации, как сугубо карстово-обвального, так и карстово-суффозионного генезиса.

Полученный результат показал практически идентичные значения, что говорит об актуальности применения данной методики.

**Ключевые слова:** карст, карстовый провал, прогноз, диаметр провала, расчетный метод.

## **FORECAST AND EVALUATION OF KARST-SUFFOSION DEFORMATION**

*Bazhutin Pavel Igorevich*

*Perm state national research university, City Perm, e-mail: pavel.bazhutin.96@mail.ru  
Research supervisor: candidate of Geology and Mineralogy, assistant professor, Zolotarev D.R.*

**Annotation:** Forecast of karst deformation parameters is currently very difficult. Among existing prediction methods, deterministic (calculated) methods are most preferred. This article provides testing of the method proposed by Anikeev A.V. in the conditions of sulphate karst, by comparing the karst collapse occurred in kind with the design well located 32 m from the existing collapse. A distinctive feature of the technique is its ability to estimate possible deformations, both purely cover-collapse and karst-suffosion genesis.

The result showed almost identical values, which indicates the relevance of this technique.

**Key word:** karst, karst collapse, forecast, diameter collapse, calculation technique.

Карстовые провалы представляют собой быстрые деформации земной поверхности, образующиеся в следствии обрушения толщи грунтов над полостями, находящимися в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.

Их прогноз, согласно В.В. Толмачеву [6], в настоящее время весьма затруднен, в силу принципиальной невозможности наблюдения за процессом в натуре, сложности и разнообразия механизмов карстопоявлений, а также в связи с слабыми возможностями технических методов, используемых в инженерных изысканиях.

Несмотря на вышесказанное, определение размеров возможных карстовых провалов, является неотъемлемой частью карстологических исследований. На сегодняшний день в практике их прогноза применяются следующие методы оценки [4].

- метод аналогий;
- вероятностно-статистический;
- детерминистический (расчетный);
- лабораторное физическое моделирование.

Однако, следует отметить, что согласно СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», для расчета размеров провалов следует использовать численные и аналитические методы, с недопустимостью использования вероятностных методов прогноза.

Попытки реализации расчетных методов прогнозирования диаметров возможных провалов предпринимались с середины 20 века под руководством Шахунянца Г.М.. Несмотря на то, что предложенная им методика базируется на некоторой идеализированной схеме (особенно в части получения исходных данных на практике), она послужила основой для совершенствования прогностических методик [5].

Большая часть предложенных ранее методик основывались на соотношении сдерживающих и сдвигающих сил над карстовой полостью, что характеризует размеры провалов карстово-обвального генезиса. Однако, не менее важным является учет суффозионного выноса материала, приводящий к формированию отрицательных форм рельефа.

На сегодняшний день, наиболее прогрессивной методикой прогноза размеров карстово-суффозионных деформаций является расчетный метод оценки, предложенный А.В. Аникеевым, подробно описанный в монографии автора [1]. Вычисление параметров провала основывается на анализе геологического разреза, при котором для каждого отдельного грунтового слоя определяется наиболее вероятный механизм деформирования над полостью и рассчитываются параметры этих деформаций. Расчет ведется снизу-вверх по разрезу. Отправной точкой расчета является полость, которая может быть заложена на стыке карстующихся пород и выше лежащих грунтов.

Целью данной статьи является апробирование описанной выше методики, методом сравнения прогнозного диаметра карстовой формы, с уже существующим провалом вблизи расчетной скважины.

Участок, в пределах которого производится текущее исследование, располагается в северной части г. Дзержинска. По данным Аникеева А.В. [1], на территории г. Дзержинск за последние 40 лет образовалось 29 карстовых воронок, которые служат источником серьезного риска. Карстоопасность территории обусловлена, наличием сульфатных пород, перекрытых песчано-глинистыми отложениями.

Предметом исследования является карстовый провал, произошедший в 1974 году, его диаметр составил 11,5 м, а глубина 2,4 м. На расстоянии 32 м от него расположена карстологическая скважина глубиной 50 м.

Геологический разрез, по данным бурения, представлен аллювиальными песчаными отложениями четвертичной системы (аQ), среднепермскими глинами татарского яруса (P<sub>t</sub>) и толщей сульфатных отложений ассельско-артинского возраста. Наиболее подробная характеристика геологических условий площадки приведены в таблице 1. Физико-механические свойства грунтов были определены по архивным данным, а также данным регионального исследования территории.

Сульфатные отложения залегают с глубины 35,7 м и представлены трещиноватыми гипсами и ангидритами, служащие весьма объемной аккумулятивной емкостью. Ее расчет является одним из основополагающих параметров расчета, так как обуславливает величину возможного суффозионного выноса из массива. Общая аккумулятивная емкость состоит из двух величин: аккумулятивная емкость карстовой полости и аккумулятивная емкость трещиной пустотности. Вычисление этих параметров основывается на учете: величины полости, мощности зоны активного карствования, скорости растворения карстующихся пород за расчетный период и трещиноватости массива. Входные данные учитываемые в расчете данного показателя приведены в таблице 2.

Таблица 1

## Геологический разрез и физико-механические свойства грунтов

№ п/п	Наименование грунта	Генезис грунта	Глубина	Мощность	Плотность грунта	Коэффициент пористости	Число пластичности	Показатель текучести	Коэффициент водонасыщенности	Модуль деформации	Коэффициент Пуассона	Угол внутреннего трения	Удельное сцепление	Удельная прочность в связном состоянии
				m	$\rho$	e	$I_p$	$I_L$	$S_r$	E	$\nu$	$\varphi$	c	$D_{\text{нб}}$
			м	м	г/см <sup>3</sup>	д.е.	%	д.е.	д.е.	МПа	д.е.	°	кПа	м
1	Песок мелкий	aQ	17,50	17,50	1,79	0,650	-	-	0,800	30,0	0,30	33,0		-
2	Песок средней крупности	aQ	22,00	4,50	1,81	0,580	-	-	0,900	40,0	0,29	40,0	-	-
3	Глина плотная твердая	P <sub>1t</sub>	32,80	10,80	2,04	0,500	19,0	- 0,100	0,700	20,0	0,38	20,0	60,0	0,400
4	Известковая мука	P <sub>1kz</sub>	35,70	2,90	2,12	0,450	5,0	- 0,200	0,700	25,0	0,33	29,0	13,0	0,050

Таблица 2

## Входные данные о закарстованности карстующейся толщи

Наименование	Значение
Карстующийся грунт	гипс
Начальный диаметр полости, м	5,2
Скорость растворения породы, м/год	0,035
Конечный диаметр полости за 50 лет, м	6,95
Высота полости, м	2
Мощность зоны активного карстования, м	15
Глубина установления трещинно-карстовых вод, м	5,5
Аккумулятивная емкость карстовой полости, м <sup>3</sup>	75,83
Аккумулятивная емкость трещиной пустотности, м <sup>3</sup>	4041,43
Аккумулятивная емкость карстующейся толщи, м <sup>3</sup>	4117,26

Сведения о начальном диаметре и высоте полости, приняты согласно исследованиям Саваренского И.А., проведенным на территории г. Дзержинска [3]. Скорость растворения гипса принята согласно данным приведенными Горбуновой К.А. [2].

Однако, рассмотрение детальных расчетов аккумулятивной емкости заслуживает отдельной работы.

Помимо, учета аккумулятивной емкости карстующегося массива, значительную роль в прогнозном расчете играют физико-механические свойства перекрывающей толщи. Учет поведения грунтов над полостью, подразделяется на две категории: вычисление параметров деформирования связных и полусвязных грунтов, а также несвязных грунтов.

Для связных грунтов, по мимо учета физико-механических свойств грунта, немаловажным является фиксация трубообразных каналов-полостей, представляющие собой ослабленные участки массива, характеризующиеся повышенной трещиноватостью и раздробленностью грунтов покровной толщи. Диаметр и форма в профиле полостей канального типа зависят от свойств грунтов, их мощности и интенсивности трещиной раздробленности. Так, чем более твердый грунт, тем большие значения удельной ширины раскрытия трещин ему характерны. В целом, определение величины ширины раскрытия трещин является весьма условным и определяется путем прямых замеров, что может быть по-разному интерпретировано разными геологами. Однако более точного способа расчета на сегодняшний день неизвестно. При невозможности фактического анализа керна, для приблизительных расчетов параметра может быть использована матрица значений удельной ширины раскрытия трещин, составленная по данным массового изучения керна пермских глин, аргиллитов и алевролитов.

Впрочем, уложить подробную методологию расчета в рамках одной исследовательской работы представляется весьма трудной задачей.

В результате произведенных вычислений, рекомендуемый расчетный диаметр провала составил 12,1 м. Полученный результат характеризуется практически идентичной величиной с провалом, произошедшим в натуре.

Несомненно, текущая методика имеет весьма сложный математический аппарат и требует субъективного взгляда исследователя. Однако, на сегодняшний день, среди ряда иных детерминистических методов, именно эта методика позволяет получать прогнозные диаметры, наиболее приближенные к реальным.

### *Литература*

1. Аникеев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска // Москва: РУДН, 2017.
2. Горбунова К.А. Карст гипса СССР. Изд. Пермского ун-та, 1977.
3. Саваренский И.А. Вероятность появления карстовых провалов различных диаметров в районе г. Дзержинска // Новости карстоведения и спелеологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, №3.
4. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: ПНИИС. 2001. С. 25.
5. Толмачев В.В. Анализ исследований в области механизма карстовых провалов // Инженерная геология карста. 1992, №1. С. 61-66.
6. Толмачев В.В. История развития инженерного карстоведения в свете идей и результатов исследований своих коллег // Семинар по проблемам инженерного карстоведения. Дзержинск, 2012. С 4-26.

*XIII СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
«ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ»*

***РАЗДЕЛ 9:***

***Геоинформационные системы  
в науках о земле.***

*XIII COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS  
«GEOLOGY IN THE DEVELOPING WORLD»*

***Section 9:***

***Geoinformation systems  
in the Earth sciences***

УДК 550.8.05

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУД ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*Тезиков Артемий Дмитриевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 4 курса, г. Пермь*

*e-mail: [tema0763@gmail.com](mailto:tema0763@gmail.com)*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Митюнина Ирина Юрьевна*

**Аннотация:** в статье рассмотрены возможности комплексной интерпретации геофизических и геохимических данных с помощью ArcGIS на примере Ак-Сугского медно-молибден-порфирового месторождения, выделены районы, перспективные для разработки аналогичного месторождения.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, комплексирование, ArcGIS, Ак-Суг, геофизика, геохимия.

## APPLYING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR THE PORPHYRY ORE DEPOSITS PREDICTION USING A COMPLEX OF GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL DATA

*Tezиков Artemii*

*Perm State National Research University, 4<sup>th</sup> year student, Perm*

*e-mail: [tema0763@gmail.com](mailto:tema0763@gmail.com)*

*Research Supervisor: candidate of geology and mineralogy, reader Mityunina Irina Yrievna*

**Abstract:** the article represents the possibilities of complex interpretation of geophysical and geochemical data using ArcGIS, illustrated by an example from Ak-Sug molybdenian porphyry deposit. The areas of the similar deposit possible location are highlighted.

**Keywords:** geographic information systems, complexing, ArcGIS, Ak-Sug, geophysics, geochemistry.

В настоящее время геоинформационные системы широко применяются в геологии и, в частности, в геофизике для пространственного анализа многомерных данных.

Цель нашего исследования – анализ и прогноз месторождений медно-молибденовой формации с использованием возможностей ArcGIS.

Объект исследования – район на севере республики Тыва. На данной территории находится Ак-Сугское медно-молибденовое месторождение. На основе имеющихся данных о месторождении и окружающей его территории мы выделим районы, наиболее перспективные для поиска аналогичного месторождения.

Месторождения медно- и молибден-порфирового типа формируются в условиях активных окраин континентов [1]. Главный морфологический тип месторождений – штокверковый. В своем геологическом строении исследуемое месторождение сложено преимущественно гранитоидами девонского возраста [2]. В геохимическом плане медно-молибденовое месторождение выделяется по повышенному содержанию калия (рис. 1), что может объясняться действием гидротермальных растворов в постмагматическую стадию. Значения содержания урана и тория – средние, фоновые. Немаловажную роль в формировании месторождения играют гидротермальные растворы. В медно-молибденовых месторождениях содержится до 50% мировых запасов меди, что делает их особенно важными для промышленных целей.

Для понимания того, как предсказывать месторождения этого типа, необходимо рассмотреть признаки, по которым их можно выделить в геофизических и геохимических полях.

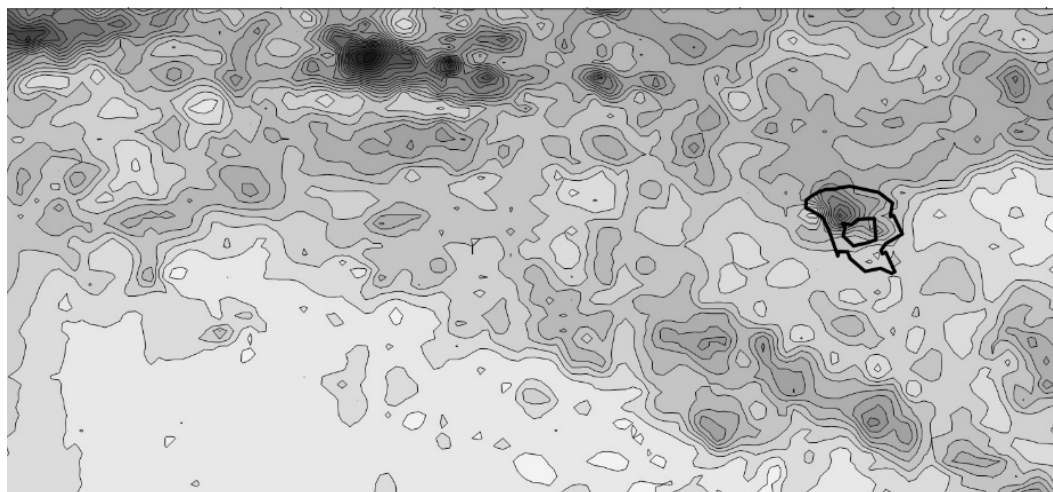


Рис. 1. Карта значений содержания калия с обозначенным контуром разведанного месторождения

На территории были проведены геохимические работы – взяты пробы на содержание радиоактивных изотопов K, U, Th, а также геофизические съемки – магниторазведка, гравиразведка и электроразведка.

Разведанное месторождение находится в средней – поздней стадии оруденения, из чего можно сделать вывод о его свойствах. В магнитном поле такое месторождение проявляется немного пониженными значениями вертикальной составляющей, иногда опускающимися ниже фоновых уровней. Кажущееся электрическое сопротивление пород понижено, а значения поляризуемости – средние.

Исходя из имеющихся данных мы сделали попытку выявить места возможного нахождения аналогичного месторождения. Для этого использовался программный комплекс ArcGIS.

Возможность работы с многомерными данными в программном комплексе ArcGIS реализована в виде набора инструментов «Многомерность». Для комплексной интерпретации данных съемок использовались инструменты «Изокластер», «Классификация по методу максимального подобия» и «Метод главных компонент».

При применении инструмента «Изокластер» набор входных растров исходных съемок разделяется на классы, в каждом из которых устанавливаются определенные значения каждого из входных параметров. В результате получается выходной растр, на котором отображается распределение выделенных классов.

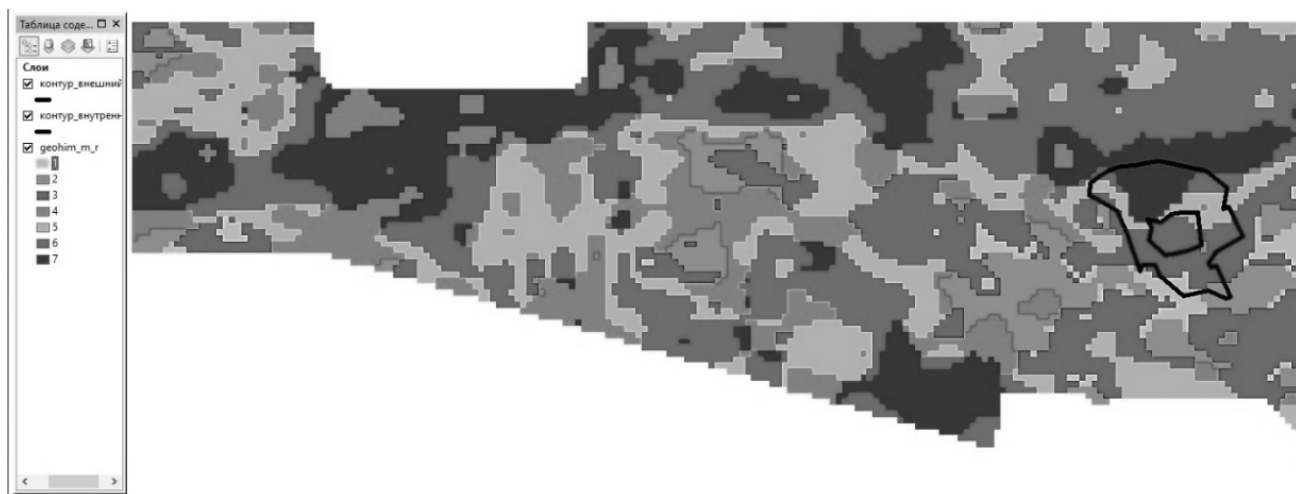


Рис. 2. Выходной растр, полученный с использованием инструмента «Классификация по методу максимального подобия» для данных геохимической съемки с нанесенным контуром месторождения



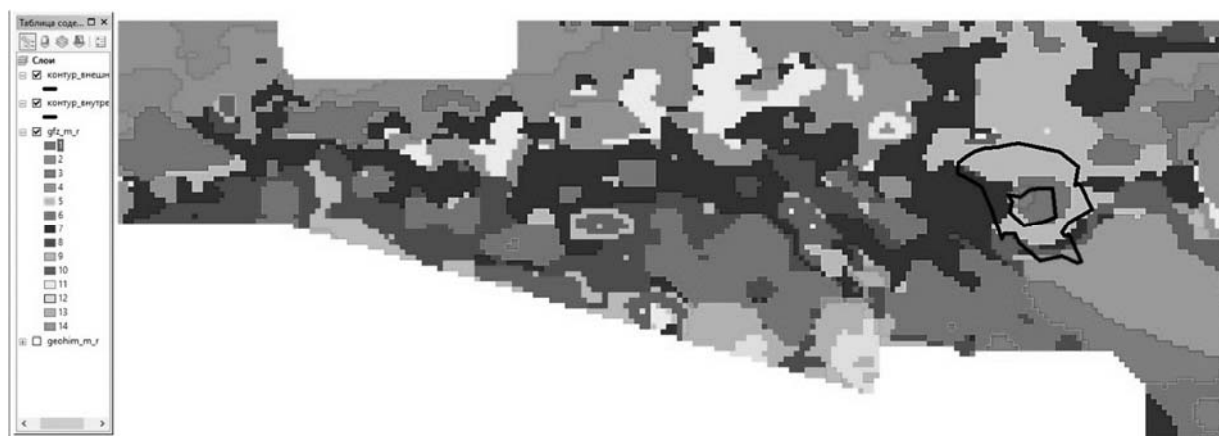


Рис. 3. Выходной растр, полученный с использованием инструмента «Классификация по методу максимального подобия» для данных геофизической съемки с нанесенным контуром месторождения

Разведанное месторождение попадает в области классов 2, 3 и 7 (рис. 2).

Для каждого класса задаются определенные средние значения параметров, а также вариации этих параметров.

Таблица 1

Средние значения классов для каждого из геохимических параметров

Класс	Уран	Торий	Калий
1	0,493573	1,249295	0,31227
2	1,499171	1,843125	0,432005
3	0,904429	2,789852	0,552965
4	2,150766	3,777178	0,561295
5	1,439405	4,195936	0,9121
6	1,607888	5,467446	1,161405
7	2,505342	5,836661	1,356635

Анализируя полученные значения (таблица 1), а также области классов, в которых находится месторождение (рис. 2), делаем вывод, что значения класса 7 максимально удовлетворяют априорным данным о месторождении, в частности – повышенным содержаниям калия. Таким образом, с геохимической точки зрения области класса 7 – наиболее перспективны для дальнейших исследований.

В выходном растре, полученном с использованием данных геофизической съемки (рис. 3), аномалия четко локализуется в области 1, а также частично в области 5. Значения параметров области 5 наиболее удовлетворяют обобщенным физическим параметрам медно-молибденового месторождения, в частности: пониженные относительно средних сопротивления, повышенные значения поляризуемости и значения вертикальной составляющей магнитного поля немногим меньше среднего (таблица 2).

На основе заключений выше можно сделать выводы о наиболее перспективных участках для дальнейших исследований на предмет наличия медно-молибденовых месторождений.

Таблица 2

Значения классов 5 и 1 в сравнении со средними значениями по всем классам по геофизическим параметрам

	КС	Поляризуемость	Магнитная съемка	Гравитационная съемка
Класс 1	4155,08663	2,371706	-42,6358	-0,77449
Класс 5	2947,938898	4,937517	177,7085	0,926195
Среднее	11973,28286	2,286725	349,5325	0,841758

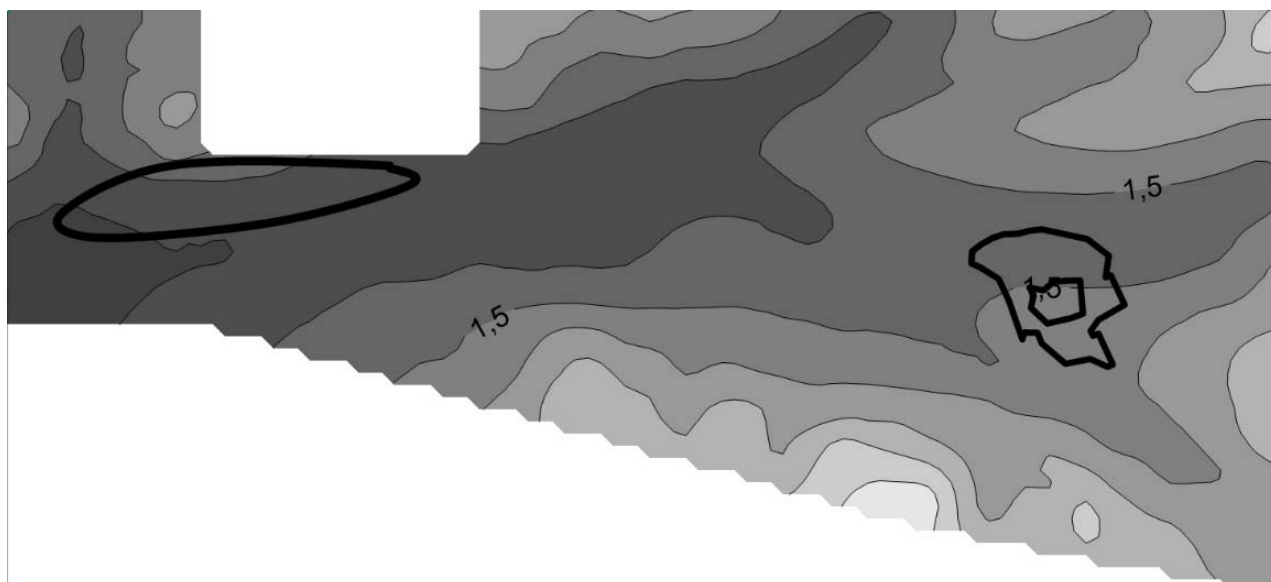


Рис. 4. Карта рельефа исследуемой территории с контуром месторождения и наиболее перспективным на наличие аналогичного месторождения участком

Исходя из заключений, сделанных выше, выделенная область на западе исследуемого участка (рис. 4) является наиболее перспективной на наличие медно-молибденового месторождения. Таким образом, возможности многомерного анализа ArcGIS позволили решить поставленную задачу.

#### **Литература**

1. Ибламинов Р.Г. *Минерогения (основы минерагеодинамики): учеб. пособие* // Перм. гос. нац. исслед. ун-т, Пермь, 2015, 322 с.
2. Монгуш А.-Д.О., Лебедев В.И. *Ак-Сугское медно-молибден-порфировое месторождение: вещественный состав пород и руд.* // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН №1 (42), Кызыл, 2013. 22-29 с.

УДК 528.852.8, 911.52

## **ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСБОРОВ РЕК СЕВЕРНОГО СКЛОНА ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Черноштан Анастасия Викторовна**

Томский политехнический университет, магистрант 2 курса, г.Томск,  
e-mail: nas.lucky.96@mail.ru

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Никитенков Алексей Николаевич

**Аннотация.** В данной работе разрабатывается подход к комплексному исследованию взаимосвязи в изменениях ландшафтов водосборных бассейнов на примере северного склона Заилийского Алатау, Алматинская область, Южный Казахстан.

**Ключевые слова:** сток, landsat, ландшафты, Заилийский Алатау

## LANDSCAPE DYNAMICS AND CATCHMENT CHARACTERISTICS OF RIVERS ON THE NORTHERN SLOPE OF ZAILIYSKY ALATAU USING REMOTE SENSING DATA

*Anastasia Chernoshtan*

*Tomsk polytechnic university, 2nd year Master's Degree Student, Tomsk*

*e-mail: nas.lucky.96@mail.ru*

**Research Supervisor:** *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Aleksey Nikitenkov*

**Abstract:** This article presents an approach to a comprehensive study of the relationship in changes in the landscapes of catchment basins on the example of the Northern slope of the Zailiysky Alatau, Almaty region, southern Kazakhstan

**Key words:** flow, Landsat, landscapes, Zailiysky Alatau

В масштабах нашей планеты непрерывно идёт процесс преобразования ландшафтов, обусловленный как естественными, так и антропогенными процессами. Исследование результатов воздействия данных процессов на ландшафты позволяет выявлять вклад отдельных факторов, а также оценивать и прогнозировать направленность и последствия данных преобразований. Применительно к условиям юго-восточной части Казахстана рассмотрение данной проблемы в многолетнем разрезе актуально как с позиций глобальных климатических изменений, ведущих в перспективе к недостатку водных ресурсов [5,8] так и для рассмотрения роли человека в данном процессе.

**Целью** данной работы является разработка подходов к оценке динамики изменения ландшафтов водосборов основных рек северного склона Зайи́йского Алатау, а также морфометрических характеристик территории и их роли в происходящих изменениях. Она включает в себя следующие задачи:

1. Сбор и анализ отдельных космоснимков для выявления многолетней динамики изменений земной поверхности.
2. Получение и анализ цифровой модели рельефа (ЦМР) и производных из нее характеристик.
3. Оценка морфометрических характеристик основных водосборных бассейнов рассматриваемой территории, а также соотношений различных типов ландшафта в их пределах.

Основным методом проведения исследований является математико-картографическое моделирование с использованием программного пакета ArcGIS 10. Исходными материалами для выполнения работы являются спутниковые снимки Landsat 8 [2] за (2013 - 2019 годы), снимки ЦМР SRTM [4] с пространственным разрешением в 1 угловую секунду, а также картографические изображения google карт.

Построение речной сети осуществлялось с использованием функциональных возможностей модуля пространственного анализа ArcGIS. Общий алгоритм построения заключается в последовательном выполнении ряда операций над исходной ЦМР и описан в [1,3,9]. Оценка речной сети и её морфометрических параметров производилась для водосборов всех крупных рек, построенных от высоты 1000 м, примерно соответствующей началу горной территории и принятой в качестве границы достоверной применимости используемого подхода. Применимость подобного алгоритма для решения данного класса задач рассматривалась ранее [6].

В работе были использованы снимки Landsat 8 класса обработки Level 2, не требующие корректировки для анализа значений спектра. Для дешифрирования был выбран период август-сентябрь, так как именно на эти месяцы приходится максимум таяния ледников. Также именно в августе-сентябре на данной территории минимум облачности (менее 10% от всей площади снимка), необходимый для дешифрирования. Выбор 2013 и 2019 годов обусловлен схожестью хода климатических характеристик. Дешифрирование космоснимков LandSat 8 осуществлялось встроенными средствами ArcGIS. Сначала, с использованием менеджера обучающей выборки, была создана выборка из типовых видов объектов, по которым на основе многомерной модели “обучения” создавались индивидуальные для каждого снимка файлы сигнатур, призванные обеспечить классификацию территорий по различным характерным типам территорий, среди которых нами были выделены: строения и скальные грунты, почвы, зона лесного пояса, зона луговой растительности и пашен, ледники, водные объекты (озера, водохранилища). Классификация растров осуществлялась в автоматизированном режиме по методу максимального подобия. Для более качественной интерпретации результатов дешифрирования были также произведены работы по дифференцированию результатов автоматизированной классификации

земной поверхности на основе ландшафтных данных, полученных нами на этапе построения речной сети. В частности, с учетом абсолютных высот и характеристик речных бассейнов.

**Полученные результаты.** На основе ЦМР SRTM по крупным рекам были определены морфометрические параметры - площадь и периметр водосбора, длина реки, порядок водосборного бассейна, густота речной сети (таблица 1, рис 2).

Крупные реки северного склона являются реками 4 и 5 порядков по Страхлеру. Большая часть их является притоками других рек (У.Алматы, Чемолган - притоки р. Каскелен, Аксенгир - приток р.Курты), но все они, за исключением р.Курты впадают в Капчагайское водохранилище.

Таблица 1

Морфометрические характеристики основных водосборных бассейнов территории

№ п.п	Река	S, км <sup>2</sup>	Макс. высота	Разница высот, м	Средне-площадная высота, м	Число фрагментов речной сети	Длина речной сети, м	Густота речной сети, км/км <sup>2</sup>
1	Тургень	1183,3	4390	3389	2707	153	436877	0,37
2	Иссык	577,9	4622	3621	2864	79	217629	0,38
3	Киши Алматы	236,6	4356	3358	2490	27	86435	0,37
4	Кыргаулды	96,1	3709	2709	2165	5	45627	0,47
5	Карагайлы	94,9	4150	3149	2651	9	40693	0,43
6	Талгар	893,0	4957	3955	3125	133	329920	0,37
7	Улкен Алматы	532,8	4362	3362	2965	69	184065	0,35
8	Аксай	244,7	4168	3167	2941	27	95499	0,39
9	Чемолган	275,9	4020	3022	2419	39	105562	0,38
10	Каскелен	570,7	4221	3219	2677	63	219838	0,39
11	Аксенгир	775,1	4150	3149	2568	89	314017	0,41

В результате детального рассмотрения частей водосборов крупных рек (более 3-го порядка) водосборов обнаружено 8 рек средней густоты речной сети и 3 с густой (р.Аксенгир, Карагайлы и Кыргаулды), что связано с малыми площадями водосборов последних. Наибольшее количество притоков у р. Талгар и Тургень. Отмечена также прямая связь густоты речной сети от типов ландшафта, являющихся морфологической основой водосбора.

## Водосборы основных рек зоны формирования стока

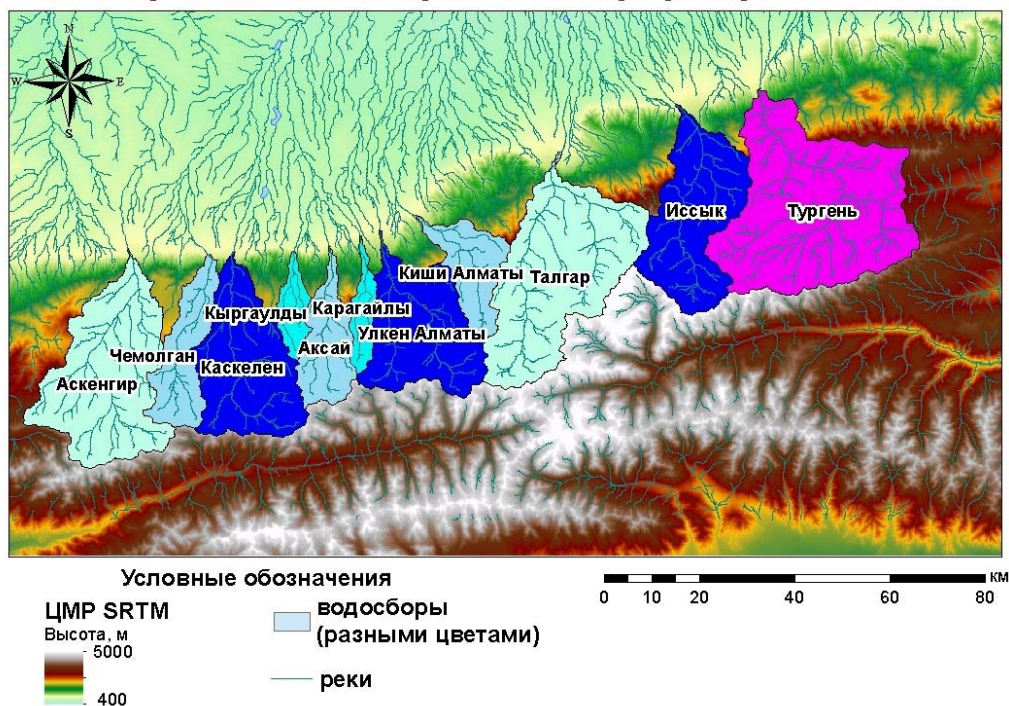


Рис. 1. Водосборы основных рек северного склона Зайлийского Алатау.



Результаты классифицирования представлены на рисунке 2 (фрагмент карты).

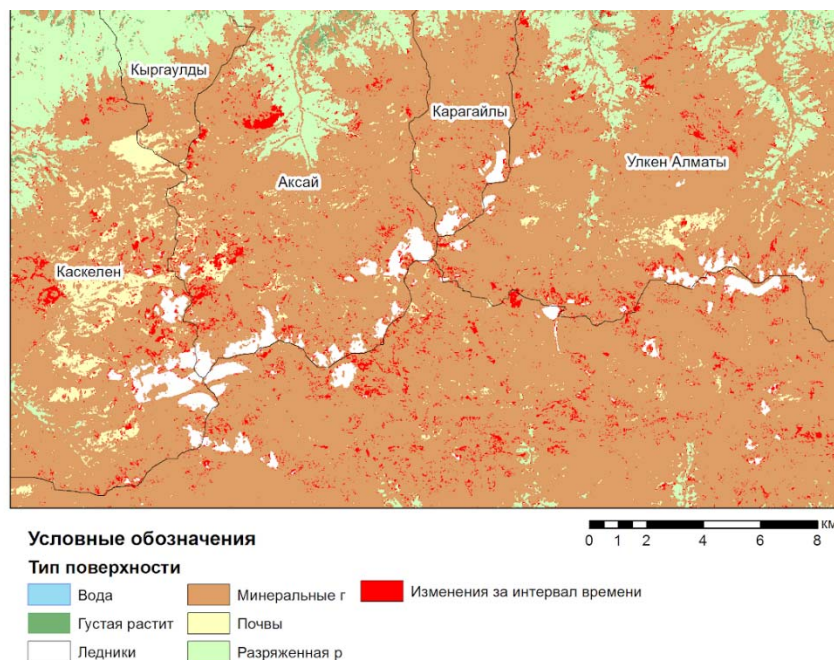


Рис. 2. Фрагмент карты с изменениями на 2013-2019 годы.

Сокращение голого почвенного покрова в верхней части долин водосборных бассейнов произошло с замещением его луговой растительностью наблюдается преимущественно для водосборов, имеющих наибольшие абсолютные отметки - Тургень, Иссык, Карагайлы (до 7% площади). Также для всех рассмотренных водосборов характерно сокращение площадей ледников (до 1,9% площади территории - Иссык, Талгар), высвобождение которых ведет к росту доли территории с минеральными грунтами. По водным объектам значимых изменений за рассмотренный период, согласно данным дешифрирования, не наблюдается. Наблюдаемые изменения могут быть интерпретированы в контексте наблюдаемой тенденции к росту средних многолетних температур воздуха в регионе, следствием которых является таяние ледников и ряд других негативных явлений [7]. Урбанизация коснулась бассейнов рек Каскелен, М.Алматинка, Узун Каргалы, Талгар, Иссык, Чилик. Наибольшее антропогенное воздействие наблюдается в г.Алматы (бассейн р.Каскелен и М.Алматинка), где сток крупных рек зарегулирован, производится водозабор из горных рек (малых, в том числе), а естественная растительность практически отсутствует.

**Выводы и обсуждения.** В рамках рассмотренной нами зоны формирования стока рек наблюдаются разнонаправленные процессы: в нижней части водосборных бассейнов происходит постепенное антропогенное преобразование ландшафтов, связанное прежде всего с использованием водных ресурсов, а в верхней части бассейнов происходят изменения, являющиеся следствием глобальных природных процессов. В горах наблюдается смена природных зон в связи с вертикальной зональностью, в рамках каждой из зон наблюдаются процессы, обусловленные в большей мере климатическими изменениями. Значительная деградация ландшафтов, начальные стадии которой мы уже можем наблюдать, приведет к изменению характеристик стока рек, и, как следствие, невосполнимой утрате биоразнообразия, включая ряд эндемичных видов.

Предлагаемый в статье подход представляется эффективным средством для мониторинга значимых изменений, отражающихся на поверхности территории внутри отдельных водосборных бассейнов за счёт комплексного учёта как типов подстилающей поверхности, так и ландшафтных особенностей, определяемых морфометрическими характеристиками территории, а его дальнейшее развитие представляет интерес с точки зрения многофакторной оценки состояния окружающей среды и, в частности, водных ресурсов территории.

#### Литература

1. Horton R. E. *Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology* // *Geological Society of America Bulletin*. — 1945. — Т. 56, вып. 3. — С. 275–370.
2. NASA Landsat Data Continuity Mission LDCM // *Press kit*. 2013. № February. С. 25–28.

3. Strahler A. N. *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology* // *Geological Society of America Bulletin*. — 1952. — Т. 63, вып. 11. — С. 1117–1142.
4. USGS SRTM Topography // SRTM Documentation [Электронный ресурс]. URL: [https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/Documentation/SRTM\\_Topo.pdf](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/Documentation/SRTM_Topo.pdf).
5. Достоев Ж. - Водные ресурсы предгорной равнины северного склона Заилийского Алатау // *Географические проблемы Или-Балхашского бассейна* - Алматы: Гылым, 1993. - 211с.
6. Никитенков А.Н., Дутова Е.М., Покровский Д.С. Картографические построения и оценка морфометрических параметров водосборов горно-складчатых территорий по данным спутниковой съемки (SRTM) (на примере северной части Кузнецкого Алатау) // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2013. № 1. С. 223–231.
7. Северский И. В. Современные и прогнозные изменения снежности и оледенения зоны формирования стока и их возможное воздействие на водные ресурсы Центральной Азии // *Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии*. Алматы: Комплекс. – 2007. – С. 180-205
8. Турсунов А.А. Результаты научных исследований по Или-Балхашской проблеме и пути вывода экосистемы бассейна из кризиса // *Географические проблемы Или-Балхашского бассейна* - Алматы: Гылым, 1993. - 211с.
9. Философов В.П. О значении порядков долин и водораздельных линий при геолого-географических исследованиях // *Вопросы морфометрии*. Вып. 2. Саратов : Изд-во СГУ, 1967. С. 4–6.

**РАЗДЕЛ 1: МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ. МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**SECTION 1: DEPOSITS OF MINERALS.  
METHODS OF SEARCH AND EXPLORATION OF MINERAL DEPOSITS**

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НЕФЕЛИНОВЫХ РУД КИЯ-ШАЛТЫРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	5
<i>Евтихова Дарья Анатольевна, Ускова Мария Сергеевна</i>	
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БЕЛЫЙ ТИГР» НА ШЕЛЬФЕ ВЬЕТНАМА	9
<i>Ярина Софья Андреевна</i>	
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УШАЛЫК (ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН)	13
<i>Филиппова Надежда Анатольевна</i>	
ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ ГАББРО-ДИОРИТОВЫЙ КОМПЛЕКС КОММУНАРОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПОРОД	16
<i>Ермокина Ульяна, Петрова Ксения</i>	
ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПРИРОДНЫЕ СВЯЗИ КОМПОНЕНТОВ РУД НОВО-ШИРОКИНСКОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)	19
<i>Лобанов Максим Павлович</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНОГО ПЛЮМА В ПРИДОННЫХ ВОДАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО КРАТЕРА ИРИНА 1, ПОЛЕ ЛОГАЧЕВ, САХ	22
<i>Петров Владимир Антонович</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОКСИДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПИРОПОВ СВЯЗАНЫ С ИХ АЛМАЗОНОСНОСТЬЮ НА УЧАСТКЕ УЛАН-КУРУНГ-ЮРЯХ (РЕСПУБЛИКА САХА)	26
<i>Архипов Дмитрий Алексеевич</i>	
ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ УЧАСТКА 4 МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНКАЙ	30
<i>Асқар А.Е.</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ТЕРРИКОНОВ	32
<i>Гаянов Руслан Вакилевич</i>	
РОЛЬ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ФОРМАЦИЙ В ОБРАЗОВАНИИ РОССЫПЕЙ БОДАЙБИНСКОГО РАЙОНА	37
<i>Плюснин Илья Александрович, Мовзитова Ксения Ильнуровна</i>	
РУДОНОСНОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕТРИНСКОЙ СВИТЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)	41
<i>Исламов Рамиль Расулович</i>	
ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОТРАБОТКИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД ДАЛЬНЕГОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ	45
<i>Четина Татьяна Сергеевна, Шайнурова Светлана Маратовна</i>	



ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НОВО-ШИРОКИНСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)	48
<i>Голдырев Виталий Николаевич</i>	
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД ЗУН-ХОЛБИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)	54
<i>Москвитина Мария Леонидовна, Извекова Александра Дмитриевна</i>	
СПЕЦИФИКА ПОДХОДА К БЛОЧНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПЛАСТООБРАЗНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	57
<i>Щенкова Евгения Сергеевна</i>	
ЛИТИЙ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМАХ	61
<i>Кузнецов Давид Алексеевич</i>	
РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БИОГИДРОМЕТАЛУРГИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ	65
<i>Македонская Александра Дмитриевна</i>	

## РАЗДЕЛ 2: МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

### SECTION 2: MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND PETROGRAPHY

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РАВНИННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)	69
<i>Колесникова Карина Алексеевна</i>	
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАЛЕОЦЕН-ЭОЦЕНОВОГО МАКСИМУМА ПО КОСВЕННЫМ ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ (СРЕДНЕЕ ЗАУРАЛЬЕ)	73
<i>Смирнов Павел Витальевич</i>	
ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА ВЕНДСКОГО ПЕРИОДА АНГАРО-ЛЕНСКОЙ СТУПЕНИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	77
<i>Матвеев Илья Сергеевич</i>	
ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕДКОГО РОССЫПНОГО ТИТАН-ЦИРКОНИЕВОГО КАМБУЛАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ)	80
<i>Коцарев Ярослав Романович</i>	
МЕТОДИКА ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ОЧЁР, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)	83
<i>Калинин Кирилл Павлович</i>	
МИНЕРАЛОГИЯ ТОМСКОГО ДАЙКОВОГО КОМПЛЕКСА	86
<i>Абдурахманов Алимжон Анварович</i>	

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЙ РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРЕДЕЛАХ ДУКАТСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ	90
<i>Комарова Юлия Витальевна</i>	
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ «ГАБРИЭЛЬ» (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)	93
<i>Коротченко Кирилл Викторович</i>	
ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ УЧАСТКА «ВЕРХОТУРСКИЙ»	97
<i>Зяббаров Максим Рашидович</i>	
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД ЗАПАДНО-АЩЕБУТАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ОРСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ)	100
<i>Тагирова Лейсан Радиковна</i>	
МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОД ГРУБООБЛОМОЧНОЙ ФРАКЦИИ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕКИ ЧЕЛБАНЬЯ	104
<i>Чумаков Александр Васильевич</i>	
МИНЕРАЛЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В РУДАХ ТАЛНАХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)	108
<i>Астафьев Сергей Валерьевич</i>	
МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДОЛЕРИТОВ БАССЕЙНОВ РЕК ВИЛЮЙ И МОРКОКА	111
<i>Унхеева Татьяна Васильевна</i>	
ГЕНЕЗИС МАГНИТНЫХ МИКРОСФЕРУЛ В ПЕРМСКИХ ЭВАПОРИТАХ	114
<i>Глухов Михаил Сергеевич, Низамова Айгуль Васильевна</i>	
НАЛОЖЕННЫЙ ЭПИГЕНЕЗ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД- КОЛЛЕКТОРОВ СВЕРХВЯЗКИХ НЕФТЕЙ В КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ САКМАРСКОГО ЯРУСА	118
<i>Хазиев Радмир Римович, Андреева Евгения Евгеньевна, Анисимова Лилия Закувановна</i>	
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРМСКИХ РИТМИТОВ АКСАУТСКОЙ СВИТЫ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ, КЧР)	121
<i>Иванова Анастасия Сергеевна</i>	
ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ МЕТАСОМАТИТОВ ОЛЕКМИНСКОГО ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО КОМПЛЕКСА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ)	123
<i>Трумм Тамара Вадимовна</i>	
ПЕТРОГРАФИЯ ВЕРХНЕКИНГАШСКОГО МАССИВА	126
<i>Куманёв Александр Александрович</i>	

ПОРОДЫ ХРЕБТА ШАКА (ЮЖНАЯ АТЛАНТИКА) КАК ПРОДУКТЫ ОСТРОВОДУЖНОГО ВУЛКАНИЗМА	129
<i>Румянцева Наталья Алексеевна</i>	
РАСЧЕТ ПРОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТЕ ХЕЧАМ (ВЬЕТНАМ)	133
<i>Ле Куанг Фук</i>	
РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КВАРЦА ПЕГМАТИТОВ УЙПЕКТУ (ОШКИНСКОЕ ПЕГМАТИТОВОЕ ПОЛЕ, ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)	137
<i>Цыпленко Михаил Максимович</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПРИМАЗОК НА КРИСТАЛЛАХ ПИРОПА АЛМАЗОНОСНОГО УЧАСТКА УЛАХАН-КУРУНГ- ЮРЯХ (РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ))	140
<i>Хвостиков Герман Александрович</i>	
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛОВ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ НА ДАРГАНОВСКОМ УЧАСТКЕ ГРЕМЯЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)	144
<i>Бовкунова Наталья Александровна</i>	
ТИТАНОМАГNETИТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МЕТАБАЗАЛЬТОВ ФЕДОРОВСКОЙ СВИТЫ	146
<i>Худякова Мария Николаевна</i>	
УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ СРЕДНЕ-ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАШТЫПСКОГО ПРОГИБА ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ ВПАДИНЫ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)	150
<i>Набатников Артур Владимирович</i>	
ЭОАРХЕЙСКИЙ ЦИРКОН ИЗ ГРАНУЛИТОВ ДАЛДЫНСКОЙ СЕРИИ АНАБАРСКОГО ЩИТА	154
<i>Сергеева Людмила Юрьевна, Гусев Николай Иванович</i>	
АВ ІНІТІО РАСЧЕТЫ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ $Fe_2P$ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ	156
<i>Базарбек Асыл-Дастан Базарбекулы, Сагатов Нурсултан Ерболулы</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ ЗОЛОТА ОТ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ ИСОВСКИХ РОССЫПЕЙ	159
<i>Кузнецова Анастасия Андреевна</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР (ТАДЖИКИСТАН)	163
<i>Одинаев Шарифджон Ахтамжонович, Авезов Мирали Нуралиевич</i>	

### РАЗДЕЛ 3: ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

#### SECTION 3: PALEONTOLOGY, STRATIGRAPHY AND REGIONAL GEOLOGY

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ПЛОЩАДЬ ОСТАНИНСКАЯ)	169
<i>Лобес Дарья Сергеевна, Темник София Евгеньевна</i>	
ДОМАНИКОВАЯ ФОРМАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА	171
<i>Исупова Полина Александровна</i>	
НУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФОРАМИНИФЕР <i>CIVICIDOIDES PSEUDOUNGERIANA</i> ПАЛЕОГЕНА	174
<i>Трубин Ярослав Сергеевич</i>	
ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПЛИТА КАК ЧАСТЬ ПАЛЕОАЗИАТСКОГО ОКЕАНА	178
<i>Аламов Александр Дмитриевич, Ковешников Александр Евгеньевич, Стреляев Валерий Иванович</i>	
ИЗУЧЕННОСТЬ АРХЕОЦИАТ В КЕМБРИЙСКИХ РАЗРЕЗАХ САЯНО-БАЙКАЛЬСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ	182
<i>Скрипников Михаил Сергеевич</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОМАНИКИТОВ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ, БАСЕЙНА ЧЕРНОГО МОРЯ И БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ	184
<i>Шаихова Эльза Айдаровна, Обухова Ирина Дмитриевна</i>	
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ГЕНЕЗИСА ТРЕТЬЕЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ РЕКИ ЛЕНА (НА ПРИМЕРЕ ХАРЫЯЛАХСКОГО ОБНАЖЕНИЯ), ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ	188
<i>Павлова Мария Романовна, Шапошников Григорий Иванович</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ ВЕНД-ОРДОВИКСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ВОСТОЧНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПЛИТЫ	191
<i>Аламов Александр Дмитриевич, Ковешников Александр Евгеньевич, Стреляев Валерий Иванович</i>	

### РАЗДЕЛ 4: ГЕОФИЗИКА. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

#### SECTION 4: GEOPHYSICS. GEOPHYSICAL METHODS OF SEARCH AND EXPLORATION OF MINERAL DEPOSITS

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ОБРАЗЦАХ ГОРНЫХ ПОРОД РАЗЛИЧНОЙ ЛИТОЛОГИИ	197
<i>Козыревский Александр Сергеевич</i>	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ	200
<i>Заключных Игорь Сергеевич, Путилов Иван Сергеевич</i>	
ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ 2.5D И 3D ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ (EMD)	204
<i>Ворошилов Владислав Алексеевич</i>	
ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ ДАХОВСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)	208
<i>Ильин Виталий Викторович</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ВЧР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СРР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ	212
<i>Швецова Мария Николаевна</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	216
<i>Силуков Антон Геннадьевич, Чакилев Владислав Андреевич</i>	
ЯВЛЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ	219
<i>Обернебесов Дмитрий Сергеевич, Петросян Рубен Нверович</i>	
ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ СРЕДЫ ЗАКОЛОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РАСЧЕТЕ ТОЛЩИНЫ КОЛОННЫ МЕТОДОМ СГДТ	221
<i>Гинзбург Евгений Александрович</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ В ОБРАЗЦАХ КЕРНА	224
<i>Арапов Виктор Владимирович</i>	
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН	227
<i>Арапов Константин Сергеевич</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	231
<i>Ершов Ренат Альбертович</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОГО ВСКРЫТИЯ ПЛАСТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	234
<i>Зотин Никита Алексеевич</i>	
УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СКВАЖИН И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ДОБЫЧИ НЕФТИ	238
<i>Курасов Олег Александрович</i>	
МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА КГО «КАРЫМШИНА», ПОЛУОСТРОВ КАМЧАТКА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	241
<i>Будилова Екатерина Андреевна</i>	

## РАЗДЕЛ 5: ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

### SECTION 5: GEOLOGY OF OIL AND GAS

АНАЛИЗ ФАЦИАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ УНЬВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	246
<i>Крысин Николай Николаевич, Сологубова Мария Витальевна</i>	
ВЗАИМОСВЯЗЬ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ В ЮЖНО-ТАТАРСКОМ ОСАДЧНОМ БАССЕЙНЕ	250
<i>Максеев Даниил Сергеевич, Федоров Сергей Андреевич, Калгин Владислав Юрьевич</i>	
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАРОТАЖА В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН	253
<i>Арапов Константин Сергеевич</i>	
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЗДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАЙМЫСОВСКОГО СВОДА (ПО МАТЕРИАЛАМ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА СКВАЖИНЫ №1326 КРАПИВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)	255
<i>Амирханулы Еламан, Ле Тхи Хонг Шанг</i>	
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ДОМАНИКОВОГО ГОРИЗОНТА ОБНАЖЕНИЯ ГАБДЮКОВО (РЕСПУБЛИКА БАШКИРИЯ) ПО МЕТОДУ ROCK-EVAL	260
<i>Кожанов Дмитрий Дмитриевич, Большакова Мария Александровна, Радченко Кристина Андреевна</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ	264
<i>Тимофеева Анастасия Александровна</i>	
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ И СОСТАВА НЕФТИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	267
<i>Рузманов Ростислав Юрьевич</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И УТОЧНЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФИЛЬТРАЦИОННО – ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД КОЛЛЕКТОРОВ	271
<i>Белозерцева Полина Анатольевна</i>	
К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ	275
<i>Попков Иван Васильевич</i>	
КАТАГЕНЕЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИСХОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НГМП ВОСТОЧНОГО БОРТА ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА	279
<i>Капитанова Анастасия Сергеевна</i>	

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА ПРИМЕРЕ ТИМАНСКОГО ОБЪЕКТА САРАЙЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	281
<i>Садыков Арсен Альбертович</i>	
ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ЯКОВЛЕВСКОЙ СВИТЫ ЛОДОЧНОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)	285
<i>Попов Андрей Михайлович</i>	
ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МИРНОЙ СВИТЫ КАЛИНОВОГО НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ НЮРОЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ	288
<i>Старцев Илья Дмитриевич</i>	
ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (ПЛАСТ М1) СЕВЕРО-ОСТАНИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЮГО- ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЗСП)	291
<i>Серкина Галина Сергеевна, Давид Мария Алексеевна, Гарсия Бальса Аура Самид</i>	
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ И СОСТАВ НЕФТЕЙ ТЮМЕНСКОЙ И ШЕРКАЛИНСКОЙ СВИТ ТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЛЕНИНСКИЙ СВОД)	294
<i>Ямалетдинова Адель Айратовна</i>	
НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ВОЗМОЖНАЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ УТКИНСКО-СЕРЕБРЯНСКОЙ СИСТЕМЫ ВПАДИН	298
<i>Широбокова Юлия Владимировна</i>	
НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАДВИГОВОЙ ЗОНЫ УРАЛА	301
<i>Крылосова Ильза Андреевна</i>	
НЕФТИ ЮРЮЗАНО-СЫЛВЕНСКОЙ ВПАДИНЫ: СВОЙСТВА И СОСТАВ	304
<i>Фоминова Мария Валерьевна</i>	
НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ	307
<i>Новикова Анна Сергеевна</i>	
О РЕКОНСТРУКЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В НИЖНЕТУТЛЕЙМСКОЙ ПОДСВИТЕ ПО ДАННЫМ ГИС	311
<i>Петрова Регина Николаевна</i>	
ООЛИТЫ КАЗАНСКОГО ЯРУСА ВОСТОЧНОГО БОРТА МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ	315
<i>Мударисова Раушания Айдаровна</i>	
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИМЕР-ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ НА ЗАБЕГАЛОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕФТИ	318
<i>Ведерников Роман Юрьевич</i>	
ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗРЕЗУ НА ПЛОЩАДИ ВОСТОЧНО-БЕЙСУГСКОЙ	321



(КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ)

*Ломонова Екатерина Витальевна*

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАПКАНСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ 324

*Рюмина Кристина Владимировна*

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТАЛАКАНСКОГО  
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 327

*Сеничев Дмитрий Андреевич*

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФЕС ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НА  
ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОКА ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ  
ПРОВИНЦИИ 329

*Карнаушенко Лада Дмитриевна*

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КАМСКО-КИНЕЛЬСКОЙ  
СИСТЕМЫ ВПАДИН 332

*Зиганшин Дмитрий Андреевич*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ  
БОКОВЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАВОЛЖСКОГО  
ГОРИЗОНТА (НА ПРИМЕРЕ ВУКОШУРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ) 335

*Кагарманов Ринат Иршатович*

ПЕРСПЕКТИВЫ БИТУМОНОСНОСТИ САКМАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-  
ВОСТОКА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН 339

*Хазиев Радмир Римович, Фахрутдинов Ильмир Рафаилевич, Колузаева Ксения  
Юрьевна*

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ФРАНСКО-ТУРНЕЙСКИХ  
ОТЛОЖЕНИЙ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ВПАДИНЫ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НГБ 342

*Гумеров Арсен Ранисович*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА FAULT-PARALLEL-FLOW ПРИ  
ПАЛИНСПАСТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВЫХ ЗОН 346

*Красильников Виталий Павлович*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНО-  
ТАТАРСКОГО СВОДА 349

*Калимуллин Айдар Альбертович*

ПЕСЧАНИКИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ СУРГУТСКОГО СВОДА КАК  
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОЛЛЕКТОРА УГЛЕВОДОРОДОВ 354

*Хуснуллин Тимур Рашитович*

ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ВОСТОЧНО-ПЕРЕВОЗНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА 356

*Горяшина Анастасия Владимировна*

НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕДУРАЛЬСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА <i>Баяндин Кирилл Денисович</i>	360
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ОСВОЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ПРОЕКТОВ <i>Тетерин Антон Игоревич, Жигалов Дмитрий Олегович</i>	363
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОДСЧЕТА ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ШЛИФАХ К ГЛИНИСТО-КРЕМНИСТЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ БЕРЕЗОВСКОЙ СВИТЫ <i>Фукалов Тимофей Владимирович, Афонин Игорь Викторович</i>	367
ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ НЕОКОМСКОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКА СВОЙСТВ <i>Бабина Елена Олеговна</i>	370
ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЮРСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ <i>Габидуллина Гульназ Ильгизовна</i>	373
СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВЫЕ ЗОНЫ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ <i>Сединин Дмитрий Алексеевич</i>	377
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КУМУЛЯТИВНОЙ И ЦЕЛЕВОЙ ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА <i>Сологубова Мария Витальевна, Крысин Николай Николаевич</i>	380
СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ СЕНЕГАЛО-МАВРИТАНСКОГО БАССЕЙНА <i>Балло Мамаду Бабаджан</i>	384
НАДВИГОВЫЕ ПОЯСА УРАЛА И СКАЛИСТЫХ ГОР: ОБЩНОСТЬ СТРОЕНИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ <i>Чадов Всеволод Олегович</i>	387
ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ СТРЕТЕНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ <i>Чалова Полина Олеговна</i>	390
ХАРАКТЕРИСТИКА АЛКАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В БИТУМОИДАХ ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НГБ <i>Кабанов Александр Зафарович</i>	393
ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА ТАУДЕНИ (АФРИКА) <i>Ефимов Григорий Андреевич</i>	396

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ТАТАРСТАНА	398
<i>Махмудов Гульфар Расыхович</i>	

ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ВОСТОЧНО-ПЕРЕВОЗНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА	402
<i>Горяшина Анастасия Владимировна</i>	

ПРОБЛЕМЫ РАССОЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТИ В ГАЛИТИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ (НЕПСКИЙ СВОД)	406
<i>Юнин Кирилл Сергеевич</i>	

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ОБОСНОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ МАТРИЧНОЙ НЕФТИ	409
<i>Новикова Анна Сергеевна</i>	

## **РАЗДЕЛ 6: ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР**

### **SECTION 6: PROBLEMS OF ENGINEERING GEOLOGY AND PROTECTION OF MINERAL RESOURCES**

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ИХ УВЛАЖНЕНИИ	415
<i>Станкевич Елена Сергеевна, Тунёв Илья Сергеевич</i>	

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ УВЛАЖНЕНИИ	419
<i>Владимиров Валентин Викторович, Коковина Ксения Витальевна</i>	

ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД НА УЧАСТКАХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЙОНА ГОРОДА ПЕРМИ	422
<i>Донецких Анастасия Владимировна</i>	

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ	425
<i>Кузьминых Кристина Константиновна, Бычкова Наталья Владимировна</i>	

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОХОВЕЦКОГО РАЙОНА ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА	428
<i>Саяпов Радик Мавлетзянович</i>	

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ГРУНТЫ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОРГОВОГО КОМПЛЕКСА «ЛЕНТА» В НОВОСАВИНОВСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА КАЗАНИ	432
<i>Долгополов Роман Эдуардович</i>	

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТА «ЦЕХ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»	435
<i>Ющенко Ирина Сергеевна</i>	

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ОБЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ГОРОДЕ СУРГУТЕ	438
<i>Климинская Юлия Александровна, Чернышова Наталья Анатольевна</i>	
КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ КАРСТА НА ТЕРРИТОРИИ ОТДЕЛЬНЫХ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	443
<i>Минина Ирина Витальевна</i>	
ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ЛЯНГАР ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН	446
<i>Ахмедов Алишер Азизович</i>	
ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЯ ШЕЛЬФОВО-БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА	448
<i>Минакова Екатерина Сергеевна</i>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА	452
<i>Нагорнова Мария Максимовна</i>	
ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БАЗЫ ОТДЫХА «РУБИН» В ВОЛЖСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ	455
<i>Кононов Артём Владимирович</i>	
ОЦЕНКА КАРСТОВО-СУФФОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КВАРТАЛА, ОГРАНИЧЕННОГО УЛИЦАМИ РАХМАТУЛЛИНА – КАВИ НАДЖМИ – ПРОФСОЮЗНАЯ – МУСЫ ДЖАЛИЛЯ, ВАХИТОВСКОГО РАЙОНА Г. КАЗАНИ	457
<i>Зиннуров Аделъ Рустемович</i>	
ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИН «УСТЬ-ИГУМСКОГО» МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ	460
<i>Мурзыева Алина Марселевна, Борисенкова Полина Станиславовна</i>	
ФИЛЬТРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ И НАСЫЩАЮЩЕЙ ЕЕ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД С РАЗНЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ	463
<i>Мифтахова Айгуль Фанилевна</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМОГЕННЫХ ОПОЛЗНЕЙ В ЮЖНЫХ КАРПАТАХ (РУМЫНИЯ) И ОПЫТ ИХ ИЗУЧЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ	466
<i>Прасолов Андрей Александрович</i>	
ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ФИЛЬТРАТА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ ПОЛИГОНА ТКО "СОФРОНЫ"	470
<i>Ишметова Карина Завилевна, Останина Юлия Васильевна, Джугунисов Максим Алексеевич</i>	

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ФИЛЬТРАТА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ ПОЛИГОНА ТКО "СОФРОНЫ"	473
<i>Ишиметова Карина Завилевна, Останина Юлия Васильевна, Джугунисов Максим Алексеевич</i>	

ИЗМЕНЕНИЕ СОРБЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА БЕНТОНИТОВОЙ И КАОЛИНОВОЙ ГЛИНАМИ, ОБРАБОТАННЫХ ДАВЛЕНИЕМ	477
<i>Трушков Арсений Юрьевич, Анюхина Анна Викторовна</i>	

## **РАЗДЕЛ 7: ПРОБЛЕМЫ РЕСУРСОВ, ДИНАМИКИ И ОХРАНЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

### **SECTION 7: PROBLEMS OF RESOURCES, DYNAMICS AND PROTECTION OF GROUNDWATER**

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ ВОД ПРИ ОБОСНОВАНИИ ВОЗМОЖНОСТИ ДОБЫЧИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ППД	481
<i>Колотыгин Глеб Сергеевич</i>	

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА СКРУ-3 ВЕРНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ	484
<i>Жуланов Глеб Станиславович</i>	

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УЯСКО-САРСКОГО КАРСТОВОГО УЧАСТКА	488
<i>Канюкова Татьяна Алексеевна, Кенгмо Лекемо Глэдис</i>	

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗВИТИЯ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ НАД СРЕДНИМ УРОВНЕМ В РЕКАХ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	492
<i>Кашин Максим Константинович, Бажутин Павел Игоревич</i>	

К ВОПРОСУ О РЕСУРСНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПЕРМСКОГО КРАЯ	496
<i>Казаков Валентин Николаевич</i>	

ОБРАЗОВАНИЕ ПРОВАЛОВ В ИРЕНСКОМ КАРСТОВОМ РАЙОНЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ	499
<i>Черный Максим Станиславович</i>	

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН РАЗГРУЗКИ РАССОЛОВ НОВК В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ РУДНИКА АЙХАЛ	502
<i>Янников Алексей Михайлович</i>	

ПРОГНОЗ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРЕНЬ	504
<i>Репин Иван Сергеевич</i>	

ТИПЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ СКРУ-1 ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ	508
<i>Конев Сергей Васильевич</i>	

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД Г. КАЗАНЬ В СВЯЗИ С СОЗДАНИЕМ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	510
<i>Петрова Дарья Ивановна</i>	

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ КИНДЕРКА (“ПАНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ”, ВЫСОКОГОРНЫЙ РАЙОН РТ)	512
<i>Ахмедов Алишер Азизович</i>	

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ	514
<i>Мухтиев Михаил Арсеньевич</i>	

## РАЗДЕЛ 8: ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## SECTION 8: GEOECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ АВАРИЙНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ РЕЛЬЕФА С УЧЁТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ АЛЯСКИ, МОНТАНЫ, СЕВЕРНОЙ ДАКОТЫ)	518
<i>Овчинникова Анастасия Ильинична</i>	

ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОБЫЧИ ХРОМА НА МАССИВЕ НУРАЛИ, ЮЖНЫЙ УРАЛ	521
<i>Гатауллин Руслан Азатович</i>	

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕК Г. АЛМАТЫ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)	524
<i>Муканова Бэлла Алмасовна Черноштан Анастасия Викторовна</i>	

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ ЗАТОПЛЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ЭТАПЕ ПАССИВНОГО ТЕХНОГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРОВ ШИЛОВСКОЙ ГРУППЫ)	527
<i>Санников Артем Александрович</i>	

ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ Г. КАЗАНИ НА ОСНОВЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД	531
<i>Гиззатуллин Ильнар Рустамович, Афлятунов Рустам Фаритович</i>	

ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА ПО СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	535
<i>Душкун-оол Эртине Эрес-оолович, Бычков Олег Анатольевич</i>	

ОБЗОР ПОЛИГОНА ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЧЕРТЕ Г. ПСКОВА	538
<i>Геттих Нелли Павловна, Евенкова Татьяна Дмитриевна</i>	

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ЛУГИНЕЦКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	541
<i>Кожухарь Михаил Владимирович</i>	

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ АНТРОПОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ГОРОДСКУЮ ТЕРРИТОРИЮ (НА ПРИМЕРЕ КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД)	545
<i>Помеляйко Ирина Сергеевна</i>	
ОБЗОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ 30 КМ ЗОНЫ БАЛТИЙСКОЙ АЭС	549
<i>Воронина Ульяна Александровна</i>	
ПОВТОРЯЕМОСТЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА В Г. ВОЛОГДЕ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА	552
<i>Павлов Илья Николаевич, Булавина Екатерина Вячеславовна</i>	
ПРОГНОЗ И ОЦЕНКА КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ	554
<i>Бажутин Павел Игоревич</i>	

## **РАЗДЕЛ 9: ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ.**

### **SECTION 9: GEOINFORMATION SYSTEMS IN THE EARTH SCIENCES**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУД ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ	559
<i>Тезиков Артемий Дмитриевич</i>	
ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСБОРОВ РЕК СЕВЕРНОГО СКЛОНА ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	562
<i>Черноштан Анастасия Викторовна</i>	



*Научное издание*

## **Геология в развивающемся мире**

Сборник научных трудов по материалам  
XIII Международной научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых

Издается в авторской редакции  
Компьютерная верстка *П. А. Красильников, А. М. Циферова*

---

Объем данных 39,6 Мб  
Подписано к использованию 15.09.2020

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15