

ПЕРМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

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



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

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



Пермь 2021

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

Г36

Геология в развивающемся мире [Электронный ресурс] :
Г36 сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / отв. ред. И. С. Зорин ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 26,3 Мб ; 361 с. – Режим доступа: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog_v_razv_mire_2021.pdf. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3691-4

В сборнике содержатся статьи студентов, аспирантов, молодых ученых (кандидатов наук) – участников XIV 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, минерологам, палеонтологам, нефтяникам и геологам широкого профиля.

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

*Издается 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 И. С. Зорин

ISBN 978-5-7944-3691-4

© ПГНИУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1: МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

БЕРЕЗОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ <i>Артёмов Артём Леонидович</i>	9
ТИПОМОРФНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОЛОТА ИЗ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОПТО (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ТУВА) <i>Божук Лаура Атиловна</i>	12
ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ВЕРХОВЬЕВ РЕКИ ШУДЬЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ) <i>Голдырев Виталий Николаевич, Колотыгин Глеб Сергеевич</i>	16
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АU-СОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗОНЕ КРИОГЕНЕЗА <i>Голдырев Валерий Николаевич, Хусаинова Альфия Шамилевна</i>	22
О МЕТОДЕ ВЫДЕЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА <i>Жемчужова Татьяна Анатольевна</i>	27
АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ БОЛЬШЕКАШКАРЕТСКОЙ ЖАДЕИТОНОСНОЙ ЗОНЫ (ЗАПАДНЫЙ САЯН) <i>Мурзалы Диас Абылайулы</i>	31
ТИПОМОРФНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОЛОТА ИЗ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОПТО (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ТУВА) <i>Путилова Анастасия Валерьевна</i>	34
МАКРО- И МИКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОД ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМГУЭМО-КАНЧАЛАНСКОЙ ПРИРАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА <i>Санников Артем Александрович</i>	38
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ УЧАСТКА ВОСТОЧНЫЙ АТАБАЙ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Суханов Игорь Владиславович</i>	42
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ <i>Теплых Ирина Сергеевна</i>	47
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АТАСУЙСКОГО ТИПА <i>Әйткен Манарбек Қайраұлы</i>	50

РАЗДЕЛ 2: МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД САКУНСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ) <i>Досжанов Сергей Игоревич, Дегтярёв Денис Евгеньевич, Афонин Игорь Викторович</i>	55
ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИЗ ХРОМИТИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ) <i>Юричев Алексей Николаевич</i>	60
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АПОПЕРИДОТИТОВЫХ СЕРПЕНТИНИТОВ ИЗ ФУНДАМЕНТА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ, ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ <i>Севостьянова Евгения Вячеславовна, Юричев Алексей Николаевич</i>	64
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СИЛИКАТНЫХ МИНЕРАЛОВ УЛЬТРАМАФИТОВ СЕВЕРНОГО КРАКА <i>Гатауллин Руслан Азатович</i>	68
РЕНТГЕНОПЛОТНЫЕ МИКРОВКЛЮЧЕНИЯ В ГИПСЕ КАМСКО-УСТЬИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН <i>Горюнова Алина Андреевна, Глухов Михаил Сергеевич</i>	71

ПЕТРОГРАФИЯ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛЕНИЙ РУЧЕЙ И КОАШВА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>Лунегова Елена Владимировна</i>	74
ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ ХРЕБТА ЯМАТО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) <i>Якимов Тимур Сергеевич, Гончарова Ирина Владимировна, Величко Ульяна Витальевна</i>	77
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ АКЧАТАУСКОГО КОМПЛЕКСА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН) <i>Кеслер Виталий Дмитриевич</i>	82
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЯ <i>Кунгулова Эльвира Нурфасовна</i>	86
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА НА НЕФТЕМАТЕРИНСКУЮ ПОРОДУ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ <i>Лебедева Алёна Сергеевна</i>	90
КАРКАСООБРАЗУЮЩИЕ ОРГАНИЗМЫ И ТИПЫ КОЛЛЕКТОРОВ В ДОЛОМИТАХ ЮРЯХСКОГО ПОДГОРИЗОНТА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ <i>Белогурова Мария Анатольевна, Швецов Евгений Игоревич, Ширяев Александр Владимирович</i>	94

РАЗДЕЛ 3: ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕФТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ <i>Котельников Евгений Андреевич</i>	99
КОСТИСТЫЕ РЫБЫ СЕМЕЙСТВА CLUREIDAE ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ОЛИГОЦЕНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Мирзабаев Дмитрий Алексеевич</i>	104
ВОЗРАСТ И БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБНАЖЕНИЯ ПЕСЧАНАЯ ГОРА, ДОЛИНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ЛЕНА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ) <i>Павлова Мария Романовна</i>	107
ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ НИЖНЕВАРТОВСКОГО СВОДА И СЕВЕРО-ВАРТОВСКОЙ МЕГАТЕРРАСЫ <i>Приходько Альбина Равильевна, Спиридонов Дмитрий Анатольевич, Астаркин Сергей Васильевич</i>	112
СТРАТИГРАФИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ ЯНОВСТАНСКОЙ СВИТЫ <i>Староселец Дмитрий Андреевич</i>	117
ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЫЧЕГОДСКОГО ПРОГИБА <i>Боталов Андрей Николаевич</i>	120
СКЛЕРАКТИНИИ СУДАКСКОЙ СВИТЫ (СРЕДНЯЯ-ВЕРХНЯЯ ЮРА, ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КРЫМ) <i>Шустиков Кирилл Алексеевич</i>	126
ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В МИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКАХ В МОРСКОЙ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ Р. НИЛА (ЕГИПЕТ) <i>Эльшейх Махмуд Элсаед Абделаиз Элсаед</i>	130
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСТРАКТОВ НЕФТЕГАЗОМАТЕРИНСКИХ ТОЛЩ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА <i>Осипов Константин Олегович, Сауткин Роман Сергеевич, Большакова Мария Александровна</i>	134
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАКОВИН ФОРАМИНИФЕР СОКОЛОВСКОЙ ТОЛЩИ <i>Трубин Ярослав Сергеевич</i>	139
ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ <i>Карабута Екатерина Витальевна</i>	144

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДОИЗУЧЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ НА ВЫЯВЛЕНИЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ И БИТУМИНОЗНЫХ НЕФТЕЙ ПЕРМСКОГО ВОЗРАСТА <i>Кузьмина Виктория Валерьевна, Швырев Александр Павлович, Даньшина Анастасия Павловна</i>	148
ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НЕФТЕНОСНОГО ПЛАСТА VS МЕСТОРОЖДЕНИЯ Z ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НГБ <i>Ахмадуллина Юлия Альфитовна</i>	153
ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ДЕВОНСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ВЕРХНЕКАМСКОЙ ВПАДИНЫ <i>Исупова Полина Александровна, Борисова Диана Дмитриевна</i>	156
ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ НЕБОЛЬШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА <i>Гиниятуллин Радель Рамилевич</i>	160
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Кочнев Александр Александрович, Козырев Никита Дмитриевич</i>	166
ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МОРСКОГО ПРОДОЛЖЕНИЯ КОРОТАИХИНСКОЙ ВПАДИНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА <i>Гумеров Арсен Ранисович, Хафизова Линара Рамзиловна</i>	170
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ (НА ПРИМЕРЕ ЛАС-ЕГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ) <i>Смелов Александр Андреевич</i>	175
ВЛИЯНИЕ ПОДСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОБЪЕМ ЗАПАСОВ В ЗАЛЕЖАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА.....	179
<i>Трофимова Ульяна Сергеевна</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЗАРЕЗКИ БОКОВЫХ СТЕБЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНЫХ ПЛАСТОВ ПАШИЙСКОГО ГОРИЗОНТА РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	183
<i>Сахибзянов Булат Фанисович</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РИФЕЙ-ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ. ИСТОРИЯ ВОПРОСА <i>Кожанов Дмитрий Дмитриевич, Большакова Мария Александровна, Заиченко Семён Шамилович</i> ...	188
ЗОНЫ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ФУНДАМЕНТА – ВОЗМОЖНЫЙ ОБЪЕКТ ПОИСКОВ СКОПЛЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА <i>Попков Иван Васильевич</i>	193
ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД КАМЫШЛИНСКОГО ГОРИЗОНТА НА ПРИМЕРЕ МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ <i>Мударисова Раушания Айдаровна, Тухватуллин Айнур Маратович</i>	197
ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОТЛОЖЕНИЙ ТАНОПЧИНСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРО-ТАМБЕЙСКОЙ ПЛОЩАДИ <i>Сухих Алина Олеговна, Афонин Игорь Викторович</i>	201
ОСОБЕННОСТИ МОЛЕКУЛЯРНОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА НЕФТЕЙ ЗАЛЕЖЕЙ ВАН-ЕГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВАРЬЕГАНСКИЙ МЕГАВАЛ) <i>Ямалетдинова Адель Айратовна</i>	206
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНЫХ БАСЕЙНОВ ТАУДЕНИ И ВОЛЬТА (ЗАПАДНАЯ АФРИКА) БАЛЛО Мамаду Бабаджан	211
ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УЧЕТ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНЫХ КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ <i>Козырев Никита Дмитриевич, Кочнев Александр Александрович</i>	214
ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛИ И ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ НЕФТИ ТУРНЕЙСКОГО ЯРУСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ X РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ARCGIS <i>Смирнова Анастасия Викторовна</i>	218

РАЗДЕЛ 4: ГЕОФИЗИКА

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИКРОСКАНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПРИМЕРЕ ВИКТОРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	
<i>Рыжов Никита Валерьевич</i>	223
ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
<i>Арибрехт Анастасия Эдуардовна, Викулов Георгий Евгеньевич</i>	227
МЕТОДИКА ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	
<i>Сыропятов Артем Алексеевич, Устюгов Кирилл Артемович, Обернебесов Дмитрий Сергеевич</i>	231
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДРЕНАЖЕЙ В ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕ	
<i>Лучников Максим Сергеевич, Бушуева Екатерина Сергеевна</i>	235
К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НЕЙРОСЕТЕЙ В ГЕОФИЗИКЕ	
<i>Мурыськин Алексей Сергеевич, Ворошилов Владислав Алексеевич, Мурыськина Кристина Игоревна</i>	240
ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ ПРИ ПОИСКАХ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ	
<i>Золотарев Александр Сергеевич</i>	244

РАЗДЕЛ 5: ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР. ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЛИН НА ИХ СОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ	
<i>Анюхина Анна Викторовна</i>	249
ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЧАСТКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ КРЫМСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	
<i>Балахнин Дмитрий Андреевич, Волков Станислав Андреевич, Кивилёва Зоя Васильевна</i>	253
ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ИОНОВ ЖЕЛЕЗА НА АДСОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ ПО ВОДЯНОМУ ПАРУ	
<i>Джугунисов Максим Алексеевич</i>	258
ПРИМЕНЕНИЕ ВИНТОВЫХ СВАЙ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РАЙОНОВ С ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТОЙ	
<i>Шелакина Марина Алексеевна, Ишков Александр Сергеевич</i>	262
ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ АДГЕЗИИ ЧАСТИЦ МОНТМОРИЛЛОНИТОВОЙ ГЛИНЫ, АКТИВИРОВАННЫХ КИСЛОТОЙ И ДАВЛЕНИЕМ	
<i>Федоров Максим Вячеславович</i>	267
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПЕСЧАНИКОВ КРАСНОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ И ИХ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	
<i>Останина Юлия Васильевна, Козьминых Ирина Юрьевна</i>	271
СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КАК ОСНОВА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА	
<i>Куропаткина Татьяна Николаевна</i>	276
ЗАВИСИМОСТЬ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ОТ ЕГО ВЛАЖНОСТИ	
<i>Лесников Никита Олегович, Женихова Анна Владимировна</i>	280
ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАССИВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ КАК ЭЛЕМЕНТ ВМ-ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Абызов Алексей Владимирович</i>	284
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЙ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ТРЕХОСНЫХ И КОМПРЕССИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ	
<i>Долгополов Роман Эдуардович</i>	288
ВЛИЯНИЕ СЛАБОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ УЧЁТА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ	
<i>Прасолов Андрей Александрович</i>	293

ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВНЕШНЕМ ОТВАЛООБРАЗОВАНИИ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА <i>Мухина Александра Сергеевна</i>	298
ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ СЖИГАНИИ УГЛЯ <i>Сидорова Екатерина Вячеславовна</i>	302
ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ <i>Сидорова Екатерина Вячеславовна</i>	305
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ БУРОВЫХ ШЛАМОВ <i>Нугуманова Анна Азаматовна</i>	308
ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАКАЧКИ ИЗБЫТОЧНЫХ РАССОЛОВ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКАХ ЮГА СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ <i>Порфирьева Анна Николаевна</i>	311

РАЗДЕЛ 6: ПРОБЛЕМЫ РЕСУРСОВ, ДИНАМИКИ И ОХРАНЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

ТИПЫ ТЕХНОГЕННЫХ РАССОЛОВ СОЛИКАМСКОГО УЧАСТКА ВКМС <i>Жуланов Глеб Станиславович</i>	317
ПРОГНОЗ ХЛОРИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ИРЕНЬ <i>Ретин Иван Сергеевич</i>	322
АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ КАРСТА ФЛИШЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ <i>Сомченко Полина Вячеславовна</i>	327
ПОИСК И ОЦЕНКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ВОДОЙ ОБЪЕКТОВ АО «ОМЗ» В ОЧЕРСКОМ ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Овсянникова Елизавета Сергеевна</i>	330
ПОТЕНЦИАЛЬНО ПОДТАПЛИВАЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Пирожков Максим Алексеевич</i>	335
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НИВЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ <i>Леонова Анастасия Михайловна</i>	339
СОСТОЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД УЧАСТКА БАСЕЙНА РЕКИ СЫЛВА ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОМЫСЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПРОБЫВАНИЯ 2019 ГОДА (РАЙОН СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ СЫЛВА) <i>Волков Станислав Андреевич, Балахнин Дмитрий Андреевич, Шеина Ксения Валерьевна</i>	342
ОЦЕНКА СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА <i>Нагорнова Мария Максимовна</i>	349
ФАКТОРЫ ПРИРОДНОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВБЛИЗИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА СЕВЕРЕ КРЫМА <i>Шеховцова Анастасия Витальевна</i>	353
ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЯСНОПОЛЯНСКОГО УЧАСТКА <i>Колотыгин Глеб Сергеевич</i>	357

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

РАЗДЕЛ 1:

***МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ***

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

Section 1:

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

УДК 553.08

БЕРЕЗОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Артёмов Артём Леонидович

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

студент 3 курса

2018, г. Пермь

e-mail: artiomartemow@yandex.ru

Научный руководитель: доцент Рустем Гильбрахманович Ибламинов

Аннотация: Целью курсовой работы является ознакомление и выявление деталей Березовского месторождения, а также описание рудных минералов и вмещающих горных пород путём макроскопического описания в количестве 26 образцов на кафедре «Минералогии и петрографии» ПГНИУ.

Ключевые слова: рудные минералы, вмещающие породы, месторождение, геологическое строение, золото, описание, генезис, сульфиды, дайки, жилы.

BEREZOVSKOYE GOLD DEPOSIT IN THE MIDDLE URALS

Artem Artemov

Perm State National Research University, student 3 courses 2018,

Perm

e-mail: artiomartemow@yandex.ru

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Reader, Rustem Iblaminov

Abstract: The purpose of the course work is to familiarize and identify the details of the Berezovsky deposit, as well as the description of ore minerals and host rocks by macroscopic description in the amount of 26 samples at the Department of "Mineralogy and Petrography" of the PSU.

Key words: ore minerals, host rocks, deposit, geological structure, gold, description, genesis, sulfides, dikes, veins.

Введение. Березовское месторождение золота открыто 1745 году крестьянином села Шарташ Ерофеем Марковым, разрабатывается с 1748 г. Его освоение связано с зарождением золоторудной промышленности России.

На сегодняшний день месторождению уже 273 года и с начала разработки на месторождении добыто более 140 т золота. По длительности периода промышленной разработки Березовское месторождение аналогов в мире среди золоторудных месторождений не имеет.

Золото на месторождении в основной массе мелкое, пылевидное, распределено равномерно в виде тонкой дисперсной вкрапленности в сульфидах, но иногда встречаются и мелкие самородки. Среднее содержание золота в руде и песках составляет 1,9 г/т (О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2011 году)

Прекрасные кристаллы образуют – кварц, пирит, халькопирит, шеелит и другие.

Березовское месторождение золота – знаменитое место находок минералов. Первоначальное месторождение для крокоита ($PbCrO_4$), айкинита ($CuPbBiS_3$), вокелинита ($CuPb_2(CrO_4)(PO_4)(OH)$), пирофиллита $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$, феникохроита ($Pb_2O(CrO_4)$). Актуальность работы обусловлена необходимостью уточнения диагностики рудных и не рудных минералов на крупном кварцевожильном Березовском золоторудном месторождении.

Объект исследования работы – Березовское месторождение золота на среднем Урале.

Предмет исследования – минералы руд и вмещающие горные породы

Целью работы является ознакомление и выявление деталей Березовского месторождения, а также описание рудных минералов и вмещающих горных пород путём макроскопического описания в количестве 26 образцов на кафедре «Минералогии и петрографии» ПГНИУ.

Исходя из цели работы, следует выделить следующие основные задачи.

1. Изучить характеристику геологического строения Березовского месторождения золота на Среднем Урале.

2. Произвести макроскопическое описание образцов рудных минералов и вмещающих горных пород Березовского месторождения из коллекции ПГНИУ кафедры «Минералогии и петрографии».

Методика исследования. В ходе проделанной работы было выполнено макроскопическое описание и маркировка каждого из образцов, которые находятся в коллекции кафедры Минералогии и петрографии ПГНИУ. При описании учитывались следующие характеристики: цвет, текстура, структура, минеральный состав, включения, твердость, плотность, генезис, излом, спайность, блеск, прозрачность, морфология агрегатов [5].

Диагностика и описание образцов

Многочисленно описывались рудные и нерудные минералы из коллекции кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ. Образцы были пронумерованы и разделены на 3 группы: Рудные (рис.1,2), вмещающие породы (рис.3), выветрившиеся (рис.4).



Рис.1. Березит



Рис.2. Кварцевая жила



Рис.3. Сирецит-хлоритовый сланец



Рис.4. Выветрившийся березит

Были описаны и определены образцы рудных минералов и пород: березит, жила халькопирита, кварц с хлоритом, выветрившиеся жила кварца, кварцевая жила с пиритом и березитом, кварцевая жила с галенитом, кварцевая жила с блеклой рудой. Вмещающие породы: сирецит-хлоритовый сланец, хлоритовый сланец, долерит, тальково-карбонатная порода, гранит-порфир, лиственит. Измененные образцы: выветрившейся березит с лимонитизацией по пириту.

Заключение. Анализ опубликованной литературы позволил уточнить геологическое строение Березовского месторождения на Среднем Урале, что главные участие принимают глубинные извержение породы, как кислого, так и основного состава. Значительную роль играют осадочные породы девонского возраста, представленные сланцами: кварцево-серицитовыми, кварцево-хлоритовыми и др., а также основными эффузивами, превращенными в эпидот-хлоритовые сланцы.

Вся толща этих пород рассечена густой сетью даек гранит-порфиров, диоритов, диоритовых порфиров. Дайки включают в себя огромное количество кварцево-рудных жил и прожилков. В жилах кварц-сульфидной минерализации можно отметить некую последовательность выделения минералов: 1) кварц, 2) главная масса сульфидов (пирит, галенит, халькопирит), золото. 3) Мелкозернистый пирит, очень богатый золотом, мелкозернистый кварц, немного галенита и халькопирита. Золото в кварц-сульфидных жилах присутствует частично в самородном виде, частично связано с пиритом; распределение содержания золота неравномерное-кустовое.

Порода даек гранодиоритов превращена гидротермальными растворами в березит, состоящий из серицита, кварца и пирита; в березитах имеется вкрапленность золота, и они представляют большие запасы бедных золотоносных руд. Степень березитизации по мере удаления от кварц-сульфидных жил уменьшается.

Особенно сильно изменены ультраосновные породы, превращенные в лиственит. В зоне окисления по трещинам в дайках отложены крокоит, вульфенит, малахит, гидроокислы железа; среди вторичных продуктов встречаются самородки золота.

Среди образцов на кафедре минералогии и петрографии ПГНИУ были определены и описаны следующие рудные минералы и породы из Березовского месторождения: березит, жила халькопирита, кварц с хлоритом, выветрившиеся жила кварца, кварцевая жила с пиритом и березитом, кварцевая жила с галенитом, кварцевая жила с блеклой рудой.

Определены и описаны следующие вмещающие породы: сирецит-хлоритовый сланец, хлоритовый сланец, долерит, тальково-карбонатная порода, гранит-порфир, лиственит.

Так же было описано два образца, выветрившегося березита с лимонитизацией по пириту.

Литература

1. *Акимова А.В., Дудкин Н.В. и др.* Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2011 году», Москва, 2011. – 310 с.
2. *Бородаевский Н.И., Бородаевская М.Б.* Березовское рудное поле (геологическое строение) / под ред. Д.С.Белянкина. – М.: Государственное научно-техническое изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1947. – 264 с.
3. *Голиков А.С., Дубарь Г.П., Дыбков В.Ф.* Курс месторождений твердых полезных ископаемых. Ленинград: Недра, 1975. – 100 с.
4. *Клейменов Д.А., Альбрехт В.Г., Ерохин Ю.В., Баталин А.С., Баталина А.А.* Березовское золоторудное месторождение (история и минералогия) /; научный редактор Ю.А.Поленов. – Екатеринбург: ФГУИПП «Уральский рабочий», 2005. – 200 с.
5. *Казымов К.П.* Минералогия с основами кристаллографии. Пермский государственный национальный исследовательский университет. - Пермь: ПГНИУ, 2018. – 90 с.
6. *Локерман А.А.* Загадка русского золота. – М.: Наука, 1978. – 144 с.
7. *Максимов М.М.* Русскому золоту 250 лет. – М.: Недра, 1971. – 112 с.
8. *Рукоусев Е.Ю.* Золото и платина Урала: история добычи в конце XIX – начале XX вв. – Екатеринбург: Банк культурной информации, 2004. – 196 с.
9. *Смолин А.П.* Самородки золота Урала. – М.: Недра, 1970. – 144 с.
10. *Смирнов В.И.,* Рудные месторождения СССР. 1978 г. Том 3. Под. ред. акад. В. И. Смирнова Изд. 2-е, перераб. и доп. Т.3. М., "Недра", 1978. – 496с.
11. *Сапоговская Л.В., Рукоусев Е.Ю.* Березовская золотопромышленная компания (1874-1917 гг.). – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Банк культурной информации, 2004. – 234 с.

ТИПОМОРФНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОЛОТА ИЗ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОПТО (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ТУВА)

Божук Лаура Атиловна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ),
студентка 3 курса (2018-2023), г. Пермь,
e-mail: bozhukl@mail.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., ассистент, Хусаинова Альфия Шамилевна

Аннотация: В работе представлено описание гранулометрического распределения Au, морфологии частиц, скульптур поверхностей самородного золота из лимонит-кварцевых отложений зоны окисления золоторудного месторождения Копто (Северо-Восточная Тува). По данным сканирующей электронной микроскопии на поверхности остаточного (гипогенного) золота присутствует новообразованное (гипергенное) «губчатое» золото, которое подтверждает активное преобразование и перераспределение золота в условиях гипергенеза.

Ключевые слова: северо-восточная Тува, месторождение Копто, типоморфные характеристики золота, зона окисления.

TYPOMORPHIC GOLD CHARACTERISTICS FROM THE OXIDATION ZONE OF THE KOPTO DEPOSIT (NORTH-EASTERN TYVA)

Laura Bozhuk

*Perm State National Research University (PSU), 3rd year student, Perm,
e-mail: bozhukl@mail.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Assistant Lecturer, Alfia Khusainova

Abstract: The Au granulometric distribution, the morphology and sculptures of native gold from the limonite-quartz oxidation zone of the Kopto gold deposit (North-Eastern Tyva) are described in this paper. According to the data of scanning electron microscopy, on the surface of the residual (hypogenic) gold there is newly formed (supergene) "spongy" gold, which confirms the active transformation and redistribution of gold under conditions of an exogenous environment.

Keywords: north-eastern Tyva, Kopto deposit, typomorphic characteristics of gold, oxidation zone.

Введение. Поведение Au и Ag в гипергенных условиях достаточно широко освещено в мировой и отечественной литературе [1,4,5,6,7]. Однако многие вопросы, объясняющие процессы гипергенной миграции Au и Ag, остаются дискуссионными. Одним из путей решения поставленных проблем является изучение типоморфных характеристик золота и минеральных парагенезисов и их сравнение с первичными рудами. Поэтому *цель работы* заключается в изучении типоморфных характеристик золота из зоны окисления золоторудного месторождения Копто.

Фактический материал получен в ходе полевых работ в 2019 г. Пробы отобраны из обнажения зоны окисления по лимонит-кварцевым рудам, объемом более 10 кг, и обогащены с помощью лотка.

Методика исследования. Изучение проб осуществлено в Лаборатории осадочных полезных ископаемых кафедры поисков и разведки полезных ископаемых (ПГНИУ). Полученный концентрат разделялся на магнитную, электромагнитную и немагнитную фракции. Последнюю просеивали на наборе сит с выделением самородных частиц Au под бинокулярным микроскопом Nikon SMZ-745. Золото взвешивали с помощью весов Radwag WAS-220/C/2 с точностью до 0,0001 г. При описании золота автор опирался на такие труды, как [3,4].

Аналитические исследования проведены в Центре коллективного пользования многоэлементных и изотопных исследований Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН, Новосибирск). Изучение морфологии золота осуществлялось с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA 3LMU (Tescan, Чехия) с энергетическим спектрометром «OXFORD» (Oxford Instruments, Великобритания) в режимах вторичных (SE) и обратно-рассеянных электронов (BSE) при различных увеличениях (при ускоряющем напряжении электронного пучка 20 кВ) (ИГМ СО РАН, Новосибирск). Элементный состав исходных проб измерялся с помощью рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре ARL-9900XP (Thermo Fisher Scientific Ltd) (аналитик Карманова Н.Г.). Содержание Au и Ag в исходных пробах (навеска 5-10 г.) определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с использованием спектрометра 3030 В (фирма Perkin-Elmer) и фотометра Solar М6 (фирма Thermo Electron) (аналитик Ильина В.Н.).

Объект исследования. Месторождение Копто (Северо-Восточная Тува) расположено в контактовой части кварцевых диоритов Копто-Байсютского габбро-диорит-плагиогранитного массива раннетаннуольского комплекса (*O_{1tn}*) в осадочно-вулканогенных породах туматтайгинской свиты (*R-C_{1tm}*) [2]. Месторождение относится к золото-сульфидно-кварцевому оруденению штокверкового типа и находится в зоне дробления и интенсивной трещиноватости в скарнах. По составу скарны гранатовые, пироксеновые и пироксен-гранатовые с гематитом и магнетитом. Гранулометрический состав рудного золота варьирует незначительно: количественно преобладают фракции <0,1 мм (58,37 %), 0,25-0,10 мм (35,58 %), и, в меньшей степени, 0,5-0,25 (4,99 %), 1,0-0,5 мм (0,87%) и >1 (0,19 %). Средняя пробность золота месторождения Копто составляет 802 ‰ при вариациях от 524 до 969 ‰. В целом, в рудах количественно преобладает среднепробное (40 %) и низкопробное золото (32,3 %), в меньшей степени, электрум (12,3 %), менее распространено весьма высокопробное (10,8 %) и высокопробное золото (4,6 %). Согласно [2], рудоотложение шло с накоплением Ag, о чём свидетельствуют эволюция состава самородного золота (золото → электрум) и появление позднего акантита-II. Руды месторождения интенсивно окислены до глубины 80-90 м. В коре выветривания развиты гипергенные минералы Ag и Au: иодаргирит, гипергенное серебро, акантит-II, ютенбогардит, петровскаит [2].

Результаты. Согласно данным РФА, в лимонит-кварцевых отложениях по химическому составу преобладают SiO₂ (44,05 %) и Fe₂O₃ (34,71 %). Следует отметить высокие содержания CaO (6,08 %) и Al₂O₃ (40,64 %). Массовая доля MnO составляет 0,08 %, MgO – 0,44 %, Na₂O – 0,60 %, K₂O – 0,20 %, SO₃ – 0,51 %, TiO₂ – 0,44 %. По минеральному составу встречаются лимонит, гётит, гидрогётит, гематит, малахит, азурит, бисмутит, халькозин, ковеллин, а также кварц, карбонаты, барит, слюды и другие минералы.

Среднее содержание Au и Ag составляет 8,4 и 18 г/т, соответственно. Золото распределяется крайне неравномерно, преобладает мелкое, тонкодисперсное золото класса <0,1 мм (85,46 %), значительно меньше содержание класса 0,1-0,25 мм (12,98 %), доля остальных классов не существенная, для класса 0,25-0,5 мм (1,25 %) и >0,5 мм (0,31%).

Золото ярко-желтого, золотисто-желтого цвета, комковидной, комковидно-ветвистой, трещинно-прожилковой, интерстициальной и смешанной формы. Края золотинок неровные, рваные, отмечаются ямки и углубления. Золото находится в сростании с лимонитом и кварцем (рис. 1).

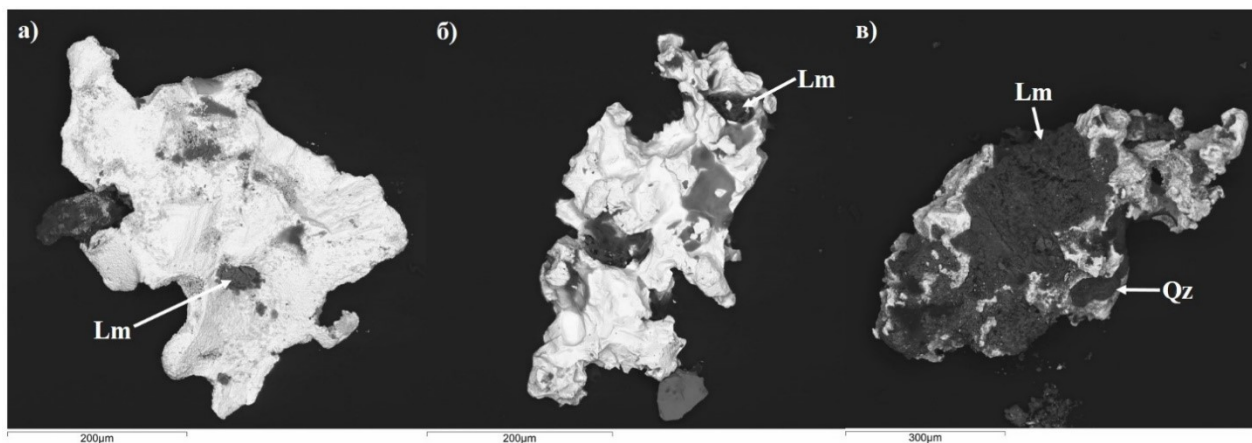


Рис. 1. Морфология индивидов золота из зоны окисления месторождения Копто: а) уплощенная частица прожилкового типа; б) вытянутая частица прожилково-интерстициального облика; в) массивная частица комковидной формы, в сростании с лимонитом (Lm) и кварцем (Qz). Снято на сканирующем микроскопе в режиме BSE-съемки.

Поверхность золотин сильно преобразована (рис. 2). Среди скульптур роста можно отметить скопления нано- и микрочастиц Au неправильных, округлых и чешуйчатых форм, которые формируют «губчатые» выделения и нарастают на гипогенное золото. Скульптуры растворения представлены в виде микроямчатого рельефа, образующегося при взаимодействии поровых растворов с поверхностным слоем золота [4].

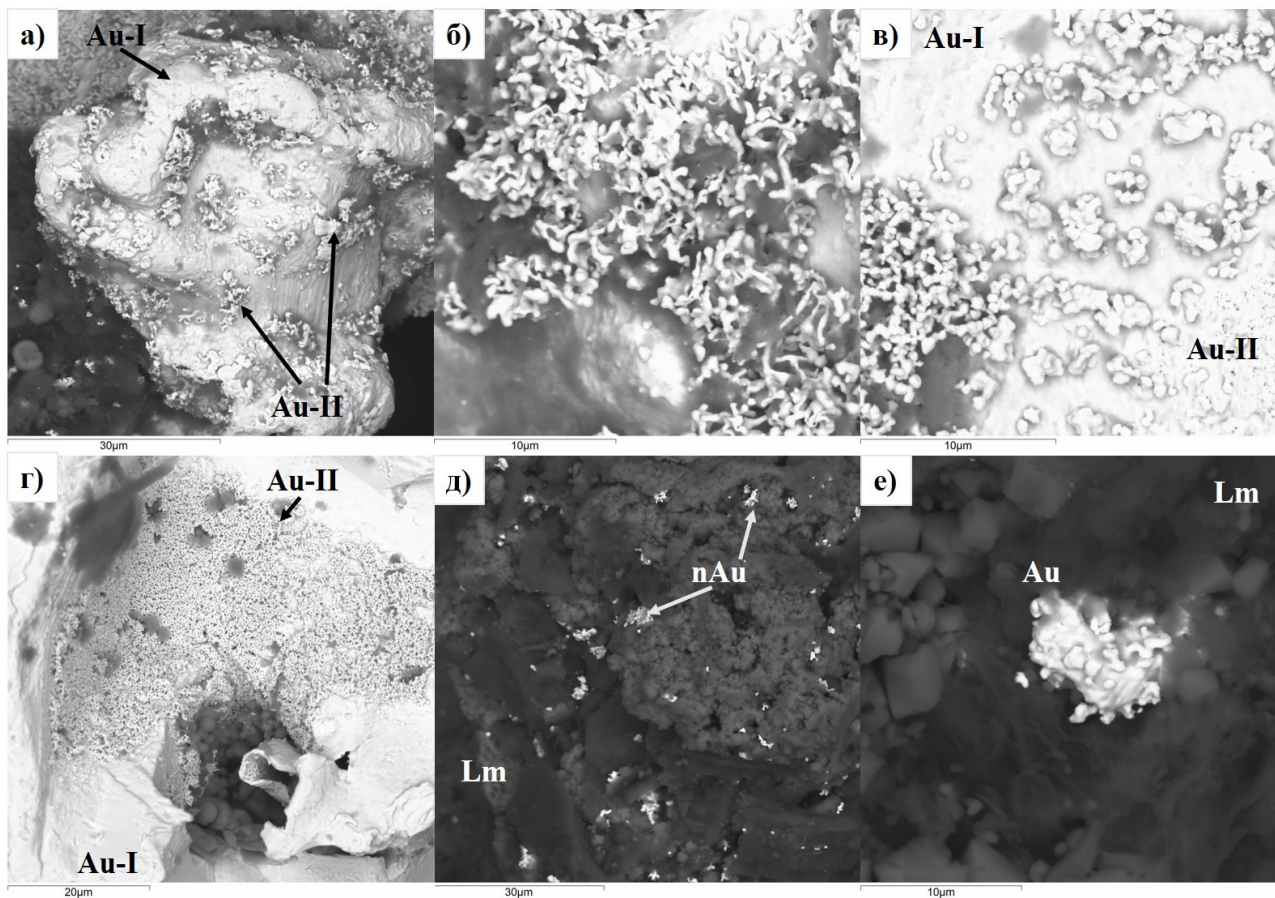


Рис. 2. Микроскульптуры поверхностей золота: а) наросты гипергенного Au (II) неправильных форм на поверхности гипогенного Au (I); б) наросты Au чешуйчатых форм; в) наросты Au изометричной, округлой формы; г) корочка «губчатого» Au на поверхности гипогенного Au (I); д) единичные включения «губчатого» золота в лимоните (Lm); е) наросты гипергенного Au (II) на массивную частицу в лимоните (Lm). Снято на сканирующем микроскопе в режиме BSE-съемки.

Заключение. Таким образом, в зоне окисления золото активно подвергается гипергенным преобразованиям, которые выражены в виде множества «губчатого» золота на поверхности гипогенного (остаточного) золота, которое расположено как на поверхности собственно самородного золота, так и в ассоциации с лимонитом. По данным ситового анализа золота видно, что по сравнению с первичными рудами доля мелкого тонкого золота (класс <math><0,1\text{ мм}</math>) увеличилась в 1,5 раза. Это может быть связано с активными процессами растворения – осаждения золота из золотосодержащих минералов, например, сульфидов. Доказательством этого является обилие нано- и микрочастиц золота в лимоните.

Литература

1. Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Прудников С.Г. Золотоносные коры выветривания юга Сибири. Новосибирск: «Гео», 2006, 339 с.
2. Кужугет Р.В., Анкушева Н.Н., Ооржак Ш.Н., Бутанаев Ю.В. Состав золота и условия образования руд гидротермального месторождения Копто (Северо-восточная Тува) // Минералогия, 2018, 4 (3), с. 61-69.
3. Николаева Л.А., Яблокова С.В. Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геологоразведочных работах // Руды и металлы, 2007, №6, с. 41-57.
4. Петровская Н.В. Самородное золото: общие характеристики, типоморфизм, вопросы генезиса. Наука, 1973, 349 с.
5. Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза. Новосибирск: Наука. 1981. 237 с.
6. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России: атлас. Москва: ЦНИГРИ, 2015, 200 с.
7. Shuster J., Reith F. Reflecting on Gold Geomicrobiology Research: Thoughts and Considerations for Future Endeavors // Minerals, 2018, 8(9):401, 12 pp.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ВЕРХОВЬЕВ РЕКИ ШУДЬЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Голдырев Виталий Николаевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
аспирант 1 года обучения,
г. Пермь,
e-mail: vg121297@yandex.ru*

Колотыгин Глеб Сергеевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 4 курса,
г. Пермь,
e-mail: k.glebron9@mail.ru*

Научные руководители: *д.г.-м.н., профессор ПГНИУ Наумов Владимир Александрович,
д.г.-м.н., профессор ПГНИУ Лаломов Александр Валерианович*

Аннотация: Рассмотрены и обоснованы перспективы обнаружения россыпной и коренной золотоносности в южной части Юбрышкинско-Шудьинского рудного узла. Определены критерии прогнозирования рудного золота на данной территории. Проведены полевые и лабораторные исследования золотоносности и анализ проведенных ранее работ. Показаны морфологические особенности частиц золота из современного аллювия рек района исследования.

Ключевые слова: Пермский край, Красновишерский район, Северный Урал, Шудья, золото.

PROSPECTS OF GOLD CONTENT OF THE UPPER REACHES OF THE SHUDYA RIVER (NORTHERN URALS)

Vitaliy Goldyrev

*Perm State University, 1st year Post-graduate Student,
Perm,
e-mail: vg121297@yandex.ru*

Gleb Kolotygin

*Perm State University, 4th year Student,
Perm,
e-mail: k.glebron9@mail.ru*

Research supervisors: *doctor of geology and mineralogy, professor PSU Vladimir Naumov
doctor of geology and mineralogy, professor PSU Aleksandr Lalomov*

Abstract: The prospects for the discovery of alluvial and indigenous gold content in the southern part of the Yubryshkinsko-Shudyinsky ore cluster are considered and justified. The criteria for predicting ore gold in this area are defined. Field and laboratory studies of gold content and analysis of previous works were carried out. The morphological features of gold particles from the modern alluvium of the rivers of the study area are shown.

Keywords: Perm Krai, Krasnovishersky district, Northern Urals, Shudya, gold.

Введение. Россыпные и рудные объекты бассейна р. Шудья принадлежат к Юбрышкинско-Шудьинскому комплексному рудному узлу [11]. В административном отношении территория располагается в Красновишерском районе Пермского края. В тектоническом отношении зона располагается в западном борту Центрально-Уральского поднятия. Северного и Среднего Урала территория входит в состав Верхнепечорско-Кутимского антиклинория, структуры IV порядка.

Большую часть территории участков занимает Чувальско-Шудьинская мегаантиклиналь (структура V порядка) и примыкающий к ней на западе Киркаменский покровный блок. Границей между ними служит региональный Мойвинско-Кутимский разлом. В пределах Верхнепечорско-Кутимской зоны выделяются отложения среднерифейской (юрматинской) и образования верхнерифейской (каратауской) эратем, представленных (снизу – вверх) расьинской, мойвинской, муравьинской свитами (средний рифей), ишеримской и велсовской свитами (поздний рифей). На западе территории присутствуют породы среднего и верхнего ордовика, а также дайки основных пород субшелочного ряда. Гора Шудья-Пендыш сложена породами хапхарской свиты [4]. Имеется проявление интрузивного магматизма силурийского возраста - Шудьинская интрузия, расположенная при впадении р. Рассохи в р. Шудью. Интрузив кислого состава сложен сильнометаморфизованными гнейсовидными гранитами (рис. 1, 2).

Золотоносность р. Шудья изучена в ходе выполнения съемочных и тематических, научных работ [2, 4, 9, 12-15], по результатам которых были выделены редкие и небольшие золоторудные и золотосодержащие проявления. Между тем проблема коренных источников золотых россыпей и промышленных месторождений коренного золота на данной территории остается до сих пор не решенной. Кроме того при выполнении исследований не было учтено мелкое и тонкое золото, широко развитое на этой территории [5-8]. Поэтому основная цель работы – установление геолого-структурной позиции, формационной принадлежности и перспектив обнаружения золотого оруденения, а также выявления россыпей в верховьях реки Шудья.

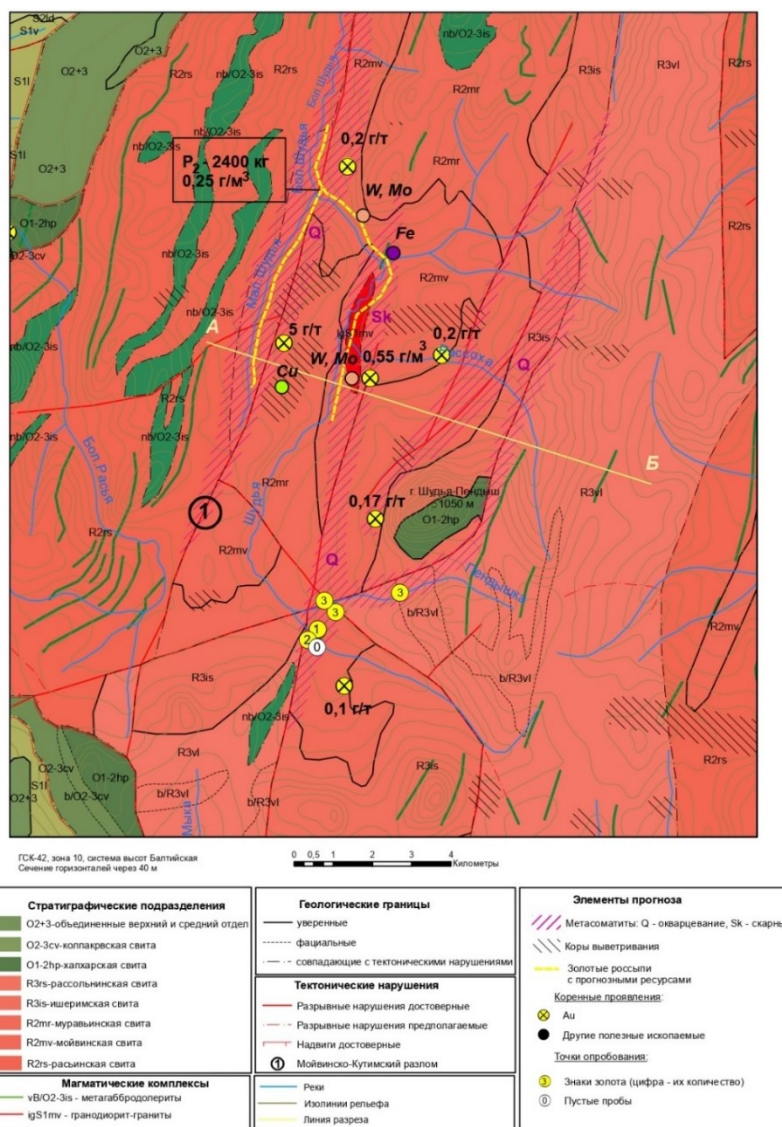


Рис. 1. Схема геологического строения с элементами прогноза (основа Пунтусова, 2002) южной части Юбрьшкинско-Шудьинского рудного узла

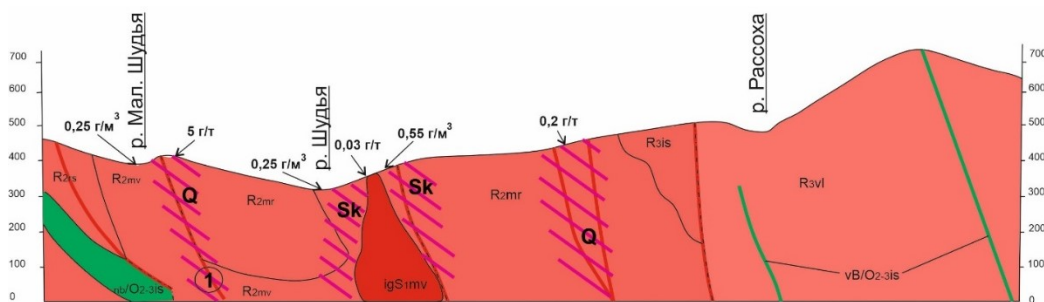


Рис. 2. Геологический разрез по линии АБ с элементами прогноза (условные обозначения приведены на рис. 1)

Методика исследования. Полевые работы выполнены по гранту РФФИ (рук. А.В. Лаломов) под руководством профессоров ПГНИУ, д.г.-м.н. Наумова В.А. и д.г.-м.н. Лаломова А.В. (ИГЕМ РАН) в 2019 году. Работы включали следующие виды методов: геологические маршруты по долинам рек и их водоразделам; проходка поверхностных выработок из активного слоя современного руслового аллювия на глубину до 20 см; отбор шлиховых проб объемом 5-10 л (один, два лотка). Некоторые пробы отобраны из кор выветривания, расположенных на террасах и водоразделах рек. Обогащение проводилось на канадском лотке (малообъемные пробы) и на винтовом шлюзе (больше объемные) с предварительным отсевом класса менее 3 (реже минус 4 мм) в баке с водой. Объем переработанной породы составил 0,17 м³. При опробовании аллювия р. Шудья были найдены 12 знаков золота.

Лабораторные работы (исследование минерального состава и типоморфных характеристик золота) проведены авторами в лаборатории осадочных полезных ископаемых (ЛОПИ) кафедры поисков и разведки полезных ископаемых ПГНИУ. Разделение пробы на легкую и тяжелую фракцию осуществлено в бромформе. Просмотр тяжелой фракции осуществлен под бинокулярным микроскопом Nikon SMZ-745.

Камеральные работы были выполнены авторами в НИ Лаборатории геологии осадочных и техногенных месторождений ЕНИ ПГНИУ. Работы включали поиск, обработку, анализ и интерпретацию известных фактических и обобщающих материалов (геологические карты, научные работы, отчеты производителей, космоснимки), полевых наблюдений, изучения минерального состава шлихов.

Результаты. Юбрьшкинско-Шудьинский рудный узел представляет собой комплексный объект, на котором выявлены минеральные проявления золота, меди, железа, вольфрама, молибдена, платины, урана, тория, ниобия, тантала и редких металлов. Рудоконтролирующей структурой узла предполагается Мойвинско-Кутимский глубинный разлом. Зона Мойвинско-Кутимского регионального разлома определена [4] как первоначально левосдвиго-надвиговая, время заложения разлома - амгинское (средний кембрий). Разлом контролирует размещение Мойвинской, Велсовской и Шудьинской гранитоидных интрузий. В дальнейшем (ордовик) геодинамика сменилась на правосдвиго-сбросо-раздвиговую в результате тектономагматической активизации в связи с заложением на востоке океанического рифта.

1. Коренное золото

О наличии золотого оруденения в верховьях реки Шудья свидетельствует значительное число данных. Уже первые результаты не систематических, во многом рекогносцировочных работ демонстрируют наличие промышленных концентраций благородных металлов, что позволяет наметить региональные критерии прогнозирования золотого оруденения – литологический, стратиграфический, тектонический, метаморфический и магматический.

Литологический критерий. Наличие *углеродистых толщ*. По результатам работ [1, 2], в углеродистых сланцах Верхнепечорско-Кутимского антиклинория обнаружено высокое содержание благородных металлов, в ряде случаев достигающее рудных концентраций (более 1 г/т). Наиболее благоприятны для образования золотосульфидных руд углеродисто-хлорит-серицит-кварцевые и углеродисто-хлорит-серицит-кварцевые карбонатсодержащие сланцы. Благоприятными для локализации золотого оруденения являются также повсеместно распространенные *кварцевые жилы и прожилки*, разбуживаемые при более поздних пластических деформациях рудовмещающих толщ. Горизонты песчаников, известняков, а также подошвы тектонических пластин могут служить

барьерами для миграции гидротермальных растворов, под которыми происходит формирование гидротермально-метасоматических рудных залежей [6].

Стратиграфический критерий. Золотое оруденение приурочено к двум стратиграфическим уровням распространения углеродистых толщ: среднерифейскому (муравьинская свита) и позднерифейскому (вёлсовская свита).

Тектонический критерий. Золотое оруденение тяготеет к приразломным зонам смятия и дробления. Потенциально рудоносные зоны характеризуется широким развитием окварцевания и карбонатизации, наибольшее проявление которых отмечено в блоках с высокой степенью трещиноватости. Вдоль крупных тектонических нарушений субмеридионального заложения трансформируются зоны милонитизации, будинажа, которые являются рудовмещающими. Золотоносные россыпи, выходы интрузивных образований, зоны метасоматических изменений рек Шудья, Мал. Шудья приурочены к Мойвинско-Кутимскому разлому, ответвления которого также являются потенциально рудоносными.

Метаморфический критерий. Расположение точек рудной минерализации в области распространения пород зеленосланцевой фации метаморфизма. Черные сланцы муравьинской свиты расположены во внешней (зеленосланцевой) части ореола зонального сиалического плутонометаморфизма дистен-силлиманитового типа [6]. На фоне регионального метаморфизма выделяются блоки пород, для которых характерны метасоматические преобразования различной интенсивности. Установлено окварцевание пород, сопровождающееся сульфидной и благороднометалльной минерализацией, которое развито как по массе породы, так и в виде жил и прожилков.

Магматический критерий. Потенциально рудоносные зоны связаны с интрузиями и дайками гранитоидов, где развиты ореолы березитизации, анкеритизации. Однако связь между магматическими образованиями и золотым оруденением просматривается далеко не всегда. Интерпретация гравитационного поля, выполненная Н.Г. Берлянд [3], показала наличие крупных, не вскрытых эрозией гранитных массивов.

Анализ региональных критериев прогнозирования золоторудной минерализации позволяет выделить несколько перспективных участков. Потенциальные зоны минерализации приурочены к разрывным нарушениям, опережающим Мойвинско-Кутимский разлом. Концентрироваться золото может как в жилах и прожилках, так и вместе с вкрапленной сульфидной минерализацией во вмещающих сланцах и карбонатных породах рифея. Об этом свидетельствуют рудопроявления золота (рис. 1), связанные с гидротермальными кварцевыми жилами в джаспериодах мойвинской свиты. Содержание золота в них составило до 0,1-0,2 г/т, а в двух пробах 1,1 и 5,0 г/т [2]. Заслуживает интерес проявление золота в конгломератах нижнехапхарской подсвиты [4] на г. Шудья-Пендыш (содержание 0,17 г/т). Также достаточно перспективным для дальнейших работ является узел пересечения разломов в устье р. Пендышка.

2. Россыпное золото

В окружении изучаемой территории расположен ряд разведанных промышленных месторождений россыпного золота. Россыпь «Шудьинская» выделяется как прогнозная по результатам поисковых работ [14]. При проходке двух линий шурфов под слоем четвертичных аллювиальных отложений была вскрыта аллювиальная россыпь в отложениях олигоцен-плиоценового возраста мощностью 3,5-4,5 м при ширине до 120 м с содержанием золота от 90 до 500 мг/м³. Прогнозные ресурсы по категории Р₂ составляют 2 400 кг золота (длина 16 км, ширина 200 м, мощность продуктивного пласта 3 м, среднее содержание 250 мг/м³).

Поисковые работы на других участках в шестидесятых годах показали отрицательный результат. Но следует учитывать, что водоотливных средств не хватало, поэтому опробовали только верхние горизонты аллювия, а наиболее перспективный приплотиковый слой остался не вскрытым.

С 1990 года в долинах р. Бол. Шудья и ее притоков были продолжены поисковые работы методом колонкового бурения. В результате проведенных работ установлена россыпная золотоносность рыхлого комплекса пород в долинах р. Шудья и р. Мал. Шудья. В районе устья р. Рассоха на карбонатном плотике в перемещенных корах выветривания по тектонитам и метасоматитам в зоне разрывного нарушения выявлен золотоносный пласт. Установленная ширина — 100 м, мощность — от 2 до 7 м, содержание шлихового золота — от 30 до 546 мг/м³; мощность вскрыши — 5,5 м.

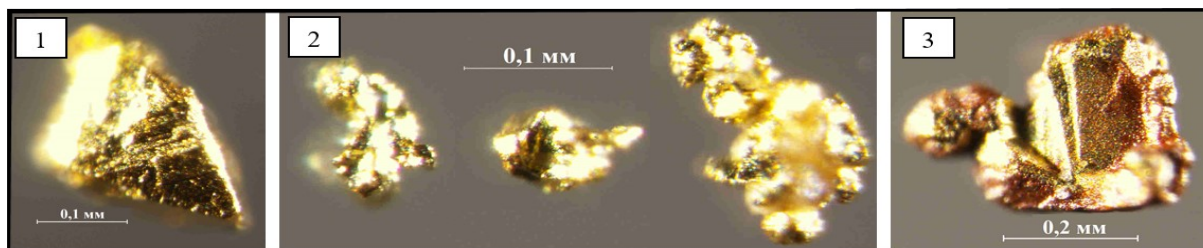


Рис. 3. Золото коры выветривания (1), русла р. Пендышки (2) и террасы р. Шудья (3) (фото авторов)

В коре выветривания, приуроченной к водоразделу рек Шудья и Пендышки, а также в пределах борта террасы реки Шудья обнаружены частицы золота кристаллической формы, с четко прослеживаемыми гранями и ребрами (рис. 3-1), а также сросток кристаллов золота, покрытый плёнкой гидроксидов железа (рис. 3-3). Золотины русла реки Пендышка весьма мелкого размера, ярко-жёлтого цвета, неправильной формы, типичного рудного облика, с гладкой блестящей поверхностью и кварцевыми сростками (рис. 3-2). Вероятно, золото генетически связано с гидротермально-метасоматическими процессами поступления рудоносных растворов в зоне тектонического нарушения. Кристаллическое строение и морфологические особенности найденных образцов указывают на близость расположения коренного источника золота.

Анализ геологических данных позволяет составить геологическую модель россыпного объекта. Среднее течение реки Шудья представляет собой аллювиальную россыпь, притоки и верховья - ложковую. Средняя ширина потенциальной россыпи составляет 30-50 м, мощность торфов – 0-2 м, мощность песков – 1-2 м, среднее содержание золота 100-200 мг/м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россыпная золотоносность рек района на основе анализа имеющихся данных малоинтересна. Небольшая мощность рыхлого (продуктивного) слоя, невысокое содержание золота не обеспечат экономическую целесообразности проведения добычных работ. Дальнейшее изучение особенностей распределения золота его типоморфных характеристик в современной аллювии и корах выветривания могут привести к пониманию типов коренных источников золота и масштабов вероятного оруденения.

Юбрьшкинско-Шудьинский рудный узел является достаточно сложным, но перспективным комплексным золото-полиметаллическим объектом. Это обусловлено высокой степенью площадной концентрации проявлений рудного и россыпного золота, полиметаллов на локальном участке; высокой степенью гидротермально-метасоматической проработки пород вмещающих потенциальные зоны оруденения. Зоны развития вероятных объектов могут быть ограничены региональными и локальными прогнозно-поисковыми критериями.

Таким образом, нами прогнозируются возможность выявления коренных источников золота, которые связаны с зонами метасоматических изменений, расположенных вдоль плоскости Мойвинско-Кутимского разлома с опережающими ответвлениями во вмещающие породы, где рудогенерирующая формация – гранитоиды мойвинского комплекса S₁.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00113.

Литература

1. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Золоев К.К., Неустроева И.И. Платиновые металлы и золото в углеродсодержащих черносланцевых толщах Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат-лы регион. науч.-практ. конф. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. С. 104–107.
2. Герасимов Н.Д., Леонов В.Л., Поносов В.А. Отчет о поисках медных руд скарнового и гидротермального генезиса в бассейне р. Шудья на Северном Урале за 1969-73 г.г. Пермь, 1973. 292 с. ФГУ ПТФГИ.
3. Карта глубинного строения земной коры Урала. Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. СПб.: Роскомнедра; ВСЕГЕИ, 1993. 121 с.
4. Клименко Б.В., Борисов Н.Е., Рыбальченко А.Я., Цыганков В.А., Рыбьякова Н.М., Баранов А.В., Мороз С.Н., Сепелева Е.В., Короткова Р.А. при участии Е.К. Петрова, Е.Н. Четиной, С.Н. Борисовой и А.В. Илюхина. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:50 000 Шудьинской площади (листы Р-40-118-Г, Р-40-119-В, Г - зап. пол., Р-40-130-Б) с общими поисками в Красновишерском районе Пермской области, проведенном в 1989-1998 г.г. 1998. –1047 с. ФГУ ПТФГИ.

5. Лунев Б.С., 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. Лунев Б.С., Наумов В.А., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы в аллювии Пермского края // Естественные и технические науки. 2011. № 3(53). С. 250-251.
8. Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы россыпей // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. № 4(158). С. 123-126.
9. Петров Г.А., Александров В.В., Зубков А.И., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л. К проблеме рудоносности черных сланцев Вишерско-Кутимского антиклинория (Северный Урал) // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4. С. 32-42.
10. Петров Г.А. Геология допалеозойских комплексов средней части Уральского подвижного пояса: дис. ... д-ра геол.-мин. наук. СПб.: СПбГУ, 2017. 330 с
11. Попов А. Г. Металлогеническое районирование. Пермский край // Вестник Пермского университета. Геология. 2008. С.103-110.
12. Попов А.Г. Золото бассейна р. Вишеры Северного Урала //Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 49-57.
13. Пунтусова Г.О. и др. Отчет по теме: «Составление прогнозно-металлогенической карты масштаба 1:200 000 Северного и Среднего Урала в пределах Центрально-Уральского поднятия и Западно-Уральской зоны складчатости». ФГУП «Геокарта-Пермь», Пермь, 2003. 232 с. ФГУ ПТФГИ.
14. Рыбалко Г.Н. Отчет о геолого-поисковых работах на россыпное золото в бассейне р.Велс на Северном Урале за 1961-64 гг. 1964. 221 с. ФГУ ПТФГИ.
15. Шмит П.Б., Яковлев В.С., Барышников В.А., Овдиенко Н.Л., Серова С.В. Отчет по детальной разведке Улсовской группы золотоносных россыпей в 1991-1995 годах (подсчет запасов по состоянию на 01.01.1998 г.). Североуральск, СУГРЭ, Велсовская ГРП. 1998. 285 с. ФГУ ПТФГИ.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АU-СОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗОНЕ КРИОГЕНЕЗА

Голдырев Валерий Николаевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ),
аспирант 1 года обучения (2020-2022),
г. Пермь
e-mail: vg121297@yandex.ru*

Хусаинова Альфия Шамилевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ),
молодой ученый,
г. Пермь
e-mail: Alfiya061094@gmail.com*

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

Аннотация: Определен вещественный состав кека (продукт переработки руд) месторождения Валунистое (Чукотский АО) методом рентгенофлуоресцентного анализа. Смоделированы процессы преобразования исходного состава породообразующих и рудных минералов в условиях вечной мерзлоты. Показаны условия и механизмы образования повышенных концентраций золота.

Ключевые слова: техногенно-минеральные образования, техногенез, криолитозона, Au-Ag месторождение Валунистое.

TRANSFORMATION OF AU-BEARING TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS IN THE CRYOGENESIS ZONE

Vitaliy Goldyrev,

*Perm State University, 1st year Post-graduate Student,
Perm,
e-mail: vg121297@yandex.ru*

Alfiia Khusainova

*Perm State University, Young Researcher,
Perm,
e-mail: Alfiya061094@gmail.com*

Research Supervisor: doctor of geology and mineralogy, professor Vladimir Naumov

Abstract: The material composition of the cake (ore processing product) of the Valunistoe deposit (Chukotka AO) was determined by X-ray fluorescence analysis. The transformation processes of the initial composition of rock-forming and ore minerals in permafrost conditions are modeled. The conditions and mechanisms of the formation of increased concentrations of gold are shown.

Keywords: technogenic-mineral formations, technogenesis, cryolithozone, Au-Ag deposit Valunistoe.

Введение. Образованные, в результате переработки золотосодержащих руд, *техногенно-минеральные образования* (ТМО) являются огромным и слабо изученным минерально-сырьевым ресурсом. Опубликованный материал по золотоносным ТМО [11, 17, 20] позволяет говорить о новом облике гипергенной геохимии золота, а именно высокой мобильности золота, способности изменять свои минеральные и растворимые формы, концентрироваться на геохимических барьерах, создавая, при этом, горизонты вторичного золотого обогащения. Однако, для большинства изученных и описанных ТМО объектов, не учитывался фактор изменения поведения золота в условиях криолитозоны.

Одним из ведущих регионов России по добычи золота является Северо-Восток России, в котором ежегодно скапливается ~ 80 млн. т переработанных золотосодержащих руд, в которых остается до 18 т золота. Принято считать, что в регионах, с преобладанием отрицательных среднегодовых температур воздуха и сплошного распространения многолетнемерзлых пород, не происходит существенного преобразования переработанных руд и, собственно, благородных металлов (Au, Ag) [1, 10]. Однако, появляется всё больше работ [3, 5, 9, 12, 15, 19], опровергающих данный факт. Поэтому воссоздание модели поведения благородных металлов (Au, Ag) и собственно переработанных руд в условиях криолитозоны является основной целью исследования.

Объект исследования – отвалы кеков (хвостов цианирования) золото-извлекательной фабрики (ЗИФ) ООО «Рудник Валунистый». Материал для исследований получен в 2018-2019 гг. во время геологических работ на золоторудных объектах Highland Gold Mining corp.

Отвалы кеков (~4 млн. т.) сформированы в процессе переработки Au-Ag руд эпitherмальных месторождений Валунистое и Горное (2003-2020 гг.). Благородные металлы извлекали по методике выщелачивания цианидными растворами, с последующей сорбцией на углях. При среднем содержании в руде Au – 5 г/т, Ag – 50 г/т и учете технологических потерь (Au 4,5% и Ag 24,6% соответственно) [17], в хвостах цианирования содержание Au будет достигать – 0,23 г/т, Ag – 12,3 г/т.

Согласно [2, 8, 16] в рудах преобладает мелкое, тонкое самородное золото. В классах до +0,1 мм основная масса золота остается в сростках. Свободное золото наблюдается в классе -0,071 мм от 45 до 62 %. Форма золотин преимущественно уплощенно-правильная, чешуйчатая. На поверхности Au отмечаются пленки гидроксидов железа и кремнезема, иногда фиксируется «серебряная чернь». Пробность колеблется от 460 до 850 %. Серебро, в значительной степени, находится в руде в форме аргентита, который образует сростки с кварцем, золотом и сульфидами. Самородного серебра около 30 %. Основная часть металлического серебра сосредоточена в классе -0,071 мм и ассоциирована с сульфидами в виде тонкой вкрапленности. В рудах присутствуют селениды, теллуриды и сульфосоли.

Методика исследования. Основной объем аналитических исследований проведен в Секторе наноминералогии Пермского государственного университета (ПГНИУ, Пермь). Химический состав кека определен методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), с помощью волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра последовательного типа действий S8 Tiger. Минеральный состав рассчитан с помощью дифрактометрического анализа (аналитик профессор Б.М. Осовецкий).

Результаты. По данным дифрактометрического анализа кек состоит из кварца (55,7 мас. %), калиевого полевого шпата (18,8 мас. %), плагиоклазов (альбит) (3,7 мас. %), слюды (2,3 мас. %), хлорита (2,1 мас. %) и кальцита (17,4 мас. %). При этом, доля минералов тяжелой фракции составляет около 0,3 % массы кека. В ее составе преобладает пирит, присутствуют магнетит, самородное золото.

Процессы преобразования исходного состава.

Породообразующие минералы. Под воздействием гипергенных процессов (в том числе криогенных), химический состав «лежалых» кеков изменяется. Так, например, из калиевого полевого шпата образуются аморфный кварц, каолинит и слюды. При этом, относительная доля кварца, за счет возрастания глинистых минералов, возможно уменьшается. Тонкозернистость отложений обеспечивает обширную площадь контакта твердой фазы с кислородом и водой, широкое развитие капиллярной и пленочной воды, которая мигрирует к фронту сезонного вымерзания, т.е. к дневной поверхности в зимнее время, и испарительной конденсации – в летнее. Эти процессы миграции вызывают в летние межлунные периоды возникновение на всей поверхности хвостохранилища белесой пылевато-соляной корки кристаллогидратов сульфатов толщиной до 5-30 мм [3].

Среди *рудных минералов* в отвалах активно подвергается разложению пирит, концентрации которого определяют поведение всех элементов в системе ТМО. За счет многократного взаимодействия пирита с O₂, H₂O, микроорганизмами образуются такие продукты, как кристаллогидраты сульфатов железа и серная кислота. Широкое распространение сульфатов является характерной особенностью ТМО и собственно пород, находящихся в условиях криолитозоны. Этот процесс закономерен, так как понижение температуры согласно термодинамическим расчетам [13] благоприятствует образованию сульфатов, а мерзлота с ее дефицитом вод способствует их сохранению. Поэтому важнейшим фактором химического выветривания и криогенного минералообразования является отношение твердой и жидкой фаз, существенно изменяющееся в ходе протекающих химических реакций [15].

При понижении температуры происходит увеличение энергии поверхности частицы, которая является энергетической характеристикой взаимодействия частицы с водой. В процессе замерзания на границе вода-лед возникает скачок электрического потенциала (от сотен мВ до десятков Вольт),

который способствует интенсивности гипергенных процессов (разрушение, окисление, выщелачивание) [14]. Результатом является миграция влаги, которая в мерзлой пористой гетерогенной системе зависит от суммарной влажности и может быть вызвана различными причинами: силами гравитации, капиллярными силами, напряжением в горной породе при замерзании, электроосмосом, градиентом температуры, градиентом электрического тока, градиентом химического потенциала, перепадом упругости паров [14].

Фазовый анализ *золота* в ТМО является необходимым для прогнозирования геохимических процессов, происходящих с ним в зоне гипергенеза. По данным [6, 7] в ТМО золото-серебряных месторождений Дальнего Востока практически полностью отсутствует свободное золото (табл.). В цианируемой форме находится около одной трети золота, преимущественно – это сростки с породообразующими минералами. Половина неизвлеченного золота находится в связи с сульфидами в виде взвеси, часть сорбирована и восстановилась на карбонатах, часть сохранилась образовала химические соединения с гидроксидами железа.

Таблица

Фазовый анализ золота в рудах и кеке по данным [7,8]

Формы нахождения золота	Массовая доля, %	
	Руда (5 г/т)	Кек (0,25 г/т)
Свободное	31,5	1,5
В открытых сростках	65,3	30,3
<i>Всего в цианируемой форме:</i>	<i>96,8</i>	<i>30,8</i>
Связанное с сульфидами	0,5	34,8
Связанное с кислоторастворимыми минералами	1,9	15,2
Связанное с породообразующими минералами и в пленках	0,8	18,2
Итого:	100,0	100,0

Криогенные процессы промораживания и оттаивания ТМО, благодаря разложению сульфидов, способствуют высвобождению золота. В сернокислом процессе Au, как и другие металлы, будет интенсивно перераспределяться, мигрируя из одних горизонтов и накапливаясь в других, что определяется, главным образом, сульфидностью первичных руд, pH и Eh среды. При этом, миграция растворенного Au будет происходить в «активном слое», так как надмерзлотные воды служат сезонным коллектором для растворенных металлов. С течением времени верхний слой отвала сформирует горизонт вторичного золотого обогащения, преимущественно с новообразованным гидрогенным «криогенным» золотом, где слой вечной мерзлоты будет являться плотиком (барьером) [9]. Однако максимальное содержание благородных металлов будут в верхней части отвалов, представленной пылевыми скоплениями с солевыми выцветами. В процессе испарения вода и растворенные в ней микроэлементы будут двигаться вверх, а затем, испаряясь, обогащать приповерхностные зоны отвала (формировать корки кристаллогидратов сульфатов). Эти факты подтверждены работами по опробованию ТМО месторождений Северо-Востока России [4, 5].

Механизм осаждения Au в криогенных условиях проявлялся путем концентрации (агрегирования) свободного металла в виде интерстиционного заполнения межбломочного микропространства [12]. Важное значение для осаждения золота имеет совокупность геохимических барьеров: восстановительного в основании почвенно-растительного слоя; электрохимического – в участках инфильтрации надмерзлотных вод в отвале кека; щелочного, кислого, сорбционного – в горизонтах смешивания надмерзлотных вод отвалов с менее минерализованными и более активными в физико-химическом отношении надмерзлотными водами склонов, как и нисходящих вод деятельного слоя с восходящими таликовыми водами [9].

Закключение. Таким образом, рудные отходы, подвергшиеся промораживанию, оттаиванию и промыванию в условиях криолитозоны, являются геохимически и геотермически активным новообразованным геологическим телом. Минералого-геохимические преобразования, происходящие в продуктах переработки руд месторождений, находящихся в зоне вечной мерзлоты, схожи с процессами образования зон окисления сульфидных месторождений криогенного происхождения [14].

Главным экзогенным фактором в преобразовании пород и руд в регионально устойчивой криогенной обстановке выступают процессы, связанные с сезонным оттаиванием активного слоя.

Морозобойное растрескивание приводит к активному разрушению пород и минералов в надмерзлотной зоне колебаний температуры. Активное выщелачивание сульфидов способствует хемогенному высвобождению из них золота. Физико-химические процессы разложения сульфидов в надмерзлотном слое отвалов приводят к увеличению в них растворимых концентраций благородных металлов, их перераспределению и осаждения за счет активного взаимодействия в системе «вода-порода». Периодическое образование сульфат-содержащего пылеватого покрова в зимнее время или при испарения поверхности пульпы летом и разрушение этого покрова при таянии снега или выпадения дождей является особенностью продуктов переработки руд криолитозоны.

Литература

1. Варчук А.В. Полигон размещения кека рудника Купол. Материалы оценки воздействия на окружающую среду. АО «Чукотская горно-геологическая компания», ООО НИПЭЦ «Промгидротехника», ООО «ВНИИ 1», Анадырь-Магадан, 2015, 41 с.
2. Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Винокуров С.Ф., Андреева О.В., Киселева Г.Д., Галямов А.Л., Мурашов К.Ю., Сидорова Н.В. Эпитермальное Au–Ag месторождение Валунистое (Восточная Чукотка, Россия): геологическое строение, минералого-геохимические особенности и условия рудообразования // Геология рудных месторождений. 2020. Т. 62. № 2. С. 107-133.
3. Глотов В.Е. Хвостохранилище – качественно новый геологически активный элемент долин горных рек криолитозоны (на примере Северо-Востока России) // Экологическая геология: науч.-практ., медицинские и экономико-правовые аспекты: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 6–10.10.2009 г. Воронеж: ВГУ, 2009. С. 18-21.
4. Глотов В.Е., Савва Н.Е., Смирнова О.К., Филенко Р.А., Юргенсон Г.А. Особенности геохимии Карамкенского хвостохранилища // В сборнике: Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Материалы IV Всероссийского симпозиума с международным участием и X Всероссийских чтений памяти академика А.Е. Ферсмана. 2012. С. 27-30.
5. Глотов В.Е., Глотова Л.П. Преобразования рудных отходов на Северо-Востоке России: геохимические и геоэкологические аспекты // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2014. Т. 16. № 1-3. С. 906-909.
6. Голдырев В.Н., Наумов В.А. Геологический анализ техногенно-минеральных образований Au–Ag эпитермального месторождения Купол (Чукотский АО) // Сборник трудов конференции «Наука и инновации - современные концепции» (Москва). Т. 2. Уфа: изд-во «Инфинити». 2020. С. 117-133.
7. Григорьев Н.В., Маринич М.А., Дудко И.С. Основные причины возникновения сверхнормативных потерь ценного компонента с хвостами обогащения и возможные пути сокращения финансовых рисков добывающих предприятий // Рациональное освоение недр. 2018. № 1. С. 54-60.
8. Журавкова Т.В., Пальянова Г.А., Калинин Ю.А., Горячев Н.А., Зинина В.Ю. Физико-химические условия образования минеральных парагенезисов золота и серебра на месторождении Валунистое (Чукотка) // Геология и геофизика. 2019. Т. 60. № 11. С. 1565–1576.
9. Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Наумов В.А. Эпигенез самородного золота в активном слое мерзлоты // Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 89-90.
10. Моторов О.В. Техническая документация на суглинок техногенный ТУ 08.12.22-005-58002943-2018. Материалы оценки воздействия на окружающую среду. АО «Чукотская горно-геологическая компания», ООО «ВНИИ 1», Магадан, 2019, 38 с.
11. Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия. Автореф. дис. ... док-ра геол.-мин. н., Пермь: ПГУ, 2010, 42 с.
12. Наумов В.А., Казымов К.П., Осовецкий Б.М., LeBarge W. Кристалломорфология и химический состав золота ледниковой области развития россыпей территории Юкон (Канада) // Вестник Пермского университета. Геология. Вып.1(9), 2010. С. 24-32.
13. Наумов В.А., Хусаинова А.Ш. Влияние сезонного промораживания и прогревания сульфидов на частицы золота в техногенно-минеральных образованиях // Цветные металлы и минералы. Сборник докладов Девятого международного конгресса. Красноярск, 2017. С. 942-951.
14. Птицын А.Б. Физико-химические аспекты геотехнологии металлов в зоне криогенеза // Автореферат на соис. докт. геол.-мин. наук. Новосибирск, 1992. 26 с.

15. Птицын А.Б., Абрамова В.А., Маркович Т.И. Специфика криогеохимических процессов в зоне техногенеза // *Минералогия техногенеза*. Т. 10. Издательство: Институт минералогии УрО РАН (Миасс), 2009. С. 215-217.

16. Савва Н.Е. *Минералогия серебра Северо-Востока России* / [науч. ред. А. А. Сидоров]; СВКНИИ ДВО РАН. М.: Издательство Триумф, 2018. (Тр. СВКНИИ ДВО РАН; вып. 78). 544 с.

17. Хусаинова А.Ш. *Поведение золота в техногенно-минеральных образованиях месторождений золото-сульфидного типа*. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. н., Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2020, 19 с.

18. Highland Gold Mining Limited. *Annual Report and Accounts 2019. Strategic Report. Governance. Financial Statements*. St. Helier, 2020. 116 p.

19. Reith F., Rea M., Sawley P., Zammit C.M., Nolze G., Reith T., Rantanen K., Bissett A. *Biogeochemical cycling of gold: Transforming gold particles from arctic Finland* // *Chemical Geology*, V. 483, 2018, pp. 511-529.

20. Wierchowicz J., Mikulski St.Z., Gąsiński A. *Nanoforms of gold from abandoned placer deposits of Wądroże Wielkie, Lower Silesia, Poland – The evidence of authigenic gold mineralization* // *Ore Geology Reviews*, 2018, V. 101, pp. 211-220.

УДК 550.8.012

О МЕТОДЕ ВЫДЕЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Жемчугова Татьяна Анатольевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, магистрант 3 курса обучения, г. Пермь
e-mail: Zhemchugova.tan@mail.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Карасева Татьяна Владимировна

Аннотация: В работе кратко рассматривается новый метод районирования территории, основанный на выделении нефтяных систем. Рассмотрены основные методы исследования нефтяной системы и ее элементы. Показана ведущая роль выделения нефтяных систем для комплексного изучения регионов и прогнозирования путей миграции углеводородов, а значит обнаружения новых залежей нефти и газа.

Ключевые слова: нефтяная система, нефтегазоматеринская порода, генотип нефти, коллекторы, флюидоупоры, углеводороды, пути миграции.

ON THE METHOD OF DETECTING PETROLEUM SYSTEMS FOR FORECASTING THE MIGRATION OF HYDROCARBONS AND DETECTING NEW OIL AND GAS DEPOSITS

Tatyana Zhemchugova

*Perm State University, 3^d year Master's Degree Student,
Perm,
e-mail: Zhemchugova.tan@mail.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Tatyana Karaseva

Abstract: The paper briefly discusses a new method of territorial zoning, which implies the detecting of Petroleum systems. The main research methods of the petroleum system and its elements are considered. The leading role of the detecting of petroleum systems for a comprehensive study of regions and forecasting of the migration routes of hydrocarbons, and hence the discovery of new deposits of oil and gas, is shown.

Keywords: petroleum system, oil and gas source rock, oil genotype, reservoir rocks, seal rocks, hydrocarbons, migration routes.

В настоящее время нефтегазовая отрасль в значительной степени исчерпала свои запасы, а исследование ресурсного потенциала не восполняет опережающие темпы добычи, поэтому проблема оценки формирования нефтегазоносности районов является острой и актуальной, так как связана с поиском новых залежей углеводородов.

Эффективное воспроизводство разведанных запасов нефти возможно в таких малоизученных геофизическими методами и бурением регионах, как Варандей-Адзвинская и Хорейверская нефтегазоносные области Тимано-Печорской провинции, Восточная Сибирь, а так же шельфовая зона Баренцева и Печорского моря.

Зачастую перспективные на нефть и газ территории выделяются на основе данных прямых и косвенных методов исследования (геофизические и геохимические методы, бурение и т.д), информации об обнаруженных залежах нефти и газа и на основе анализа моделирования территории, не акцентируя внимание на нефтегазоматеринские толщи, а, соответственно, и на возможные пути миграции флюида.

Одним из возможных инструментов обнаружения новых залежей нефти и газа может выступать новый метод районирования – выделение нефтяных систем. Данный подход изучения не находит пока широкого применения на территории России, однако, более подробно изучен и применяется иностранными исследователями.

Общие представления о нефтяных системах

Понятие «нефтяные системы» впервые было введено *Уоллесом Дж. Доу (Wallace G. Dow)* в 1970 г. в исследовательском центре Амосо в Талсе, Оклахома, при описании трех «нефтяных систем» в бассейне Уиллистон на основе аналитических данных, полученных Джеком Уильямсом и группой геохимических исследователей.

Цель исследования заключалась в снижении риска путем прогнозирования наиболее вероятных зон нахождения нефти.

Полученные аналитические результаты и интерпретация показали, что нефти из разных нефтематеринских пород могут быть различны и что корреляция нефтематеринских пород и нефтей геологически значима.

На основе вышеизложенного была разработана концепция нефтяных систем *Лесли Мэгун (Les Magoon, 1986)*, который заложил в основу комплексирование геологических, геофизических и геохимических данных.

Концепция нефтяных систем подразумевает выделение генетических типов нефтей, соотношение каждого типа к конкретной материнской породе, оценку количества генерируемой и вытесняемой нефти из материнской породы и нанесение на карту путей вертикальной и боковой миграции.

Концепция нефтяных систем

Нефтяная система – это система, состоящая из активной нефтематеринской породы и генетически связанной нефти и скопления газа, а так же геологических элементов и процессов, которые необходимы для существования залежей нефти и газа [1].

В качестве элементов нефтяной системы выступают: НГМП (*Source rock*), природный коллектор (*Reservoir rock*), флюидоупор (*Seal rock*) и вышележащие породы (*Overburden rock*).

- *Нефтегазоматеринские породы (НГМП) (Source rock)* – осадочные породы, способные при определенных геологических условиях выделять свободные углеводородные флюиды, образованные в процессе катагенетического преобразования заключенного в них рассеянного органического вещества (РОВ). Роль нефтегазоматеринских пород, поставляющих микронепть и газ в породы-коллекторы, играют глинистые образования с содержанием С орг. более 0,3-0,5%.
- *Природный коллектор (Reservoir rock)* – это горная порода, способная вмещать в себя нефть, газ или воду и отдавать в промышленных количествах при разработке. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают песчаники, известняки, доломиты и др.
- *Флюидоупор (покрышка) (Seal rock)* – это относительно непроницаемая горная порода, перекрывающая залежи флюидов. Наилучшими экранирующими свойствами обладают соли, ангидриты и монтмориллонитовые глины.
- *Вышележащие породы (Overburden rock)* – отложения, залегающие выше нефтегазоматеринских пород, включающие в себя коллекторы и флюидоупоры.

В качестве процессов нефтяной системы выступают формирование ловушки (*Trap formation*) и генерация – миграция – накопление углеводородов (*Generation–migration–accumulation of hydrocarbons*) [3].

Представленные элементы и процессы нефтяной системы должны правильно распределяться в геологическом времени и пространстве, чтобы органическое вещество, содержащееся в материнской породе преобразовалось в скопление нефти или газа.

Исследование нефтяной системы подразумевает идентификацию, присвоение имени, определение уровня достоверности и отображение географической, стратиграфической и временной протяженности нефтяной системы.

Методы исследования нефтяной системы [2]:

- **Геохимическая корреляция нефтей**

Нахождение схожих по геохимическим показателям нефтей для обнаружения источника.

- **Геохимическая корреляция нефти и нефтематеринской породы**

Сопоставление геохимических показателей нефтей с нефтями предполагаемой нефтегазоматеринской толщи для обнаружения сходства.

- **Диаграмма истории захоронений**

Диаграмма для определения пиковой выработки нефти (критического момента) с привязкой к возрасту (Рис. 1).

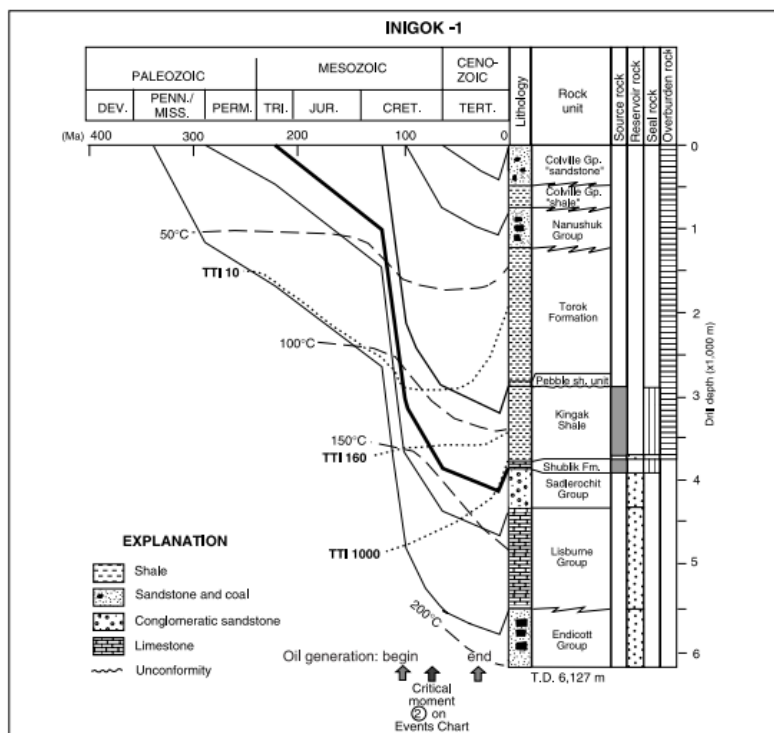


Рис. 1 Диаграмма истории захоронения на примере нефтяной системы - Эллесмериян (Ellesmerian)

• **Поперечное сечение нефтяной системы (разрез) или стратиграфическая протяженность**

Построение стратиграфической протяженности нефтяной системы в критический момент (время образования углеводородов в нефтяной системе) (Рис. 2).

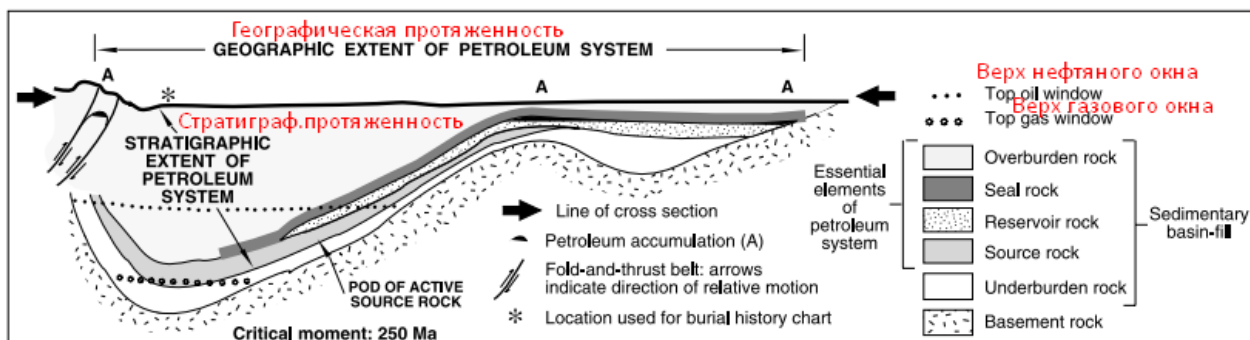


Рис. 2 Схема стратиграфической протяженности нефтяной системы Дир-Боур (Deer-Boar). (Leslie B. Magoon and Edward A. Beaumont, 1999)

• **Диаграмма событий**

Построение диаграммы событий (*events chart*), показывающей временные отношения основных элементов и процессов нефтяной системы, отображая время сохранения и критический момент для системы.

• **Таблица скоплений углеводородов**

Заполнение таблицы скоплений углеводородов для определения размеров нефтяной системы, включающей общий объем всех извлекаемых углеводородов, связанный с активной нефтематеринской породой.

Определение эффективности генерации-накопления

Расчет отношения, выраженного в процентах, общего объема пластовой нефти в ловушке в нефтяной системе к общему объему нефти, полученной из активной нефтематеринской породы.

• Карта нефтяных систем

Построение карты нефтяной системы с указанием географических, стратиграфических и временных протяженностей системы (Рис. 3).

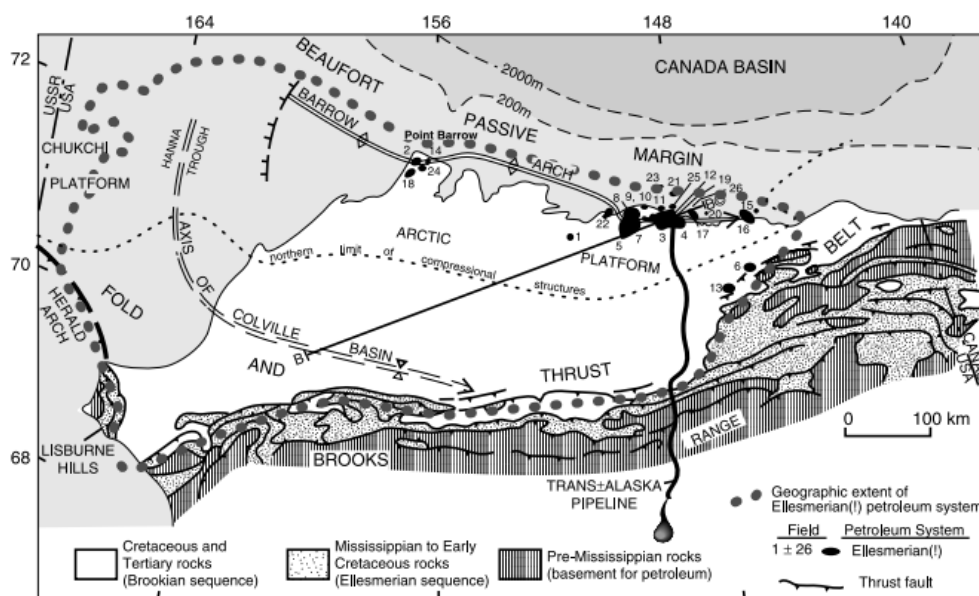


Рис 3. Карта нефтяной системы - Эллесмериян (Ellesmerian)
(Leslie B. Magoon and Edward A. Beaumont, 1999)

Построив карты нефтяных систем малоизученных районов на основе географических, стратиграфических и временных данных, возможно прогнозировать пути миграции углеводородов для обнаружения новых залежей нефти и газа. За рубежом на основе разработанного метода открыты многие залежи в таких нефтегазоносных бассейнах, как Скалистые горы, Пермский, Восточно-Канадский, Сычуань и др.

Таким образом, внедрение в практику геологоразведочных работ разработанного за рубежом метода выделения нефтяных систем позволит более целенаправленно проводить поисковые работы на нефть и газ и эффективно восполнять ресурсную базу углеводородов в нашей стране.

Литература

1. Hantschel Th., Kauerauf A.I. *Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling* // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, 482p.
2. Magoon, L.B., Beaumont E.A., *Petroleum Systems. Chapter 3/ Exploring for Oil and Gas Traps*, Edward A. Beaumont and Norman H. Foster, eds., *Treatise of Petroleum Geology, Handbook of Petroleum Geology*, 1999, 34p.
3. Magoon L. B., Dow W. G. *The petroleum system – from source to trap* // *AAPG memoir 60*, 2012, 312p.

УДК 550.8

АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ БОЛЬШЕКАШКАРЕТСКОЙ ЖАДЕИТОНОСНОЙ ЗОНЫ (ЗАПАДНЫЙ САЯН)

Мурзалы Диас Абылайулы

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
магистрант 2 курса,
г. Томск
e-mail: dias.17.02@yandex.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Максиков Сергей Владимирович

Аннотация: В работе приводятся результаты изучения аэрокосмических снимков совместно с полевыми исследованиями на Большекашкаретском жадеитоносном участке Борусского массива.

Ключевые слова: Аэрокосмические методы, дешифрирование, разрывные нарушения, жадеит, Большекашкаретский участок.

AEROSPACE DECODING OF THE BOLSHEKASHKARETSKAYA JADEITE-BEARING ZONE (WESTERN SAYAN)

Dias Murzaly

*National Research Tomsk State University, 2nd year Master's Degree Student,
Tomsk
e-mail: dias.17.02@yandex.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Sergey Maksikov

Abstract: The paper presents the results of studying aerospace images together with field studies on the Bolshekashkaretsky jadeite-bearing area of the Borus massif.

Keywords: Aerospace methods, decoding, gap faults, jadeite, Bolshekashkaretsky area.

Большекашкаретский участок расположен на юге Красноярского края в верхнем течении р. Енисей, на юго-восточном склоне хребта Борус в Западном Саяне. Рельеф района резко расчлененный. Максимальная абсолютная отметка района 1574 м, минимальная 634 м, относительные превышения от 200 до 940 м. Крутизна склонов на выположенных участках 15-30°, в бортах долин ручьев до 45-60°. Обнаженность в пределах массивов гипербазитов плохая, что связано с их низкой устойчивостью к процессам выветривания. Склоны многочисленных распадков завалены сплошным чехлом делювиально-элювиальных отложений мощностью 3-5 м до 10 м в их тальвегах. Лишь на гребнях водоразделов прослеживаются коренные обнажения (будины) серпентинитов, грядовые скалы гранитоидов.

Проявление различных перспективных нерудных и рудных полезных ископаемых в офиолитах локализируются в зонах серпентинитового меланжа. Строение зон меланжа на участке весьма сложное и обусловлены многократностью и разнонаправленностью тектонических движений, сочетании надвиговых структур со структурами типа сбросов и взбросов. Зоны меланжа в рельефе отчетливо выражены ложбинами, выположенными участками склонов, седловинами, уступами. Цементирующий субстрат зон представлен оталькованным частично хлоритизированным и карбонатизированным антигоритовыми серпентинитами чешуйчатого облика. Жадеититы в Березовском массиве (Кашкаретская жадеитоносная зона) приурочена к юго-западному флангу ультрабазитового тела [3].

Жадеитовые и жадеитсодержащие тела имеют разнообразную морфологию даже в пределах одного рудного поля. Выделяются тела неправильной, жильной, трубообразной, изометричной,

линзовидной и плитообразной форм. На соседнем Кашкаракском участке жадеититы представлены в виде изометричных мегабудин размером 70×100 м. Пригодными для поделочного сырья признаны жадеиты периферийной северо-западной части тела, где отмечаются равномерно пятнистые «рябчиковые» и брекчиевидные разности альбит-жадеитовых пород, жадеититы окрашены в зеленые тона. В них отмечаются резкие раздувы и пережимы.

В целях уточнения основных структур территории Большекашкаретского участка использовались космические снимки: Landsat ETM+ с пространственным разрешением в 7-ми спектральных диапазонах (15–30 м); космическими снимками Sentinel-2 оснащенным оптико-электронным мультиспектральным сенсором, имеющим разрешение от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов [1]. А также космические снимки в видимом спектре (RGB) с разрешением 3-5 м [1]. Площадь дешифрирования составила около 10,5 км². Дешифрирование проводилось с использованием специализированной программы ArcMap 10.2.2 на базе имеющихся геологических материалов. Все исходные материалы геометрически трансформированы и орторектифицированы, приведены к единой картографической проекции.

Визуальное дешифрирование и интерпретация космических снимков для целей геологических исследований остается пока основным методом в данной области [4]. В связи с этим в работе использовались синтезированные изображения с различной комбинацией каналов, что позволило распознавать слабоаномальные линейные объекты, а также элементы явно геологического свойства – полосчатость (возможно, слоистость) метаморфических пород.

Для выявления особенности земной поверхности использовались следующие методы обработки:

– фильтрация - выбранные отдельные каналы мультиспектрального снимка территории исследований преобразовывали с помощью различных способов фильтрации, позволяющих усилить полезный сигнал с одной стороны и ослабить или полностью устранить случайные помехи (шумы).

– контрастирование - этот способ преобразования заключается в изменении максимальных и минимальных значений яркости пикселей на снимках.

Анализ растровых изображений позволил распознать и закартировать дуговые и линейные (разрывные нарушения, слоистость метаморфических пород) структуры в пределах рассматриваемой территории. Признаками выделения дуговых и линейных структур являются границы ландшафтных неоднородностей (ложбины, выположенные участки склонов, седловины, уступы).

Результаты дешифрирования

Дешифрирование проводится с использованием результатов полевых поисковых работ. В результате дешифрирования были детально рассмотрены и откартированы различные по рангу дизъюнктивные нарушения и сдвиговые блоки.

Система нарушений северо-восточной ориентировки, представлена наиболее глубинными разломами в южной части участка. Простираются дислокации 40-70°, падение юго-восточное под углом 40-80°. Наблюдаются смещение отдельных блоков на десятки - первые сотни метров с преобладающим правым сдвигом. Эти разломы определяют положение наиболее древних отложений борусской толщи. С ними связаны зоны милонитизации, рассланцевания, будинажа, брекчирования, катаклаза и метасоматоза.

Вдоль данной системы разломов проявлены окварцевание, лиственитизация, оталькование, альбитизация [2].

Большинство водотоков дренирующих депрессию имеет направленность согласно простирацию депрессии.

Северо-западная и меридиональная системы разломов являются поперечно секущими к северо-восточной. Разломы имеют крутые углы падения (60-85°), в основном, в восточном направлении и разбивают зону офиолитов на крупные тектонические блоки, смещенные относительно друг друга с преобладанием вертикальной составляющей над горизонтальной. Эти разломы хорошо дешифрируются по северо-западной, субмеридиональной ориентировке водотоков, линейному расположению отрицательных форм рельефа.

В обнаженных местах разломы прослеживаются по зонам дробления, мощностью до 50 м и присутствием жил и даек. Из гидротермально-метасоматических образований отмечаются талькиты и листвениты.

Субширотная система разломов проявлена в центральной части площади работ и является косопримыкающей к северо-восточным разломам. Углы падения 60-80° с преобладающим юго-восточным и южным азимутами падения.

В целом субширотные и северо-восточные системы разломов прослеживаются вдоль сдвиговых блоков, ограниченными северо-западными, субмеридианальными разрывными нарушениями и зоной меланжа, где они ограничивают различные по составу пластины пород надвигового типа. Мощность этих пластин по космическим снимкам колеблется от 60 до 200 м.

На основании полученных данных были установлены новые перспективные участки (рис. 1).

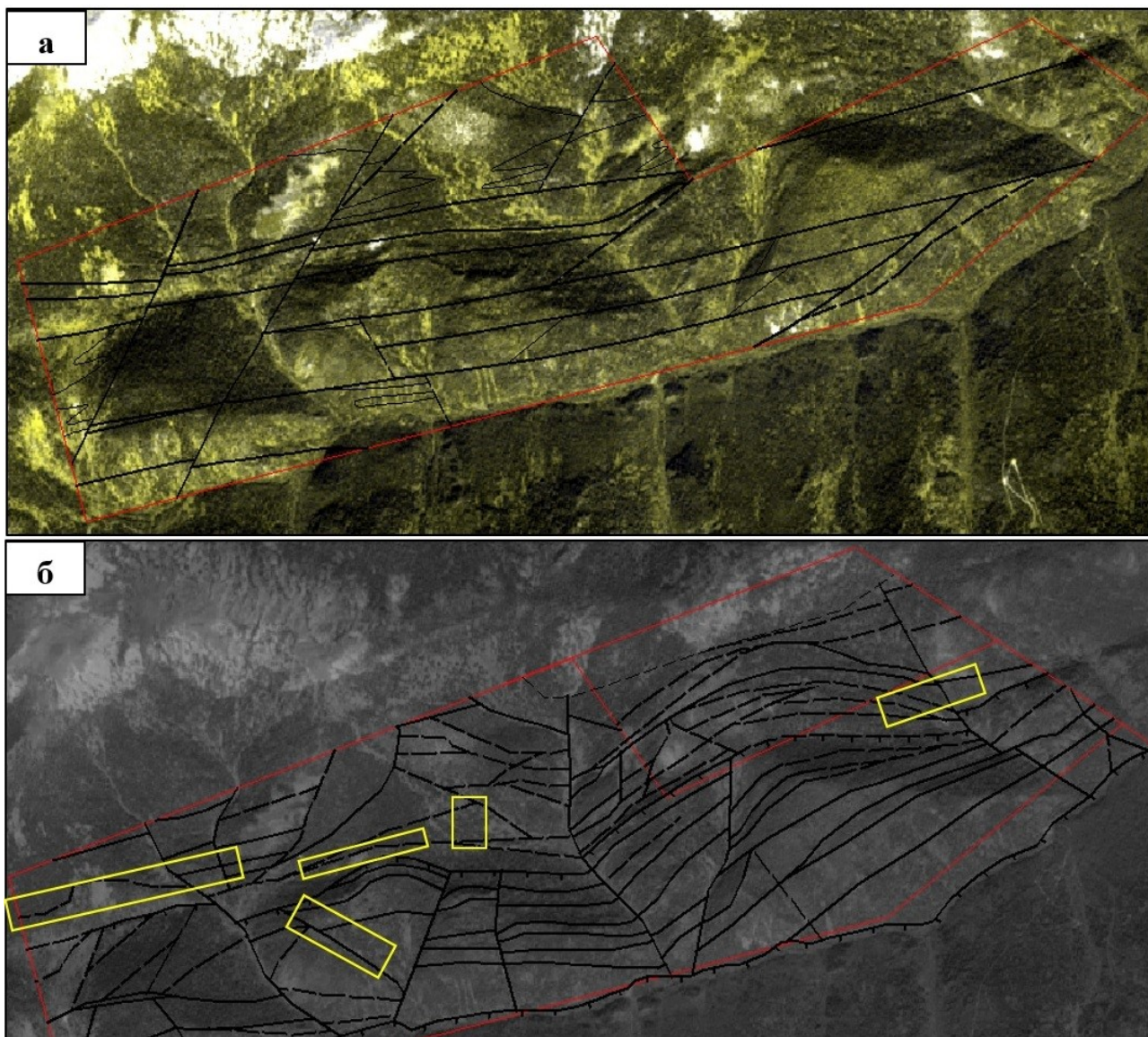


Рис. 1 Результат дешифрирования Большешечкаретского участка. а – разрывные нарушения [3], б – элементы формального визуального дешифрирования со схемой линейных структур. Желтые прямоугольники – проявление альбит-жадеитовых пород.

Литература

1. Геологическая служба США [Электронный ресурс] официальный сайт / URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 14.04.2019)
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-46 – Абакан. Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. – 391 с.
3. Добрецов Н. Л. Жадеит и нефрит в офиолитах / Н. Л. Добрецов, А. В. Татаринев. – Новосибирск: Наука, 1983. – 125 с.
4. Поцелуев А. А. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых / А. А. Поцелуев, Ю. С. Ананьев, В. Г. Житков - 2-е изд. – Томск: 2012. – 304 с.

ТИПОМОРФНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОЛОТА ИЗ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОПТО (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ТЫВА)

Путилова Анастасия Валерьевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ),
студентка 3 курса (2018-2023), г. Пермь
e-mail: nastasya_putilova@mail.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., ассистент, Хусаинова Альфия Шамилевна

Аннотация: В основе работы положены результаты исследования гранулометрического состава и морфологии золота из техногенно-минеральных образований (ТМО) месторождения Копто (Северо-Восточная Тыва). Обнаружено, что в ТМО присутствует многообразие остаточных форм золота, которые активно подверглись преобразованиям в гипергенных условиях, которые выражены как в скульптурах роста, так и растворения.

Ключевые слова: техногенно-минеральные образования, типоморфные характеристики золота, месторождение Копто.

TYPOMORPHIC GOLD CHARACTERISTICS FROM TECHNOGENIC- MINERAL FORMATIONS OF THE KOPTO DEPOSIT (NORTH-EAST TYVA)

Anastasia Putilova

*Perm State National Research University, 3^d year student, Perm
e-mail: nastasya_putilova@mail.ru*

Research Supervisor: candidate of geology and mineralogy, assistant lecturer, Alfia Khusainova

Abstract: The granulometric distribution and morphology of gold from the tailings dump of the Kopto deposit (North-Eastern Tyva) are described. It was found that the tailings dump contain a variety of residual forms of gold that have been actively transformed under supergene conditions, which are expressed both in growth and dissolution sculptures.

Keywords: tailing dump, typomorphic gold characteristics, Kopto deposit.

Введение. Техногенно-минеральные образования (ТМО), сформированные в результате переработки руд золотосодержащих месторождений и россыпей, являются аналогами природных (гипергенных) объектов, в которых все химические реакции происходят намного быстрее [2,3,5,7,8,9,10]. Детальное изучение и сравнение типоморфных характеристик золота и минеральных парагенезисов данных систем позволит внести ясность в решении фундаментальной задачи рудной геологии и геохимии – выяснение условий, источников и механизмов формирования рудных концентраций металлов в экзогенных условиях.

Поэтому *цель работы* заключается в изучении типоморфных характеристик золота из ТМО хвостохранилища месторождения Копто (Северо-Восточная Тыва). *Актуальность исследования* обусловлена необходимостью изучения и вовлечения в освоение техногенных золотосодержащих объектов.

Объектом исследования является хвостохранилище месторождения Копто, образованное в результате отработки преимущественно окисленных руд в середине 90-х гг. XX в. Золото извлекали гравитационным способом, а переработанные руды складировали в виде намывных отвалов.

Фактический материал получен в ходе полевых работ в 2019 г. Пробы отобраны из насыпей ТМО, объемом ~10 кг, и обогащены с помощью лотка.

Методика исследования. Изучение пробы осуществлено в Лаборатории осадочных полезных ископаемых кафедры поисков и разведки полезных ископаемых (ПГНИУ). Полученный концентрат разделялся на магнитную, электромагнитную и немагнитную фракции. Последнюю просеивали на наборе сит с выделением самородных частиц под бинокулярным микроскопом Nikon SMZ-745.

Золото взвешивали с помощью весов Radwag WAS-220/C/2 с точностью до 0,0001 г. При описании и выделении типоморфных характеристик золота автор опирался на такие труды, как [4,6].

Аналитические исследования проведены в Центре коллективного пользования многоэлементных и изотопных исследований Института геологии и минералогии СО РАН (ИГМ СО РАН, Новосибирск). Изучение морфологии золота осуществлялось с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA 3LMU (Tescan, Чехия) с энергетическим спектрометром «OXFORD» (Oxford Instruments, Великобритания) в режимах вторичных (SE) и обратно-рассеянных электронов (BSE) при различных увеличениях (при ускоряющем напряжении электронного пучка 20 кВ). Элементный состав исходных проб измерялся с помощью рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре ARL-9900XP (Thermo Fisher Scientific Ltd) (аналитик Карманова Н.Г.). Содержание Au и Ag в исходных пробах (навеска 5-10 г.) определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с использованием спектрометра 3030 В (фирма Perkin-Elmer) и фотометра Solar М6 (фирма Thermo Electron) (аналитик Ильина В.Н.).

Месторождение Копто (Северо-Восточная Тыва) расположено в контактовой части кварцевых диоритов Копто-Байсютского габбро-диорит-плагиогранитного массива раннетаннуольского комплекса (O_1tn) в осадочно-вулканогенных породах туматтайгинской свиты ($R-C_1tm$). Месторождение относится к золото-сульфидно-кварцевому оруденению штокверкового типа и находится в зоне дробления и интенсивной трещиноватости в скарнах. По составу скарны гранатовые, пироксеновые и пироксен-гранатовые с гематитом и магнетитом. Гранулометрический состав рудного золота варьирует незначительно: количественно преобладают фракции <0,1 мм (58,37 %), 0,25-0,10 мм (35,58 %), и, в меньшей степени, 0,5-0,25 (4,99 %), 1,0-0,5 мм (0,87%) и >1 (0,19 %). Средняя пробность золота месторождения Копто составляет 802 ‰ при вариациях от 524 до 969 ‰. В целом, в рудах количественно преобладает среднепробное (40 %) и низкопробное золото (32,3 %), в меньшей степени, электрум (12,3 %), менее распространено весьма высокопробное (10,8 %) и высокопробное золото (4,6 %). Руды месторождения интенсивно окислены до глубины 80–90 м с образованием каркасно-лимонитовых руд. В коре выветривания развиты гипергенные минералы Ag и Au: иодаргирит, гипергенное серебро, акантит-II, ютенбогардит, петровскит и др. [1].

Результаты. Согласно данным РФА, по химическому составу в ТМО преобладает SiO_2 (34,85 %) и CaO (19,25 %). Следует отметить высокие содержания MgO (11,88 %), Al_2O_3 (10,61 %) и Fe_2O_3 (6,18 %). Массовая доля Na_2O составляет 1,11 %, K_2O – 0,37 %, TiO_2 – 0,35 %, SO_3 – 0,32 %, MnO – 0,15 %, P_2O_5 – 0,1 %, BaO – 0,01 %, V_2O_5 – 0,01 %, Cr_2O_3 <0,01 %, NiO <0,01 %.

По данным ААС содержание Au составляет 0,21 г/т, Ag – 0,23 г/т. В отложениях обнаружено тонкое, мелкое золото, а именно, преобладают фракции -0,25+0,1 мм (53,73 %), -0,1 мм (34,33 %), и, в меньшей степени, -0,5+0,25 мм (11,94 %).

По морфологии наиболее распространены частицы изометричных (49,25 %), комковидных (35,82 %) и удлинённых (14,93 %) форм (рис. 1), представленных кристаллами и их сростками, частицами прожилкового, интерстициального и уплощённого облика. В углублениях и неровностях поверхности золота расположены пленки оксидов и гидроксидов Fe, а также сростания золота с гранатом, хлоритом, серпентином, цумоитом.

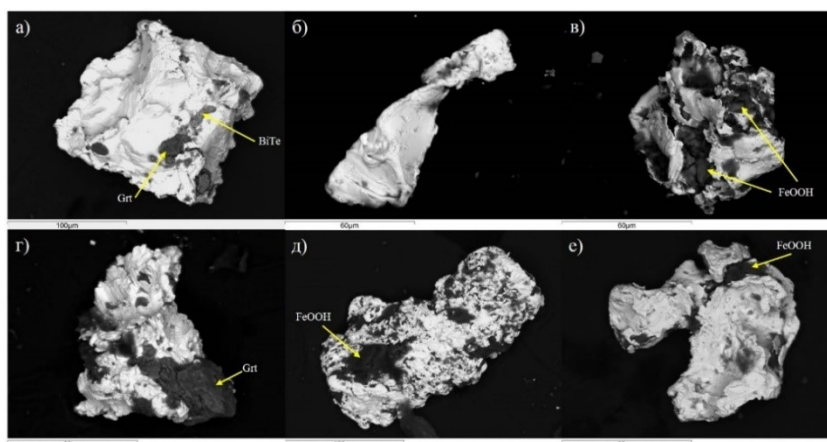


Рис. 1. Морфология индивидов золота из отвала ТМО месторождения Копто: а) массивная изометричная частица кристаллического облика в сростании с гранатом (Grt) и цумоитом (BiTe); б) частица кристаллического (октаэдрического) облика; в) массивная частица комковидного облика, в углублениях и неровностях которой расположены гидроксиды Fe (FeOOH); г) массивная частица в сростании с гранатом (Grt); д) уплощенная частица таблитчатой формы, в углублениях и неровностях которой расположены гидроксиды Fe (FeOOH); е) уплощенная частица прожилкового облика.

Микроскульптуры поверхностей золота очень разнообразны. К скульптурам роста можно отнести частицы Au микронных размеров на поверхности золотин, их сростки, скопления неправильных, округлых и чешуйчатых форм Au, которые образуют «кавернозно-губчатые» образования. Новообразования встречаются как на ровных поверхностях золотин, так и в ассоциации с гипергенными минералами (гидроксидами и оксидами Fe). Скульптуры растворения на частицах золота представлены ямчатым, а также натёчным рельефом. Края неровные, рваные.

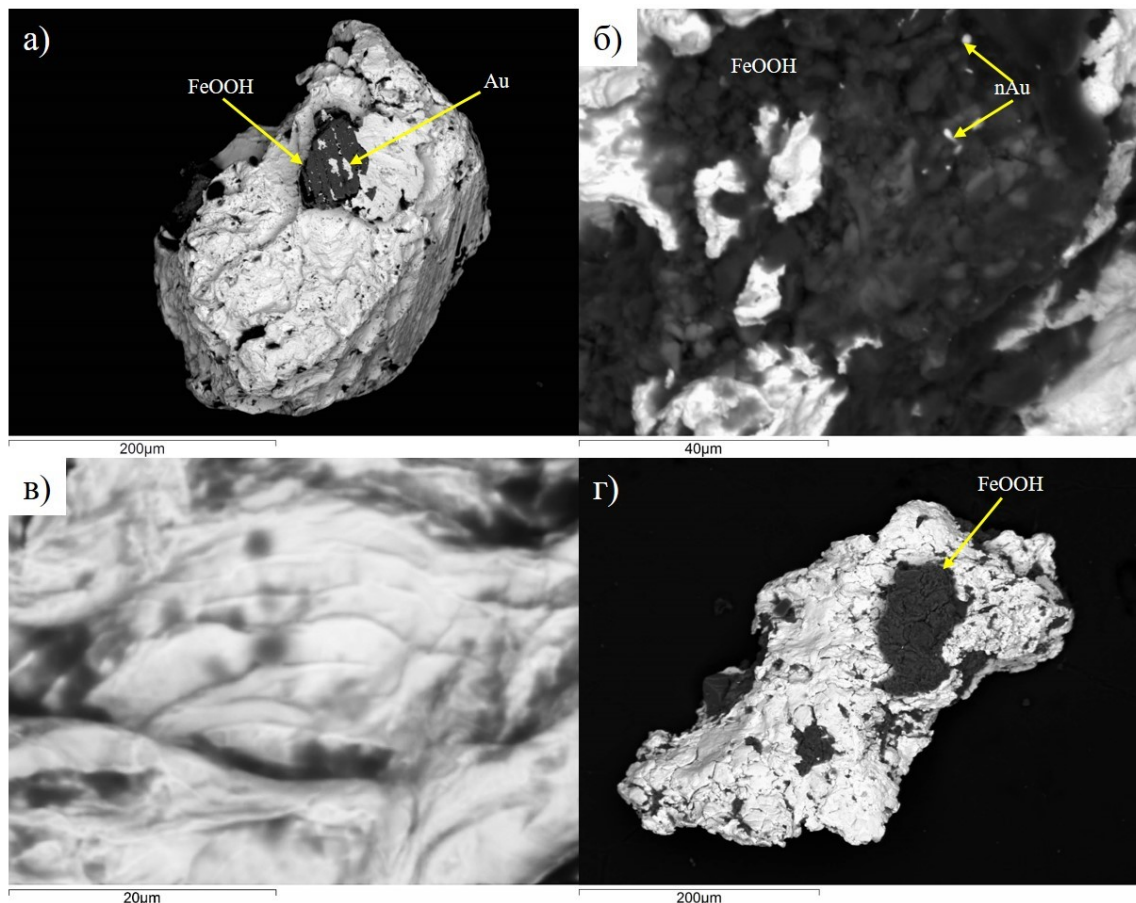


Рис. 2. Скульптуры поверхностей золота из ТМО месторождения Копто: а-б) нано- и микрочастицы золота в гидроксидах железа (FeOOH); в) натечный рельеф; д) мозаичный рельеф.

Таким образом, в ТМО месторождения Копто представлено огромное многообразие форм остаточного золота. Наличие скульптур роста и растворения на поверхности золотин свидетельствует о протекании в них процессов преобразования в условиях ТМО, а именно, процессов разложения, миграции, осаждения и концентрации.

Литература

1. Кужугет Р.В., Анкушева Н.Н., Ооржак Ш.Н., Бутанаев Ю.В. Состав золота и условия образования руд гидротермального месторождения Копто (Северо-восточная Тыва) // *Минералогия*, 2018, 4 (3), с. 61-69.
2. Кузнецова И.В., Сафронов П.П., Моисеенко Н.В. Вещественно-минеральная характеристика техногенных россыпей – потенциальных источников благородного металла (на примере Нижнеселемджинского золотоносного узла Приамурья, Россия) // *Георесурсы*, 2019, 21 (1), с. 2-14.
3. Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия // Автореф. дис. ... доктора геол.-мин. наук. Пермь: ПГНИУ, 2010. 42 с.
4. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России: атлас. Москва: ЦНИГРИ, 2015, 200 с.
5. Осовецкий Б.М. «Новое» золото: монография // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016, 116 с.
6. Петровская Н.В. Самородное золото: общие характеристики, типоморфизм, вопросы генезиса // Изд. «Наука», 1973, 349 с.

7. Хусаинова А.Ш. Поведение золота в техногенно-минеральных образованиях месторождений золото-сульфидного типа, 2020 г.

8. Хусаинова А.Ш., Гаськова О.Л., Калинин Ю.А., Бортникова С.Б. Физико-химическая модель преобразования золота в продуктах переработки колчеданно-полиметаллических месторождений (Салаирский кряж, Россия) // Геология и геофизика, 2020, т. 61, № 9, с. 1181-1193.

9. Kirillov M.V., Bortnikov S.B., Gaskova O.L., Shevko E.P. Authigenic gold in stale tailings of cyanide leaching of gold-sulfide-quartz ores (Komsomol'skii gold-extracting factory, Kemerovo Region) // Doklady Earth Sciences, 2018, 481 (2), pp. 1091-1094.

10. Wierchowicz J., Mikulski St.Z., Gasiński A. Nanoforms of gold from abandoned placer deposits of Wądroże Wielkie, Lower Silesia, Poland – The evidence of authigenic gold mineralization // Ore Geology Reviews, 2018, V. 101, pp. 211-220.

МАКРО- И МИКРОКОМПОНЕНТЫЙ СОСТАВ ВОД ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМГУЭМО-КАНЧАЛАНСКОЙ ПРИРАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА

Санников Артем Александрович

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, студент 4 курса,
г.Пермь*

e-mail: sannikovartem812@gmail.com

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Ковалева Татьяна Геннадьевна

Аннотация: в статье рассматриваются различия макро- и микрокомпонентного состава рек золото-серебряного месторождения Охотско-Чукотского вулканического пояса, дренирующих различные по составу и этапу формирования горные породы эkitинской и леурваамской фазы магматизма.

Ключевые слова: состав вод, Охотско-Чукотского вулканического пояса, минерализация, золото-серебряное месторождение.

MACRO- AND MICROCOMPONENT COMPOSITION OF WATERS FROM THE GOLD-SILVER ORE DEPOSIT OF THE AMGUEMO-KANCHALAN NEAR-FAULT ZONE OF THE OKHOTSK-CHUKCHI VOLCANIC BELT

Artem Sannikov

*Perm State University, 4st year Student,
Perm,*

e-mail: sannikovartem812@gmail.com

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Tatiana Kovaleva

Abstract: the article discusses the differences in the macro- and microcomponent composition of the rivers of the gold-silver deposit of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt draining rocks of different composition and formation stage of the Ekitinskaya and Leurvaamskaya phases of magmatism.

Keywords: composition of waters, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, mineralization, gold-silver deposit.

Цель данной работы состоит в определении минерализации рек Центральной перспективной площади и характеристикой их макро- и микрокомпонентного состава. Проявление Центральное (105 км²) относится к гидротермальному плутоногенному генетическому типу, золото-серебряной формации, геолого-промышленному типу жильных зон и штокверков прожилково-вкрапленных руд в породах вулканоплутонических поясов с золото-серебряным промышленным типом руды [3]. Расположено месторождение в Чукотской складчатой системе, в Амгуэмо-Канчаланском вулканическом поле (структура первого порядка).

Центральная перспективная площадь объединяет несколько видов интрузивных тел и объектов с различным генезисом и составом [3]. По данным геофизического изучения выделяются:

- грабен Крутой, которой определяет нырвакиносткую, эkitинскую и леурваамскую фазу магматизма ОЧПВ Центрального месторождения и вместе с тем все рудное поле [2]; проходит по юго-восточной и северо-западной границе участка работ;
- кальдера Свободная в центральной части зоны, к которой приурочены штокверки Северный и Габбровая рудная зона;

- интрузивные тела Правотнэквеемское (в котором выделяются зоны рудопроявлений Крутой, Центральный, Южный и Вольчий) и Крутое (с зоной рудопроявления Широкое);
- разломы северо-западного простирания, которые делят структуры.

В работе были рассмотрены две реки, одна из которых протекает по экитинской вулcano-плутонической ассоциации пород (река Лось), а вторая по леурваамскому вулcano-плутоническому комплексу (река Кузьмич). С леурваамским плутоническим комплексом в рамках листа пространственно и парагенетически связаны золоторудная кварцевая, золоторудная малосульфидная и серебро-золотая адуляр-кварцевая формации, а также полиметаллическая, оловянная, висмутовая и мышьяковая минерализация [1].

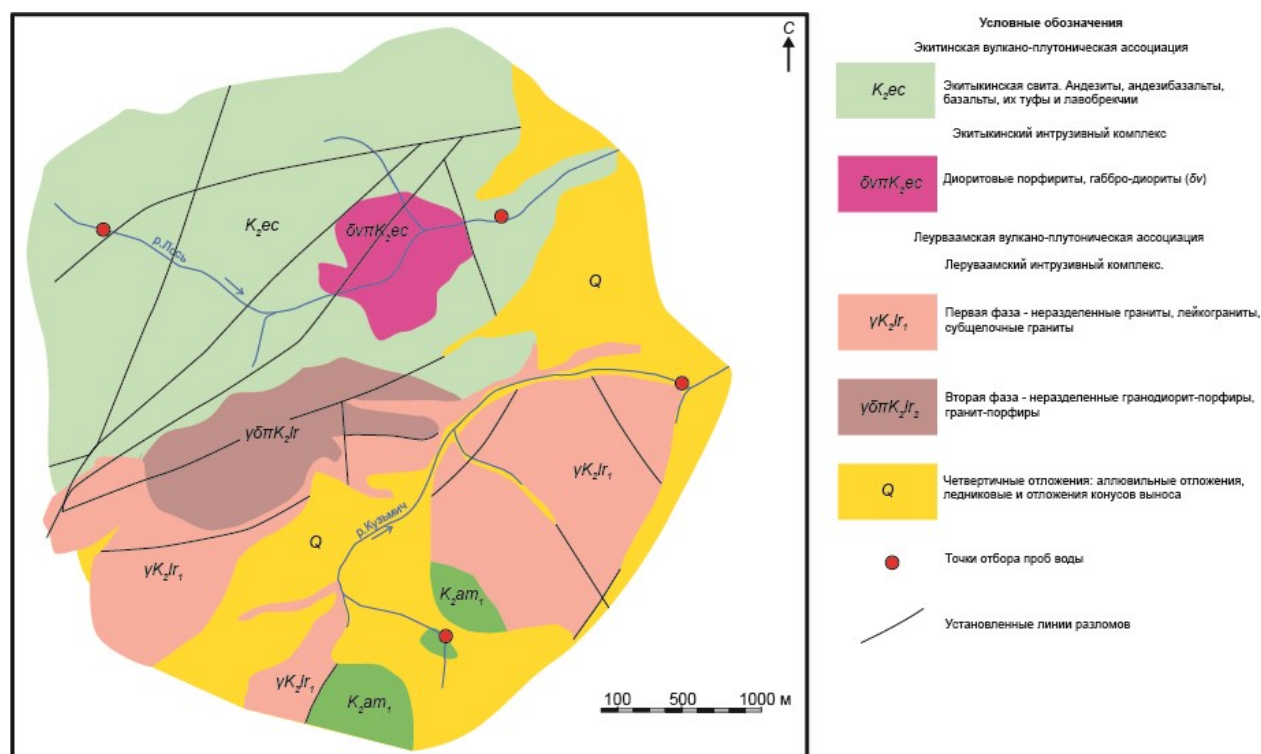


Рис. Геологическое строение месторождения Центральное

С экитинским комплексом связаны кварц-карбонатные прожилково-жильные зоны в центральной части месторождения [1]. Содержания серебра в них достигают 8065 г/т, золота – до 178,6 г/т [2].

Вода была отобрана на участках до и после основных выходов рудных зон. Таким образом, был получен макро- и микрокомпонентный состав вод, характеризующий химический состав пород на данных участках и их минералогический состав. Расстояние отбора воды между верхней и нижней точкой на реке Кузьмич 6332 м. Расстояние отбора воды между верхней и нижней точкой на реке Лось 3915 м.

Основное питание рек – разгрузка подземных вод, приток которых в свою очередь обеспечивается за счет инфильтрации метеорных вод и таяния ледников и снега. При этом в чехле рыхлых отложений, состоящих из делювия и аллювия, мощностью до 5 м в бортах рек и до 10 см на верхушках массивов, формируется характерный для горных районов сток, непосредственно связанный с растворением и выщелачиванием элементов горных пород инфильтрационным потоком из нижележащих водоупорных интрузивных пород.

Для реки Кузьмич сток происходит по четвертичным отложениям, залегающим на меловых породах: туфах и ингимбритах риолитов и дацитов, гранитах, лейкогранитах, субщелочным гранитах, гранодиорит-порфирах и гранит-порфирах (рис.).

Река Лось находится в непосредственном контакте с меловыми андезитами, андезит-базальтами, их туфами и лавобрекчиями, диоритовыми порфирами и габбро-диоритами, базальтам; сток происходит преимущественно по четвертичным ледниковым и водно-ледниковым отложениям.

Результаты гидрохимического опробования воды

Наименование показателей	Единицы измерений	Верховья р. Лось	Низовья р. Лось	Верховья р. Кузьмич	Низовья р. Кузьмич
<i>pH</i>	ед. pH	7,1	7,21	6,93	6,67
<i>Аммоний</i>	мг/дм ³	<0,5	6,46	<0,5	<0,5
<i>Калий</i>	мг/дм ³	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<i>Натрий</i>	мг/дм ³	2,39	3,13	2,46	2,65
<i>Магний</i>	мг/дм ³	1,37	2,73	1,35	1,62
<i>Массовая концентрация ионов кальция</i>	мг/дм ³	10,66	83,9	11,42	15,2
<i>Хлорид-ион</i>	мг/дм ³	<0,5	0,75	0,65	0,55
<i>Сульфат-ион</i>	мг/дм ³	6,92	227	6,56	37,4
<i>Нитрат-ион</i>	мг/дм ³	1,16	2,38	2,38	2,01
<i>Нитрит-ион</i>	мг/дм ³	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
<i>Фторид-ион</i>	мг/дм ³	<0,1	<0,1	<0,1	0,46
<i>Массовая концентрация гидрокарбонат-ионов</i>	мг/дм ³	38,8	39,2	39,1	18
<i>Железо общее</i>	мг/дм ³	0,052	0,088	0,591	0,078
<i>Общая жесткость</i>	Ж	0,67	1,16	0,68	0,95
<i>Перманганатная окисляемость</i>	мг/дм ³	1,11	1,76	2,41	1,01
<i>Никель</i>	мкг/дм ³	4,7	4,7	4,6	4,6
<i>Медь</i>	мкг/дм ³	<1	<1	<1	<1
<i>Цинк</i>	мкг/дм ³	7,9	8	<1	36
<i>Мышьяк</i>	мкг/дм ³	<1	3	6,3	11
<i>Селен</i>	мкг/дм ³	<10	<10	<10	<10
<i>Молибден</i>	мкг/дм ³	0,52	3,8	<0,5	1,1
<i>Серебро</i>	мкг/дм ³	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
<i>Сурьма</i>	мкг/дм ³	<0,2	<0,2	<0,2	1,6
<i>Барий</i>	мкг/дм ³	<3,0	<3,0	4,6	<3,0
<i>Вольфрам</i>	мкг/дм ³	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
<i>Свинец</i>	мкг/дм ³	0,58	0,58	0,22	0,58
<i>Общая ртуть</i>	мкг/дм ³	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Общее содержание макрокомпонентов совпадает с общей территориальной минерализацией и соответствует сульфатно-гидрокарбонатному магниевно-натриево-кальциевому типу, с одним лишь исключением - в районе отбора проб в низовьях реки Лось вода сульфатно-гидрокарбонатная магниевно-натриево-кальциевая. Такое изменение связано отмиранием большого количества биогенного материала выше по течению в реке Лось.

Значительное изменение состава вод реки Лось наблюдалось по следующим компонентам: аммоний, натрий, магний, кальций, хлорид-иону, сульфат-иону, нитрат-иону, мышьяку, молибдену; незначительное изменение наблюдалось у гидрокарбонат-иона и цинка (табл.)

Значительное увеличение сульфат-иона, фторид-иона, мышьяка, молибдена, сурьмы, свинца наблюдалось в водах реки Кузьмич и незначительное увеличение по натрию, кальцию, магнию. Уменьшение произошло по хлориду, нитрат-иону, гидрокарбонат-иону, железу, барии (табл.).

Таким образом, отбор проб воды позволил показать, что минерализация леурваамского комплекса незначительно отличается от минерализации экитинского комплекса; в макрокомпонентном составе основное различие наблюдается по кальцию, сульфату и аммонии; по микрокомпонентному составу различия существенны по цинку, мышьяку, молибдену и сурьме (табл.). Это может быть объяснено различным составом магматического расплава на разных стадиях магматизма. Отдельно также необходимо подчеркнуть схожесть состава вод за счет наложенной пропилитизации экитинского комплекса на леурваамской стадии магматизма, что частично изменило химический состав габбро-диоритов, андезитов и андезит-базальтов, и привнесло, тем самым, в воду дополнительные химические элементы, которые частично нивелируют различия в химическом составе вод.

Литература

1. Исаева Е.П., Звезда Т.В., Ушакова Д.Д. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-60 – Анадырь. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. 341 с. + 11 вкл.
2. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:200 000 на площади листов Q-60-XVII, XVIII. (Крестовская партия, 1991-2000 гг.).
3. Романов Н.И., Романова В.В., Филина Н.Ф. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Серия Пыкарваамская. Лист Q-60-XVII, XVIII. Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ УЧАСТКА ВОСТОЧНЫЙ АТАБАЙ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Суханов Игорь Владиславович

*Карагандинский технический университет, магистрант 2-го курса,
2019-2021 гг., г. Караганда
e-mail: igor121192@mail.ru*

*Научный руководитель: доктор PhD, старший преподаватель Пономарева Екатерина
Вадимовна*

Аннотация: Недоизученность ранее открытых рудопроявлений, участков а также мелких месторождений, является важным фактором для наращивания минерально-сырьевой базы страны. Наиболее ярким примером является участок Восточный Атабай, представленный не только медными, но и полиметаллическими рудами. Участок изучался в разные года и различными исследователями, но работы на участке так и не получили логического завершения. Для выполнения подсчета запасов и ресурсов, на данном участке, необходим полный комплекс геологоразведочных работ, включающий в себя как современные геофизические и геологические методы, так и современное программное обеспечение.

Ключевые слова: Карагандинская область, Восточный Атабай, медные и полиметаллические руды, геологоразведочные работы.

STRUCTURAL FEATURES OF THE EASTERN ATABAY SITE IN THE KARAGANDA REGION

Igor Sukhanov

*Karaganda Technical University, 2nd year Master's Degree Student,
Karaganda
e-mail: igor121192@mail.ru*

Research Supervisor: Doctor PhD, Senior Lecturer, Yekaterina Ponomareva

Abstract: The lack of exploration of previously discovered ore occurrences, sites, as well as small deposits, is an absolute factor for increasing the country's mineral resource base. The most striking example is the East Atabay site, which is represented not only by copper, but also by polymetallic ores. The site was studied in different years and by different researchers, but the work on the site was never completed. To perform the calculation of reserves and resources at this site, a full range of geological exploration works is required, including both modern geophysical and geological methods, as well as modern software.

Keywords: Karaganda region, East Atabay, copper and polymetallic ores, geological exploration.

В настоящее время актуальной задачей является наращивание минерально-сырьевой базы страны. Поскольку практически вся территория Республики Казахстан, в той или иной степени, изучена, целесообразно проводить доизучение ранее обнаруженных участков и рудопроявлений.

С точки зрения геологического строения и этапов формирования руд, интересным для изучения является участок Восточный Атабай, расположенный в Карагандинской области. С 40-х годов XX века разными исследователями данный участок изучался вплоть до конца 80-х годов. Однако по результатам всего комплекса выполненных работ участок был признан экономически не эффективным и требующим более детального доизучения.

Характерной особенностью участка Восточный Атабай является наличие как медного, так и полиметаллического оруденения. Полиметаллическая руда (свинец и цинк) неотъемлемо связана с так называемыми пиритовыми ритмитами (аналогичными изученным в полной мере на барит-полиметаллическом месторождении Карагайлы). Также на участке достаточно широко развиты

железо-марганцевые руды, представленные достаточно серьезными по мощности (подсечения скважинами от 20 до 100 м), и аналогично пиритовым ритмитам имеют выход на дневную поверхность. Но наиболее интересным является медное оруденение, которое гораздо в меньшей степени изучено, нежели железо-марганцевая руда и пиритовые ритмиты.

Малая изученность медной руды на участке Восточный Атабай связана с недостаточно полным комплексом геологоразведочных работ, выполненных ранее.

На первом этапе работ необходимо выполнить площадные геофизические исследования: магниторазведка и электроразведка методом ВП-СГ. Также, возможно, выполнение геофизических исследований методом ДОЗ-ВП.

Магниторазведку предполагается проводить с использованием протонных оверхаузеровских магнитометров ММРОС-1 с GPS-опцией.

GPS-опция предназначена для синхронизации с точностью до 1 мс начала измерения по импульсу встроенного GPS-приёмника и регистрации GPS данных с выдачей общего файла данных.

Технология выполнения полевых работ

Генеральное простирание геологических структур на площади исследований меняется с субширотного на западе, до северо-восточного на востоке. Ввиду этого, площадь будет разделена на два примыкающих по общей границе участка, где линии профилей спланированы вкрест простиранию – субмеридионально на западе и в юго-восточном направлении.

Методика съемки заключается в одновременном измерении на каждом пункте наблюдений значений магнитного поля, координат и времени регистрации. Режим измерений – «Пешеходная съемка с автоматическим вводом координат по GPS-приемнику и системного времени регистратора». При отработке профилей направление движения и расстояния определялись приборами Garmin GPSMap 60Csx с использованием функций «маршрут» и «отклонение от курса».

Для учета влияния геомагнитных вариаций на участке работ должна быть оборудована магнитовариационная станция (МВС). Вариации геомагнитного поля записываются ежедневно с интервалом 3 секунды.

Магниторазведочные исследования планируется проводить в режиме непрерывной съемки с шагом замеров 3 с, что соответствовало среднему шагу между точками наблюдения ~4,2 м. Шаг съемки варьируется, с учетом особенностей местности и скорости передвижения по профилю, от ~2 м до ~7 м.

Электроразведка методом ВП-СГ

Электроразведочные работы необходимо выполнить в соответствии с Инструкцией по электроразведке (1984) методом вызванной поляризации в модификации срединного градиента (ВП-СГ), масштаб 1:25 000, с использованием аппаратуры ЭИН-209МА и ГЭР-2кВт-1000В-15А. Данная аппаратура разработана и изготовлена в институте геофизических исследований НЯЦ РК, группой специалистов под руководством В.А. Мариненко.

Аппаратура и оборудование

Приемник ЭИН-209МА предназначен для полевых электроразведочных работ на переменном токе низкой частоты, методами вызванной поляризации и сопротивления. Может быть использован в условиях воздействия электрических помех, в труднодоступной местности и для измерений в скважинах и горных выработках.

Генератор ГЭР-2кВт-1000В-15А предназначен для генерирования высокостабильного переменного тока прямоугольной формы в широком диапазоне нагрузок и может быть использован в различных электроразведочных методах: сопротивления, вызванной поляризации и заряда.

По факту получения данных результатов геофизических исследований следует выполнить комплекс заверочных работ прошлых лет (проходка канав механическим способом и бурение наклонных колонковых скважин). Заверочные работы необходимы для понимания качества работ, выполненных предшественниками и возможности их использования в дальнейшем. После выполнения буровых работ, возможно, применение МЗТ (метод заряда (заряженного тела)). Данный метод даст понимание о простирании и падении рудных тел, возможных вариантах прироста руды, а также положение тектонических нарушений, отсекающих либо смещающих рудную массу.

По факту выполнения площадных геофизических исследований, обработки полученных данных и составления отчета, необходимо выполнение второго этапа работ: маршрутные поиски.

Маршрутные поиски необходимо выполнить с целью рекогносцировочного обследования и предварительного опознания всей площади работ, с проверкой геохимических и геофизических

аномалий, выявленных работами прошлых лет, по результатам проведенной магниторазведки и электроразведки методом ВП-СГ, а также для уточнения положения проектных скважин и каналов.

Неотъемлемой частью маршрутных поисков являются ведение полевого дневника, полевой геологической карты, журнала отбора проб и образцов.

В маршрутах следует изучить геологическое и геоморфологическое строение площади, предварительно оцениваются встреченные минерализованные объекты, а также уделяется внимание экологическим и гидрогеологическим условиям района.

Для решения поставленных задач в процессе выполнения маршрутов производится отбор штучных проб и образцов из коренных пород.

Полевая документация маршрутов ведется в полевом дневнике, который является основным первичным документом регистрации геологических наблюдений всех видов (геологических, поисковых, геоморфологических, и др.). Дневник оформляется по установленной форме – титульный лист (содержит название организации исполнителя и заказчика работ, данные исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек и адрес по которому следует вернуть утерянный дневник) и т.д. Перед описанием каждого маршрута, указывался день, месяц, год. Описание пунктов наблюдений дается с красной строки. Привязка точек осуществлялась с помощью прибора GPS фирмы Garmin.

Поисковые маршруты выполняются в пешем варианте, 2-мя маршрутными группами, подвоз и снятие с маршрута производится на автотранспорте.

По результатам маршрутных поисков целесообразным является постановка горных работ.

Проходка каналов обеспечивает прослеживание по простиранию, вскрытие, изучение и опробование рудных тел и зон гидротермально-метасоматических измененных пород, содержащих сульфидную минерализацию.

По всем каналам производится отбор бороздовых (секция 1 м) и геохимических (в среднем – 3 м) проб. Опробование рудных зон осуществляется по полотну канавы бороздой сечением 5х10 см. Извлеченная рудная порода будет подвержена рудоразборке, на бортах канав – сформированы рудные и породные отвалы. Геологическая документация канав ведется по полотну и 1-й стенке канавы.

Засыпка горных выработок производится после документации и их опробования.

Следующим этапом работ является выполнение буровых работ.

Предусматриваются следующие виды буровых работ:

- бурение вертикальных поисково-картировочных скважин на территориях, закрытых рыхлыми отложениями мощностью более 5 м;
- бурение наклонных поисково-структурных скважин в интервале от 0-300м и 0 до 800 м.

Бурение поисково-картировочных скважин

Бурение скважин выполняется самоходной установкой разведочного бурения УРБ-2А-2 (на базе КамАЗ 43118), предназначенной для бурения при разведке твердых полезных ископаемых, как вращательным, так и ударно-вращательным способом с очисткой забоя скважины промывкой и продувкой для чего монтируется буровой насос или компрессор.

Бурение картировочных скважин выполняется вращательным способом. Диаметр бурения – 93 мм. Бурение выполняется без строительства буровых площадок. Бурение поисково-картировочных скважин производится для проверки геохимических и геофизических аномалий, выявленных как на стадии предшествующих работ, так и по факту выполнения геофизических исследований и маршрутных поисков.

Поисково-картировочные скважины бурятся до уверенного пересечения рыхлых отложений и входа в структурный элювий и крепкие палеозойские породы на глубину 6 м. Отбор геохимических проб осуществляется из шлама наносов и коренных пород и (или) из их кор выветривания, по всему интервалу.

Бурение наклонных поисковых (поисково-структурных) колонковых скважин

Бурение поисковых колонковых скважин в интервалах глубин от 0-300 до 0-800 м на детальных участках, предусматривается с целью поисков слепого и перекрытого медного оруденения, а также прослеживания его на глубину. Бурение предполагается выполнять станками Atlas Copco CS14, с буровыми снарядами компании «Voart Longyear». Диаметр бурения - HQ, выход керна по рудным зонам – 95-100 %, по вмещающим >80 %.

Все скважины необходимо пробурить до полного выхода из рудной зоны во вмещающие породы.

Геофизические исследования в скважинах

Каротаж и инклинометрия по скважинам колонкового бурения

С целью определения пространственного положения трасс поисковых скважин, требуется выполнение текущей инклинометрии во всех поисковых скважинах. Замеры искривлений стволов скважин выполнять регулярно в процессе бурения для своевременной корректировки траекторий скважин. Шаг измерений 20 м.

Данный вид работ выполняется с использованием современного скважинного прибора – магнитометра-инклинометра МИ-3803М.

Опробование скважин и горных выработок

Для изучения характера распределения полезного ископаемого и сопутствующих компонентов, оконтуривания рудных тел, изучения минералогического состава, технологических свойств, физико-механических и прочих параметров, предполагается выполнение различных видов опробования: бороздвое, керновое, геохимическое.

Рядовое опробование является основным, проводится систематически и регулярно по всему вскрытому интервалу горной выработки, и извлеченному керну скважин.

Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Контрольное опробование проводится периодически, по интервалам разведочных выработок с известным содержанием меди. Точность керового опробования будет контролироваться отбором проб из вторых половинок керна, а бороздвое – сопряженными бороздами того же сечения. Объем контрольного опробования обычно принимается до 5 % от общего числа рядовых проб. Он должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости и для введения поправочных коэффициентов.

В горных выработках все виды опробования проводились по данным журнала документации канав и керна скважин, соответствующим способом фиксируются в них, а также в журнале опробования.

Бороздвое опробование в канавах проводилось по рудным телам и зонам, с выходом во вмещающие породы по 1-й пробе длиной 2 м. Длина одной пробы – 1,0 м, сечение борозды 5 x 10 см, вес бороздовой пробы 9-16 кг. Категория крепости пород при опробовании – XI-XVIII. Качество бороздвое опробования систематически контролировалось: надежность оконтуривания рудных тел, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной исходя из принятого сечения борозды. Точность бороздвое опробования контролировалась отбором сопряженных борозд того же сечения.

Керновое опробование. Керновое опробование проводилось по всем рудным интервалам и зонам гидротермально-измененных пород. Керновые пробы отбирались с учетом литологических разностей, но не менее 0.5 м и не более 2 м. Керн распиливался на две половины, одна из которых отбирается в керовую пробу, вторая остается на хранении.

В журнале документации скважин отмечаются интервалы отбора проб, их номера, место отбора образцов.

Геохимическое опробование канав и скважин. Геохимическое опробование производится по вмещающим породам и слабоминерализованным зонам (пиритизированные, окварцованные отложения). Опробованию подлежали все разведочные выработки, средний интервал опробования – 3 м.

Образцы для минералого-петрографических исследований. С целью выявления минералогических особенностей распределения минерализации необходимо выполнить отбор сколков для изготовления аншлифов.

Для характеристики петрографических разновидностей, стратифицированных осадочных и вулканогенных пород и субвулканических образований, а также изучения гидротермально-метасоматических измененных пород следует отобрать образцы для изготовления шлифов с дальнейшим их описанием.

Обработка проб

Пробоподготовка проводится в аттестованной и аккредитованной лаборатории, оснащенной современным высокотехнологичным оборудованием. Обработка исходной (начальной) пробы производится стадийно в дробильном цехе.

Подготовленные для анализа пробы (пульпы) упаковываются в пластиковые капсулы, подписанные водостойким маркером

Каждая проба снабжается этикеткой и регистрируется в журнале регистрации обработки проб.

Измельченные до 1-2 мм пробы и дубликаты упаковываются в бумажные пакеты (бумага крафт) или прочные полиэтиленовые пакеты с вложением этикеток.

Дубликаты проб хранятся постоянно в течение всего срока проведения работ или до особого распоряжения главного геолога компании. Дубликаты проб хранятся в специальном помещении – пробохранилище (кернохранилище). Остатки аналитических навесок хранятся на складе в лаборатории.

Химико-аналитические работы

Состав лабораторных работ определяется минимально необходимым комплексом аналитических исследований, согласно методическим требованиям, регламентирующим геологоразведочные работы на медь, свинец, цинк. Согласно пункту 66-1 «Инструкции по применению классификаций запасов к месторождениям цветных металлов...» (ГКЗ РК) «рядовые пробы анализируются на медь, свинец, цинк, а также на компоненты, содержания которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности. При отсутствии визуального определения оруденения пробы проходили спектральный анализ на 34 элемента: Cu, Pb, Zn, Au, Mo, Ag, Co, W, S, Bi, Sn, Be и др и по результатам спектрального анализа, пробы с содержанием меди, свинца, цинка 0,1 % и более, золота более 0,1 г/т направляются на атомно-абсорбционный анализ.

Контроль аналитических работ

Атомно-абсорбционный анализ на медь выполняется на спектрометре «Квант-2А» с чувствительностью определений 0,005%. Содержания свинца, цинка и серебра определяет на спектрометре «Varian-55В» с чувствительностью измерений соответственно 0,01%, 0,01% и 1,0 г/т. Содержания золота этим методом оценивается с использованием спектрометра «Спектр 5-3» при чувствительности определений 0,05 г/т.

В ходе перечисленных лабораторных работ систематически производится контроль лабораторий в отношении качества (надежности) выдаваемых результатов анализов. В зависимости от типа анализов он осуществляется двумя методами. Первый выполняется давно апробированным способом повторного анализа лабораторией зашифрованных проб. Этот метод применяется при контроле спектральной лаборатории и проводился ежегодно с определением тех же 22 элементов, которые определялись в первом – рядовом заказе. Расчет погрешностей делается согласно «Инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений 1965 г.» для основных рудных компонентов, на которые были специализированы работы.

Контроль атомно-абсорбционного анализа проводится по методике JORC с применением стандартных образцов Австралийской фирмы OREAS. Данные образцы с сертифицированным содержанием рудных компонентов включаются в заказы проб на анализ. По результатам их анализа оцениваются допущенные отклонения в определении содержаний в стандартах по их классам путем построения графиков Шухарта. При расхождении между измеренным содержанием и заданным в стандартах, не превышающем по абсолютному значению ± 3 -х кратное отклонение от содержания в стандарте, результат анализа партии проб принимается достоверным, в противном случае бракуется.

Последним этапом работ является обобщение всех полученных данных за весь период работ. Подсчет запасов планируется выполнить в программе Micromine (построение каркасной модели месторождения, а также создание блочной модели, для выполнения дальнейших горных и экономических расчетов).

Вывод: Учитывая вышеизложенное, участок Восточный Атабай является в достаточной мере перспективным участком для постановки геологоразведочных работ, с дальнейшим подсчетом запасов с постановкой на баланс и, соответственно, приращением минерально-сырьевой базы Республики Казахстан.

Литература

1. Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я. и др. *Геологическое строение Казахстана. Алматы, 2000 г.*
2. Байбатша А.Б. *Геология месторождений полезных ископаемых, Алматы 2001 г.*
3. *Геологическая карта СССР. Серия Карагандинская. Лист М-43-XXVIII. 1:200000. 1958 г. ЮКТУ. Беспалов В.Ф.*
4. *Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. МГ СССР, Москва, «Недра», 1983.*

УДК 004.054

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Теплых Ирина Сергеевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 4 курса,
(2017-2021), г. Пермь
irina.teplykh.99@gmail.com*

*Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Огородова Ирина
Владимировна*

Аннотация: Использование мобильных устройств при геологической съемке и первичная обработка полевых данных с целью исследования возможности повышения производительности труда и точности фиксации полевых наблюдений.

Ключевые слова: мобильное устройство, программное обеспечение Sherpa, геологическая съемка, геологический маршрут, точка наблюдения, географическая привязка.

THE TECHNOLOGY FOR OBTAINING FIELD MATERIALS AND CREATING A DATABASE USING MOBILE DEVICES DURING GEOLOGICAL EXPLORATION

Irina Teplykh,

*Perm State University, 4st year Student, Perm,
irina.teplykh.99@gmail.com*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Irina Ogorodova

Abstract: The use of mobile devices in geological surveys and the primary processing of field data in order to study the possibility of improving labor productivity and the accuracy of recording field observations.

Keywords: mobile device, Sherpa software, geological survey, geological route, observation point, geographical reference.

В современном мире в связи с быстрым развитием цифровых технологий существует широкий ассортимент мобильных устройств, обладающих необходимыми функциями, при использовании которых появляется возможность непосредственной записи полевых наблюдений. Объем оперативной памяти, производительность системы, наличие GPS-приёмника, фотокамеры, способность работать в автономном режиме без перезарядки аккумуляторов и другие характеристики современного мобильного устройства в совокупности с комплексной навигационной основой - географически привязанными картами, аэрофотоснимками повышают эффективность работы, упрощают ведение документации полевых наблюдений и формирование базы первичных данных [1].

Во время производственной летней практики проводилось тестирование возможности применения мобильного телефона при проведении геолого-съемочных работ в пределах листа О-35-ХІ в рамках Федеральной программы ГДП-200. Тестирование осуществлялось на основе использования программного обеспечения для полевой документации Sherpa, разработанного в ФГБУ «ВСЕГЕИ» в 2016 году. В качестве мобильных устройств были использованы 3 сотовых телефона на базе операционной системы Android.

Полевые работы на площади листа О-35-ХІ заключались в проведении маршрутных исследований, изучении опорных разрезов, горных работ (проходке расчисток), различных видах опробования и обследований и полевой камеральной обработки материалов.

Маршруты проведены для уточнения геологической карты дочетвертичных образований и карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения, увязки геологических данных, полученных по ранее проведенным работам. В процессе маршрутов велась непрерывная документация точек наблюдения, обнажений и фотодокументация.

Перед проведением полевых геологических маршрутных наблюдений необходимо загрузить на мобильное устройство навигационную основу, привязанную к используемой в проекте системе координат. На мобильный телефон были сохранены географически привязанные растровые изображения топографической основы и карт дочетвертичных и четвертичных образований масштаба 1:200000. Формирование навигационной основы обеспечивается приложением SherpaProject, которое устанавливается на стационарном компьютере или ноутбуке.

В период полевого этапа используется приложение Sherpa-Android версии 2.0.02 beta, разработанной в 2019 году.

Основой для процесса фиксации полевых наблюдений являются маршруты наблюдений, каждый из которых характеризуется своим номером, автором, датой прохождения маршрута, целью и заключительной информацией. Приложение при подключении к GPS позволило ориентироваться на местности с использованием спутниковой привязки текущей позиции и автономной навигационной основы, автоматически вести и записывать геологические маршруты и отмечать точки опорных разрезов, водопунктов – колодцев и родников, проведения горных работ и различных видов опробования (рис.1). Кроме того, проводилась фотофиксация точек наблюдения с детальным описанием снимков.

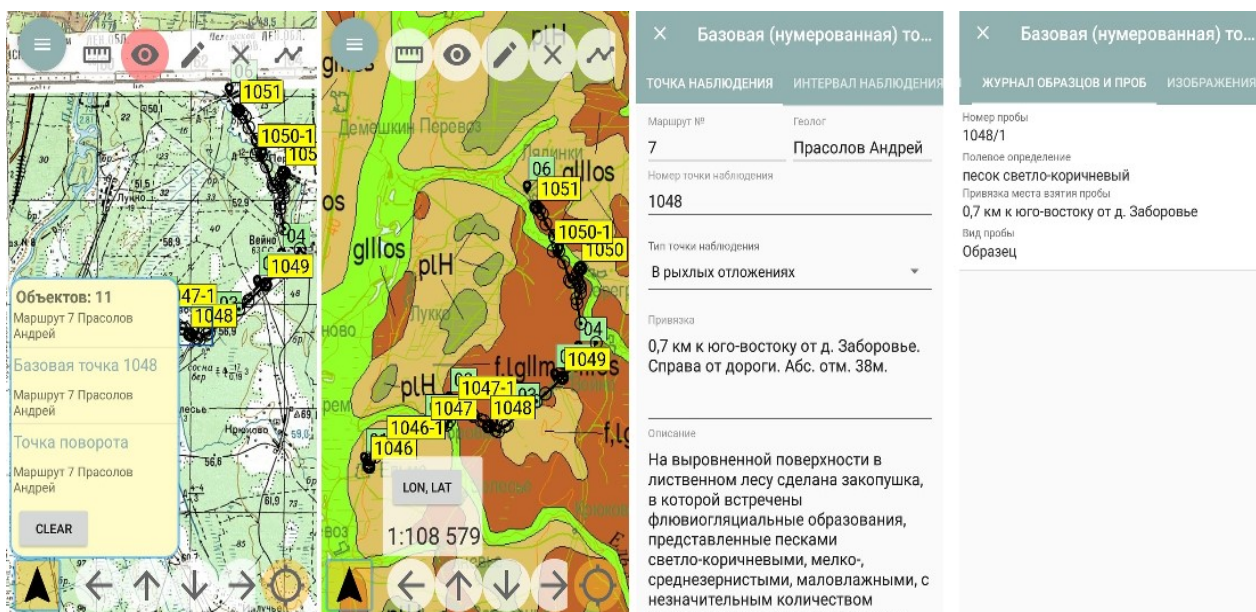


Рис. 1. Приложение Sherpa в мобильной системе Android

Все исходные данные и результаты полевых наблюдений, относящиеся к исследуемой территории, находятся в папке Sherpa-проект, именно в этой папке накапливаются сведения о маршрутах, координаты точек наблюдения и их описание [1].

По окончании полевых работ с помощью программного обеспечения Sherpa суммарно было проведено 24 геолого-съёмочных маршрута, зафиксировано: 227 точек наблюдения, 136 точек отбора проб и 212 фотоснимков. Полученные данные выгружались в SherpaProject, откуда были представлены в виде shape-файлов в комплексе ArcGIS (рис. 2) с автоматическим созданием базы данных в формате Microsoft Office Access, журнала образцов и полевых журналов в формате документа Microsoft Office Word, в соответствии с требованиями отраслевых нормативных документов [2,3]. В результате, в период постполевой обработки была сформирована карта фактического материала по результатам выполненных работ и составлен стандартный набор полевой документации в виде полевых журналов.

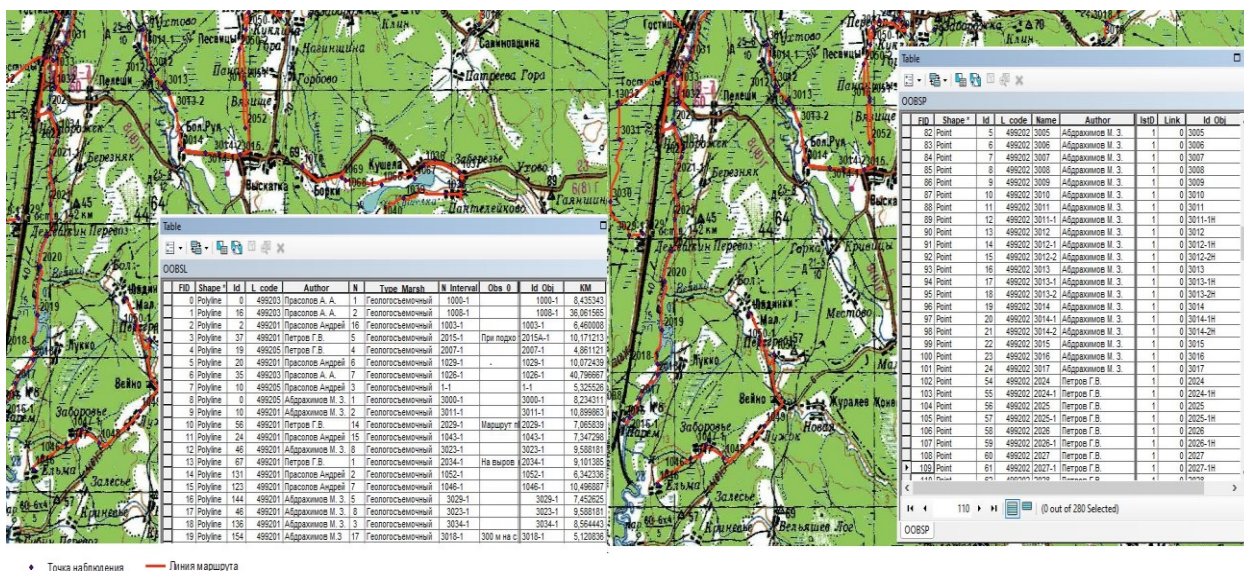


Рис. 2. Загруженные в программу ArcGIS share-файлы маршрутов наблюдения и точек опробования

На основании результатов эксплуатации технологии проведения полевых работ, необходимо отметить, что применение мобильных устройств способствует повышению эффективности работы, значительно сокращает трудозатраты при формировании результирующих баз первичных данных и карт фактов. Таким образом, одно небольшое устройство в перспективе может заменить используемые в настоящее время бумажные картографические материалы, устройства спутниковой навигации и фотоаппараты.

Литература

1. Технология использования мобильных устройств при проведении ГРР. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2018. 19 с.
2. Методические рекомендации по составу и структуре сопровождающих и первичных баз данных ГК-200/2 и ГК-1000/3. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 55 с.
3. Методические рекомендации по цифровым формам ведения геологической документации при ГСР 200. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 79 с.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АТАСУЙСКОГО ТИПА

Әйткен Манарбек Қайраұлы

Қарағандынский техникский университет, магистрант, 2 курса

2019-2021г.,

г. Қарағанда

e-mail: Aitken.m@inbox.ru

*Научный руководитель: старший преподаватель, PhD доктор,
Пономарева Екатерина Вадимовна*

Аннотация: В статье рассмотрены особенности формирования железорудных месторождений на примере Атасуйского рудного района. Данная территория находится в 200-250 км от Караганды и является основной сырьевой базой Темиртауского металлургического комбината. Атасуйский рудный район относится к стратиформному типу и связан парагенетически с глубоководными кремнисто-карбонатными отложениями фаменского яруса верхнего девона. Объектами исследования являлись железосодержащие оруднения, которые состоят из гематита, кальцита и кварца, в качестве аксессуарных минералов в них диагностированы галенит, мусковит, альбит, барит, апатит и свабит.

Ключевые слова: железо, железосодержащие оруднения, Атасуйский рудный район, атасуйский тип.

GENETIC FEATURES OF THE ATASUI TYPE IRON ORE DEPOSITS

Aitken Manarbek Kairatuls

Karaganda Technical University, 2nd year Master's Degree Student,

Karaganda

e-mail: Aitken.m@inbox.ru

Research Supervisor: Doctor PhD, Senior Lecture Yekaterina Ponomareva

Abstract: The features of the formation of iron ore deposits on the example of the Atasu ore region were discussed in this article. This territory is located 200-250 km from Karaganda and it is the main raw material base of the Temirtau Metallurgical Combine. The Atasu ore region belongs to the stratiform type and is associated paragenetically with deep-water siliceous-carbonate deposits of the Famennian stage of the Upper Devonian. The objects of study were iron-bearing minerals, which consist of hematite, calcite and quartz; galena, muscovite, albite, barite, apatite and svabite were diagnosed as accessory minerals in them.

Keywords: iron, iron containing mineralization, Atasu ore region, Atasu type.

В Казахстане широко распространены стратиформные железо-марганцевые оруднения. В каждом регионе эти оруднения относятся к грабенсинклинальным структурам, которые образовались на коре континентального типа в процессе рифтогенной отраженной активизации со смежной геосинклинальной областью.

Рудоносные грабенсинклинали и мульды трассируют разно ориентированные разломы и зоны их сопряжения. Формирование этих структур завершилось до широкого проявления орогенного гранитоидного магматизма, сыгравшего роль активного мобилизатора исходного сингенетического оруднения. На площади рудоносных мульд стратиформные руды сконцентрированы в локальных конседиментационных впадинах вблизи полей активной подводной гидротермальной деятельности.

Как известно, железо-марганцевые месторождения формировались в два этапа. К первому этапу следует отнести возникновение стратиформного оруднения в рудоносных грабен-синклинальных структурах. На втором этапе происходило развитие метасоматических руд за счет мобилизации исходного сингенетического оруднения. К источникам мобилизации можно отнести

гранитоидные интрузии и высокотемпературные флюиды, которые поступали из глубинных источников магматической активизации.

Целью данной работы является изучение генетических особенностей железосодержащих оруднений в Атасуйском районе как для оценки запасов железа, разработки технологии добычи и переработки руд с целью организации промышленной добычи железной руды, что позволит обеспечить мощность металлургических предприятий Карагандинского региона. Важно отметить, что современная технология отработки крупного месторождения немислима без всестороннего исследования минералого-петрографических, технологических и геохимических свойств руд.

В основном, в этом районе сосредоточены стратиформные железосодержащие полиметаллические месторождения, которые имеют важное хозяйственное значение для страны. К примеру, в месторождении Ушкатын III попутно добывают железные руды, в которых содержится 40,76% железа, 1,61% марганца и другие сопутствующие металлы [1]. Атасуйский район включает более 20 месторождений и рудопроявлений. На сегодняшний день на данной территории самыми крупными являются месторождения железо-марганцевых руд: Западный Каражал, который в разработке ТОО «Оркен» компании «Арселор Миттал Темиртау», Восточный Каражал, Большой Ктай, Ушкатын (занимается разработкой этого региона компания АО «Жайремский ГОК» ТОО «Казцинк»).

Несмотря на весь накопленный фактический материал и научный потенциал знаний в области геологии железорудных месторождений, остаются нерешенными многие вопросы железосодержащего рудогенеза. В основном, это касается исследования генетических особенностей формирования и состава подобных оруднений Атасуйского района [2].

Актуальность статьи состоит в исследовании геодинамических условий и уточнения особенностей образования железных оруднений. Полученные результаты существенно дополняют представления о генезисе железорудных месторождений Атасуйского типа, а также могут быть использованы для оценки поисков и прогнозирования железистых руд. В случае промышленного освоения территории особую актуальность приобретают вопросы дополнительного расширения сырьевой базы на изучаемой территории на основе полученных результатов.

Атасуйский рудный район находится в северной части Жезказганской области Республики Казахстан (рисунок 1). Территория имеет площадь в пределах 7245 кв.км. В рельефе сочетаются мелкосопочник, холмы и равнины, а также имеется слабо развитая речная сеть, представленная пересыхающими речками и сезонными потоками, которые действуют, в основном, в период весеннего снеготаяния.

В основном, в Атасуйском районе присутствуют комплексные гидротермально-осадочные и гидротермально-метасоматические стратиформные месторождения свинцово-цинковых и железо-марганцевых руд Атасуйского генетического типа. Следует отметить, что все месторождения Атасуйского типа находятся в морских карбонатных отложениях фаменского яруса [3].

Месторождения и рудопроявления Атасуйского типа по происхождению осадочно-метаморфизованные, расположены на крыльях Джаильминской синклинали среди кремнисто-карбонатных пород нижнего карбона. Кроме того, здесь присутствуют полого- и крутопадающими пластообразными залежами магнетитогематитовых руд, переходящих в железомарганцевые и марганцевые руды мощностью от 2 до 50 м, протяжённостью несколько км. Следует отметить, что марганцевые руды местами образуют самостоятельные залежи.

Обогащенные железом отложения представлены собственно железными рудами и тесно ассоциирующими с ними, гематиткальцитовыми породами. Железные руды состоят из гематита, кальцита и кварца, в качестве аксессуарных минералов в них диагностированы галенит, мусковит, альбит, барит, апатит и свабит.

При проведении разведочных работ на железорудных месторождениях и поисках железорудных оруднений используются геофизические методы. Среди них наиболее результативным и эффективным считается магниторазведка. При использовании данного метода пласты железных руд показывают локальные положительные магнитные аномалии с интенсивностью от сотен до тысячи нТл.

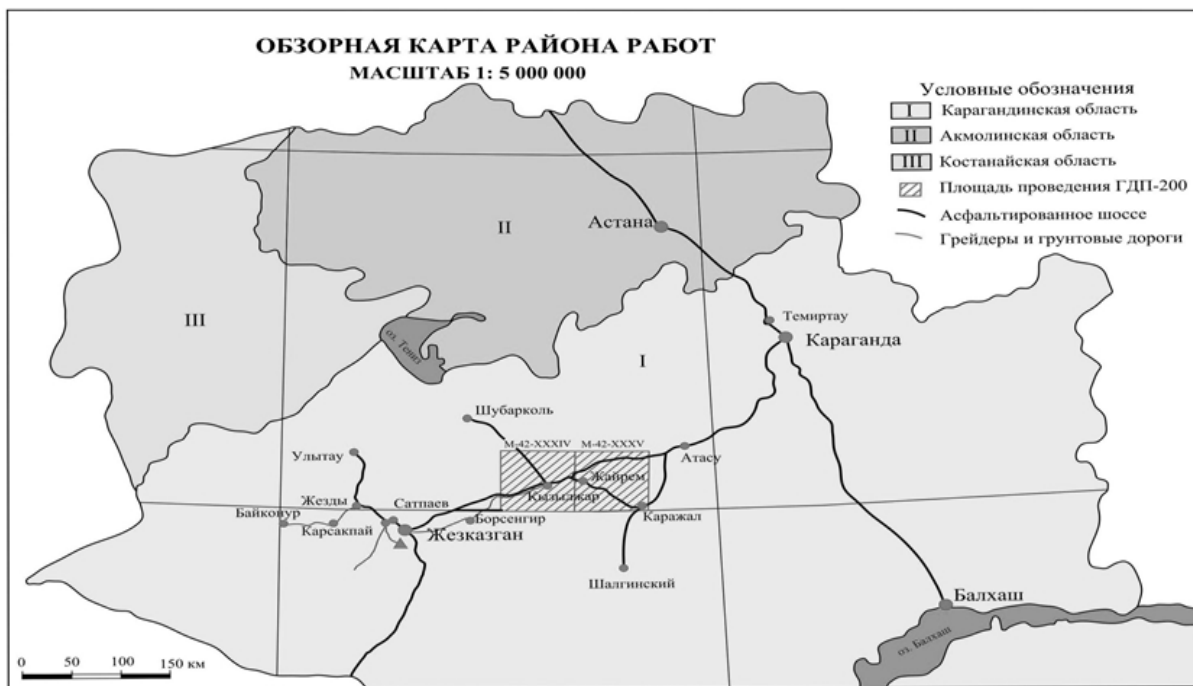


Рис. 1 – Обзорная карта Атаусуйского района

Гравиразведка в условиях Атаусуйского района оказалась менее эффективным прямым методом из-за наличия помех, вызванных покровом разуплотненных пород коры выветривания [4].

Согласно результатам проделанных ранее геофизических и геологических поисков на территории Атаусуйского района можно выделить следующие характерные поисковые признаки:

- большая часть месторождений фиксируется положительными магнитными аномалиями, в некоторых случаях отрицательными [4].

- по диаметру месторождений развиты первичные и вторичные комплексные ореолы рассеяния элементов: свинца, цинка, марганца, ртути, меди, молибдена, кобальта; барит-полиметаллические месторождения сопровождаются обширными ореолами пиритизированных, окварцованных, баритизированных пород, которые иногда в несколько раз превышают площадь развития полиметаллического оруденения;

- происходит образование коры выветривания с глубокими впадинами (средние размеры в пределах 200-340 м), которая возникает из-за большой агрессивности подземных вод в районе полиметаллических месторождений;

- резкие колебания мощности коры выветривания над месторождениями вызывают невыдержанность поля силы тяжести, т.е. зоны больших градиентов в противоположность спокойному полю над безрудными площадями;

- имеются узлы сопряжения складок различного простирания и дизъюнктивных нарушений, к которым зачастую приурочено оруденение, а также фиксируются интенсивно изрезанными магнитными и гравиметровыми аномалиями, что позволяет распознавать такие участки под покровом кайнозойских отложений.

Наличие в комплексе нескольких вышеперечисленных рудоконтролирующих факторов и поисковых признаков позволяет легко выявить перспективные площади, содержащие полиметаллические залежи, это в свою очередь позволяет распознавать такие участки даже под покровом кайнозойских отложений.

Становление оруденения в месторождении Атаусуйского типа происходило в три этапа [5]:

- 1) Первый – седиментационный гидротермально-осадочный. Здесь происходит формирование седиментных железных и марганцевых, а также менее насыщенных свинцово-цинковых и баритовых руд;

- 2) Второй – гидротермально-метасоматический. За счет ремобилизации, регенерации и перераспределения рудных компонентов первого этапа и привноса бария стали образоваться постседиментационные гидротермально-метасоматические руды свинца, цинка, бария.

- 3) Третий – гидротермально-жильный. В данном этапе формируются мелкие линзовидные скопления, жилы и линзы свинцовых, медных и медно-баритовые руды.

Таким образом, в связи с происходившими тектономагматическими процессами в нижнем-среднем девоне на территории Атасуйского района произошло локальное увеличение мощности базальтового слоя земной коры и это привело к активации вулканической деятельности. В свою очередь, активация вулканических процессов в верхнем фамене определило на некоторых участках интенсивное прогибание морского дна впадины и накопление железосодержащих оруденений в Атасуйском районе в наиболее прогнутых частях [6]. Комплексные стратиформные руды железа и других спелаллов находятся в глубоководных кремнисто-глинисто-карбонатных и углеродисто-карбонатно-кремнистых породах, в некоторых случаях в рифогенных известняках и сосредоточены в узлах сочленения рифтогенных и поперечных трансформных разломах. Следует отметить, что оруденения атасуйского типа имеют комплексный характер, поэтому в них помимо железа присутствуют различные полиметаллические компоненты, к примеру, марганец, бариты, свинец, цинк и т.д.

Главной задачей дальнейших геологических исследований в Атасуйском рудном районе можно считать наращивание сырьевой базы черной и цветной металлургии путем поисков и разведки месторождений Атасуйского типа. Необходимо продолжать поиски не только железорудных месторождений, но и других полиметаллических руд. Также следует продолжить поиски молибдена и вольфрама в интрузивных зонах гранитных массивов, золота в гидротермально-метасоматически измененных гранитоидах девона и осадочных породах нижнего палеозоя, месторождений подземных вод и строительных материалов.

Литература

- 1. Атлас моделей месторождений полезных ископаемых Казахстана. Алматы, 2004. 140 с.*
- 2. Кулешов В.Н. Месторождения марганца. Сообщение 1. Генетические модели марганцевого рудогенеза // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 5. С. 527-550.*
- 3. Васюков Ю.А., Болдырев В.Б. Государственная геологическая карта Атасуйского рудного района. Масштаб 1:50 000. Объяснительная записка. Ленинград, 1991. С. 214.*
- 4. Ботвинкина Л.Н., Ритмит – особый текстурный тип породы смешанного состава // Литология и полезные ископаемые. 1972. №5. С. 3-16.*
- 5. Соколова Е.А. Об условиях формирования отложений верхнего девона и нижнего карбона и связанных с ними железо-марганцевых руд в Джайльминской мульде // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1958. №5. С.23-29.*
- 6. Натаров А.Г. Атасуйская рудно-магматическая система (Центральный Казахстан) // Генетические модели эндогенных рудных формаций: Тезисы докл. Новосибирск. 1985. С.52-54.*

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

РАЗДЕЛ 2:

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

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

Section 2:

УДК 552.331

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД САКУНСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Досжанов Сергей Игоревич

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, магистрант 1 курса,
г. Томск*

e-mail: doszhanov.sergey@yandex.ru

Дегтярёв Денис Евгеньевич

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, магистрант 1 курса,
г. Томск*

e-mail: dde02602@outlook.com

Афонин Игорь Викторович

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, молодой ученый,
г. Томск*

e-mail: heaven05@list.ru

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

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию петрографических и петрохимических характеристик пород Сакунского массива. По результатам работ были определены основные и вторичные минеральные ассоциации пород и установлены их петрохимические особенности. Показаны основные тренды кристаллизационной дифференциации исходного расплава.

Ключевые слова: пуласкиты, псевдолейцитовые сиениты, либнеритизация, петрография, петрохимия, Сакунский массив.

MINERAL AND PETROCHEMICAL FEATURES OF THE ROCKS OF THE SAKUN MASSIF (EASTERN TRANSBAIKALIA)

Sergey Doszhanov

*National research Tomsk state university, 1st year Master's Degree Student,
Tomsk*

e-mail: doszhanov.sergey@yandex.ru

Denis Degtyaryov

*National research Tomsk state university, 1st year Master's Degree Student,
Tomsk*

e-mail: dde02602@outlook.com

Igor Afonin

*National research Tomsk state university, Young Researcher,
Tomsk*

e-mail: heaven05@list.ru

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

Abstract: This work is devoted to the study of the petrographic and petrochemical characteristics of the rocks of the Sakun massif. Based on the results of the work, the main and secondary mineral associations of rocks were identified and their petrochemical features were established. The main trends in crystallization differentiation of the initial melt are shown.

Keywords: pulaskites, pseudoleucite syenite, libneritization, petrography, petrochemical, Sakun massif.

Сакунский массив находится на северо-востоке Удоканского хребта в истоках рек Читканда и Саку. Интрузия располагается на границе Намингско-Чарского и Удоканского структурно-формационных блоков. Форма массива охарактеризована как дугообразная. Юго-восток и юг массива сложены щелочными породами подчиняются системе меридиональных разломов, северо-запад и запад – субширотным разломам [2].

По литературным данным форма Сакунского массива характеризуется как пластинообразная, на подобию межформационных трещинных плутонов. Массив сложен разнообразными интрузиями: неправильными трещинными телами, штоками, дуговыми и кольцеобразными телами. В составе Сакунского массива выделяются ханинский нефелин-псевдолейцитовый комплекс, расположенный на юге, и ингамакитский монцонит-граносиенитовый комплекс – в северной части. Установлено четырехфазное развитие для ханинского и ингамакитского комплексов [2].

Целью работы является изучение пород Сакунского массива. Выявление минералого-петрохимических особенностей массива.

Для выявления минералого-петрографических особенностей были описаны шлифы пород массива, а для петрохимических особенностей Сакунского массива был выполнен рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (г. Томск), аналитик Е.И. Никитина.

Образцы были отобраны из пород южной части Сакунского массива в количестве 9 штук. В ниже представленном петрографическом описании были приведены усредненные характеристики по каждой выделенной разновидности.

Псевдолейцитовые сиениты.

Макроскопически породы характеризуются сероватыми оттенками. В текстурном плане породы однородные, массивные. Среди структур отмечают пойкилитовая, симплектитовая и пертитовая (рис. 1 а, б). В составе пород отмечается общее преобладание калиевых полевых шпатов (КПШ), представленных микроклином (порядка 50 %), менее распространенным является псевдолейцит до 30 %. Среди второстепенных минералов можно отметить нефелин (до 10 %), а также биотит и андрадит (до 5 % каждый).

Вторичные минералы представлены либнеритом, канкринитом, и цеолитами. Либнерит развит в псевдолейцитовых агрегатах. Канкринит преимущественно развит в трещинах, редко образует псевдоморфозы.

Миаскиты.

Макроскопически породы светлоокрашенные мелкозернистые с однородной, массивной текстурой. В шлифах устанавливается гипидиоморфнозернистая структура (рис. 1 в, г). В минералогическом плане отмечается незначительное преобладание КПШ (40 %) над нефелином (30 %) и плагиоклазами (до 20 %). Также в породах отмечается арфведсонит (5 %) и биотит (5 %). По нетипичным для биотита цветам интерференции можно сделать вывод о перенасыщении его калием.

Вторичные минералы представлены канкринитом и цеолитами, которые развиваются по нефелину и полевым шпатам, соответственно. В меньшей степени проявлена либнеритизация в виде мелких чешуйчатых агрегатов зеленого цвета.

Пуласкиты.

Макроскопически породы средне-мелкозернистые, светлоокрашенные с однородной, массивной текстурой. В шлифах структура – гипидиоморфнозернистая (рис. 1 д, е). Породы сложены преимущественно КПШ (70 %), второстепенными являются биотит с эгирином (порядка 10 % каждый), а также отмечается сфен (5 %) и нефелин (5 %). В некоторых зернах КПШ наблюдается иризация, возможно связанная с развитием агрегатов адуляра.

Вторичные минералы представлены канкринитом, развивающимся по нефелину и эгирину, и цеолитами – по полевым шпатам. Редко отмечаются карбонатные минералы – кальцит.

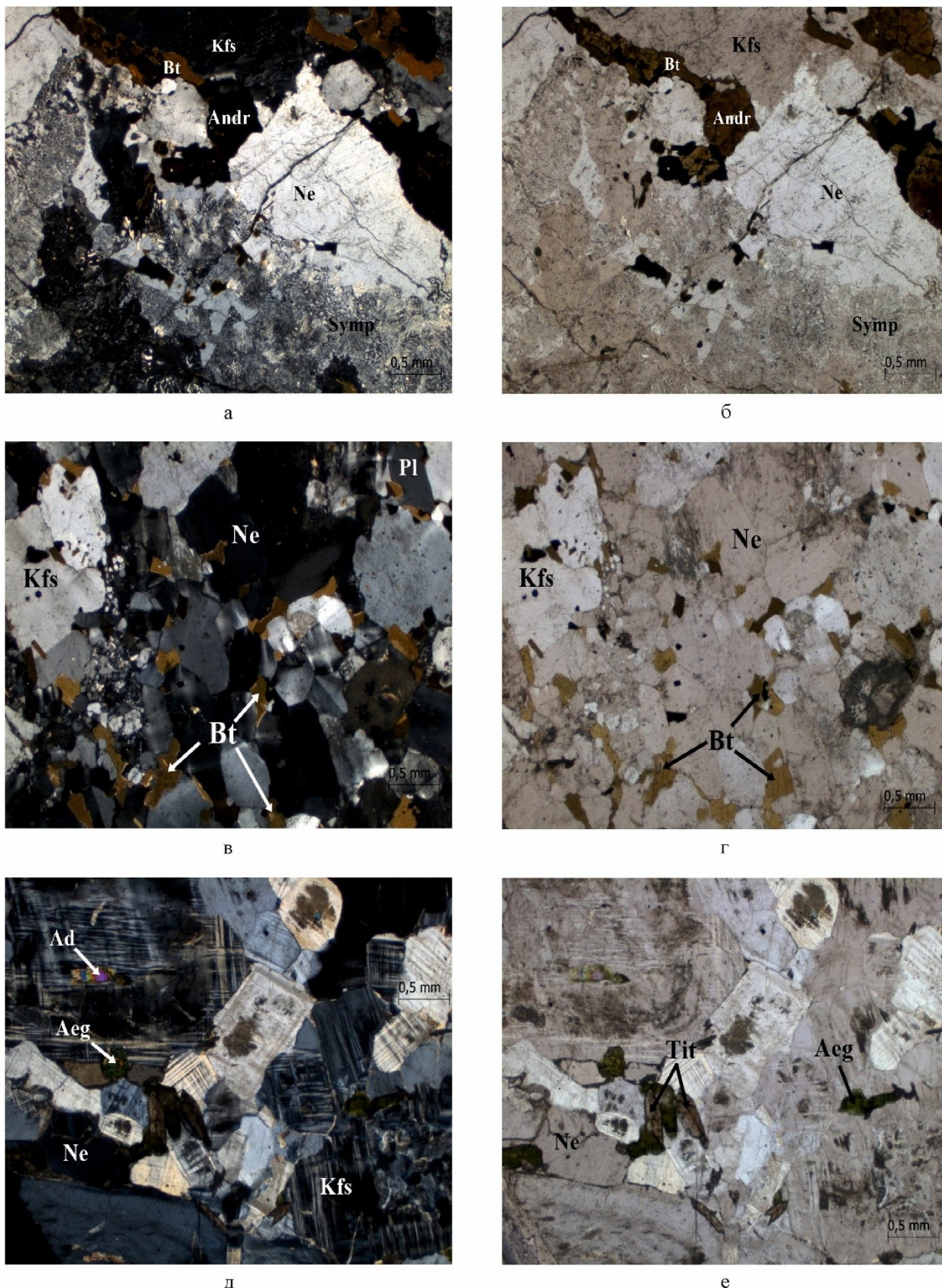


Рис. 1. Горные породы Сакунского массива: псевдолейцитовый сиенит с анализатором (а), без анализатора (б); миаскит с анализатором (в), без анализатора (г); пуласкит с анализатором (д), без анализатора (е).
 Условные обозначения: Kfs – калиевый полевой шпат, Ne – нефелин, Andr – андрадит, Symp – симплектитовые сростания КПШ и кальсилита (±нефелин), Bt – биотит, Pl – плагиоклаз, Aeg – эгирин, Tit – сфен (титанит), Ad – адулярь.

На основе результатов РФА был построен ряд классификационных диаграмм для пород Сакунского массива (рис. 2).

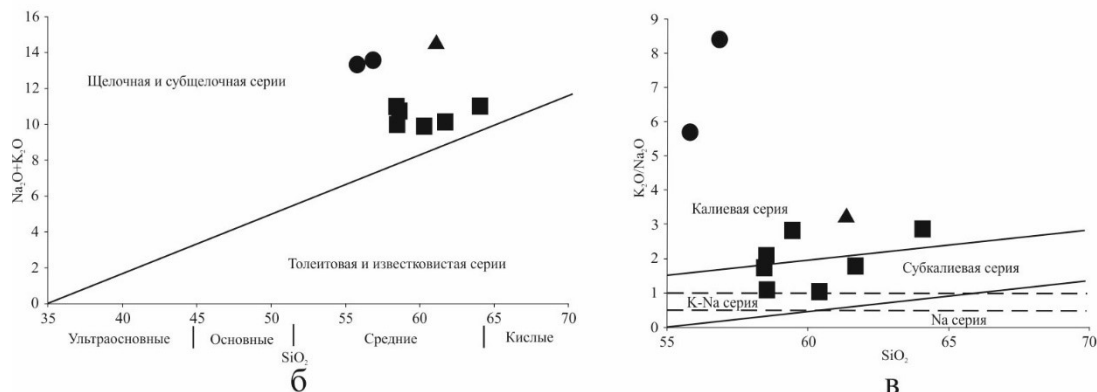
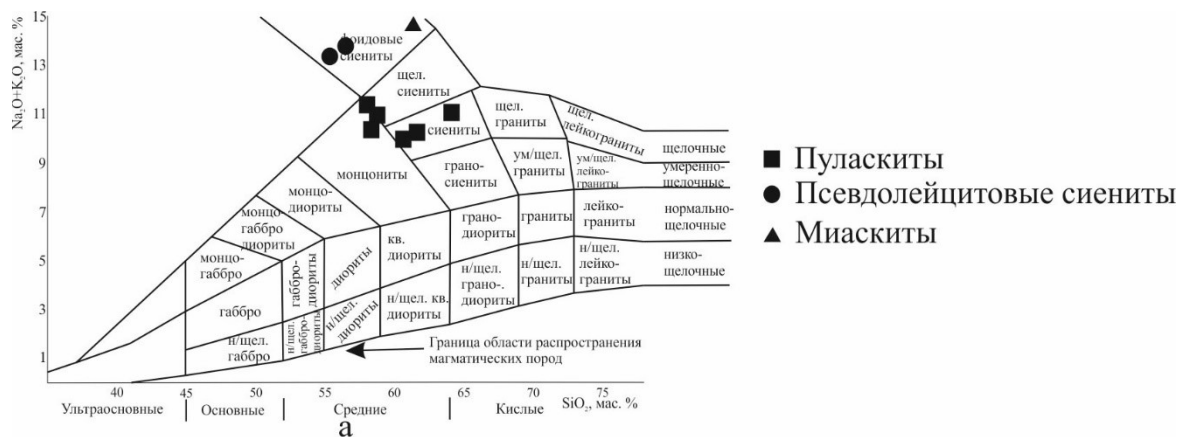


Рис. 2. Классификационные диаграммы для пород Сакунского массива [6].
 а. – TAS-диаграмма; б. – $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$; в. – $(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$

Положение точек на дискриминационных диаграммах (рис. 2 а,б) сосредоточено в области умеренно-щелочной и щелочной серий, в полях монзонитов, сиенитов, фельдшпатоидных и щелочных сиенитов. Занижение щелочности в породах связано с автометасоматозом, а именно с процессом либнеритизации, что подтверждается личными наблюдениями и литературными источниками [2].

На диаграмме (рис. 2 в) видно, что пуласкиты попадают в субкалиевую серию, это обусловлено вторичными изменениями, вероятно, либнеритизацией за счет кислотного выщелачивания, которое снижает содержания K_2O до 5 %. Ряд образцов расположены на границе с K-Na серией, что, вероятно обусловлено наличием плагиоклазов. Псевдолейцитовые сиениты попадают в калиевую серию, за счет высокого содержания K_2O относительно Na_2O , что в свою очередь обусловлено широким развитием фельдшпатоидов.

Для оценки эволюции трендов расплава были построены диаграммы Харкера (рис. 3). По оси ординат откладывались значения оксидов MgO и SiO_2 , а по оси абсцисс – индекс кристаллизации Куно – ИК = $(100 \cdot \text{MgO}) / (\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ [3].

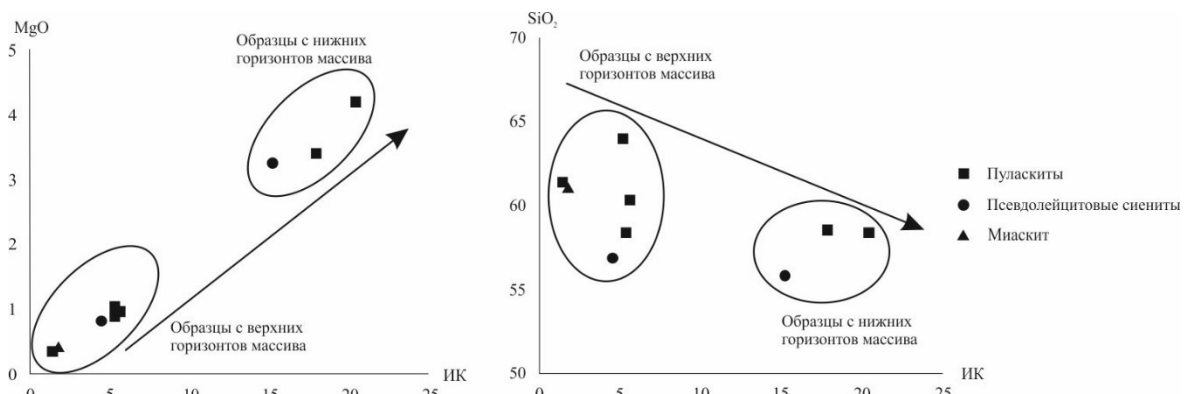


Рис. 3. Диаграммы зависимости MgO и SiO_2 от ИК для исследуемых пород Сакунского массива [3]

На рисунке 3 отмечается положительный тренд для MgO и отрицательный для SiO₂. Предположительно это обусловлено явлением кристаллической дифференциации. Так фемические минералы по мере движения расплава кристаллизовались и опускались вниз, в виду этого верхняя часть обогащалась кремнекислотой.

Согласно данным Голева В.К. явление дифференциации прослеживается по всему массиву. Это фиксируется как в проявлении тонкой полосчатости, так и при формировании крупных ритмов, помимо этого отмечается общее уменьшение содержания мафических минералов от подошвы к кровле разреза. Достаточно крутые углы падения, отсутствие увеличения количества тяжелых минералов в нижних частях каждого слоя полосчатости позволяют сделать вывод о том, что дифференциация происходила в процессе движения расплава, а не в магматической камере [2].

В результате проведенных исследований были описаны и классифицированы породы Сакунского массива. По результатам петрографического анализа были выделены пуласкиты, миаскиты и псевдолейцитовые сиениты. Для всех изученных пород характерно широкое развитие вторичных минералов, представленных либнеритом, канкринитом и цеолитами. Изменение пород происходило предположительно за счет процессов автотасоматоза. Процессы, связанные с либнеритизацией, оказывают отрицательное влияние на технологические свойства руд и на использование их в качестве безхлорного калийного удобрения.

Согласно петрохимической классификации отмечается не сходимость результатов с петрографическим анализом, что объясняется вышеперечисленными вторичными процессами. Анализ диаграмм Харкера позволил уточнить особенности дифференциации расплава, выраженные в кристаллизационном фракционировании фемических и салических минералов, что в свою очередь подтверждает литературные данные [2].

Работа выполнена в рамках Госзадания Министерства Науки и высшего образования РФ (проект № 0721-2020-0041).

Литература

1. Базарова Т.Ю., Жидков А.Я., Костюк В.П., Орлова М.П., Панина Л.И. / Калиевый щелочной магматизм Байкала-Становой рифтогенной системы. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. - 239 с.
2. Голев В.К. Отчет о поисках ультракалиевых пород, проведенных Нерудной партией в 1979-81 гг. на площади Сакунского щелочного массива. Чита. 1981. 189 с.
3. Практическая петрология: методические рекомендации по изучению магматических образований применительно к задачам госгеолкарт. — СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2017. 168 с.
4. Чернышов А.И. Магматические горные породы /А.И. Чернышов. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. — 182с.
5. Чернышов А.И. Структуры и текстуры магматических и метаморфических горных пород /А.И. Чернышов, П.А. Тишин, И.В. Вологодина. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. — 136с.
6. Шарпенко Л. Н., Костин А. Е., Кухаренко Е. А. TAS-диаграмма сумма щелочей — кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород // Регион. геология и металлогения. 2013. № 56. — С. 40–50.

ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИЗ ХРОМИТИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Юричев Алексей Николаевич

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, молодой ученый,
г. Томск,*

e-mail: juratur@sibmail.com

Аннотация: Показана впервые выявленная в хромититах Харчерузского ультрамафитового массива Полярного Урала акцессорная золото-серебряная минерализация: Au-Cu-Ag трехкомпонентная система и сульфид серебра – аргентит. Охарактеризованы морфологические особенности и химический состав. Рассмотрены вопросы генезиса.

Ключевые слова: Полярный Урал, ультрамафиты, хромититы, медистое золото, аргентит, химизм, генезис.

GOLD-SILVER MINERALIZATION FROM CHROMITITES OF THE KHARCHERUZ ULTRAMAFITE MASSIF (THE POLAR URALS)

Alexey Yurichev

*National Research Tomsk State University, Young Researcher,
Tomsk,*

e-mail: juratur@sibmail.com

Abstract: Accessory gold-silver mineralization: Au-Cu-Ag three-component system and silver sulfide – argentite, first detected in chromitites of the Kharcheruz ultramafic massif of the Polar Urals, are shown. Morphological features and chemical composition are characterized. Issues of genesis are considered.

Keywords: The Polar Urals, ultramafites, chromitites, copper gold, argentite, chemism, genesis.

На Урале сосредоточено большое количество проявлений золото-серебряной минерализации, в основном мелких по масштабам и локализованных, как правило, в измененных ультраосновных породах. Их распространенность весьма неравномерна – большинство связано с массивами рифейских и раннепалеозойских альпинотипных ультрамафитов и лишь в небольшой степени они находятся в зональных и стратиформных мафит-ультрамафитовых комплексах. Проявления данной минерализации в массивах альпинотипных ультрамафитов наиболее распространены на Южном Урале, на Среднем и Северном Урале – они известны в единичных случаях. Однако в последних широко распространены промышленные золотоносные россыпи водотоков, дренирующих ультраосновные породы [3].

Находки же золото-серебряной минерализации в хромититах из реститовых ультрамафитов – достаточно редкое и крайне слабо изученное явление, которое в отдельных случаях позволяет с достаточной степенью надежности говорить об особенностях их генезиса.

В процессе изучения вещественно состава акцессорной рудной минерализации в густовкрапленных хромититах Харчерузского ультрамафитового массива (Полярный Урал) [4–6] методом рентгеноспектрального микроанализа на электронном сканирующем микроскопе «Tescan Mira 3 LMU» с энергодисперсионным детектор UltimMax100 (Oxford Instruments) в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (г. Томск) автором впервые были выявлены трехкомпонентный твердый раствор Au-Cu-Ag, отвечающий по химическому составу преимущественно медистому золоту (?), и сульфид серебра – аргентит (Ag₂S). Изученные выделения обычно отмечаются в виде единичных обособленных выделений размером первые микроны (максимально до 8 мкм) и в основном приурочены к мелким трещинкам, кавернам в зернах хромитов (рис. 1–2).

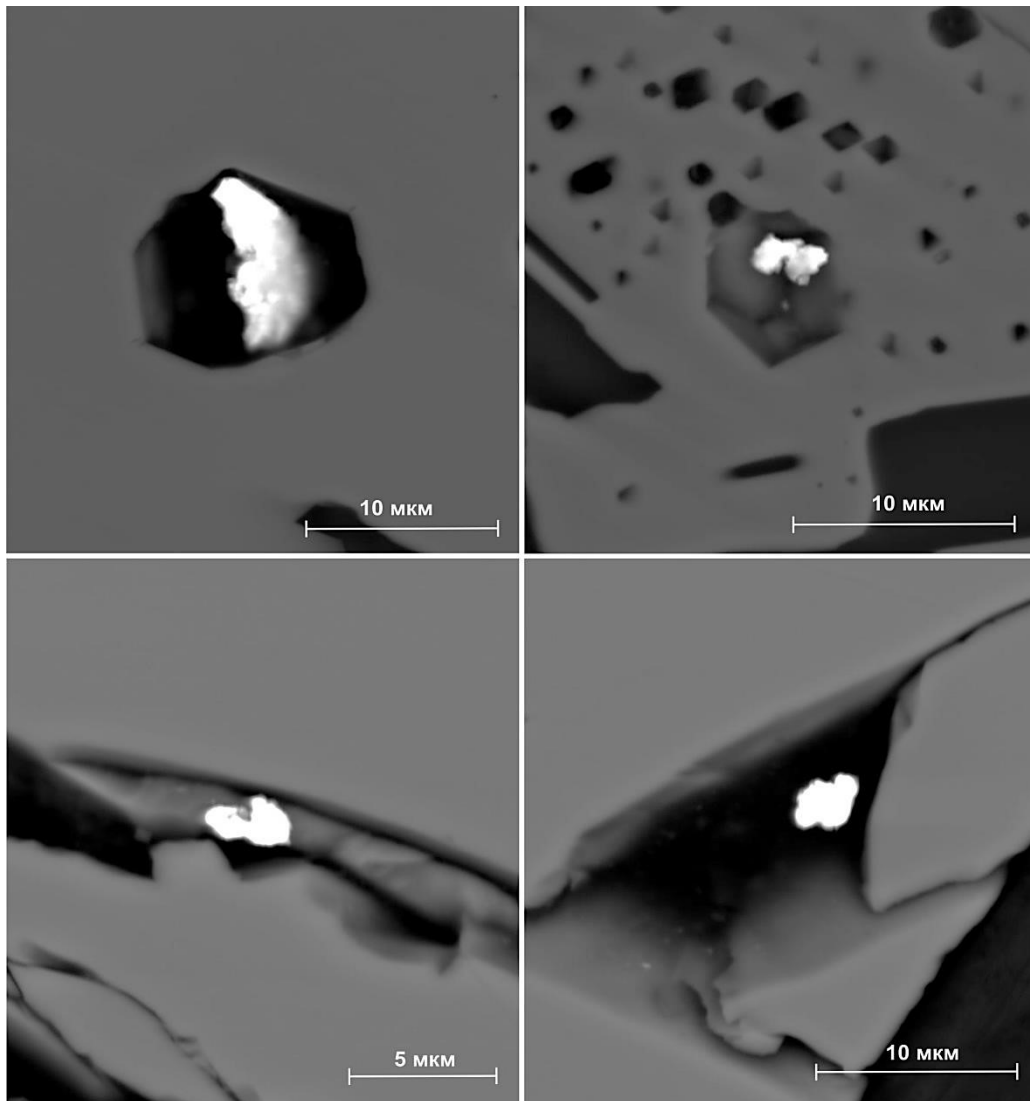


Рис. 1. Микровключения твердых растворов Au-Cu-Ag системы (белое) в хромитовой матрице (серое) густовкрапленных хромититов Харчерузского ультрамафитового массива, режим BSE

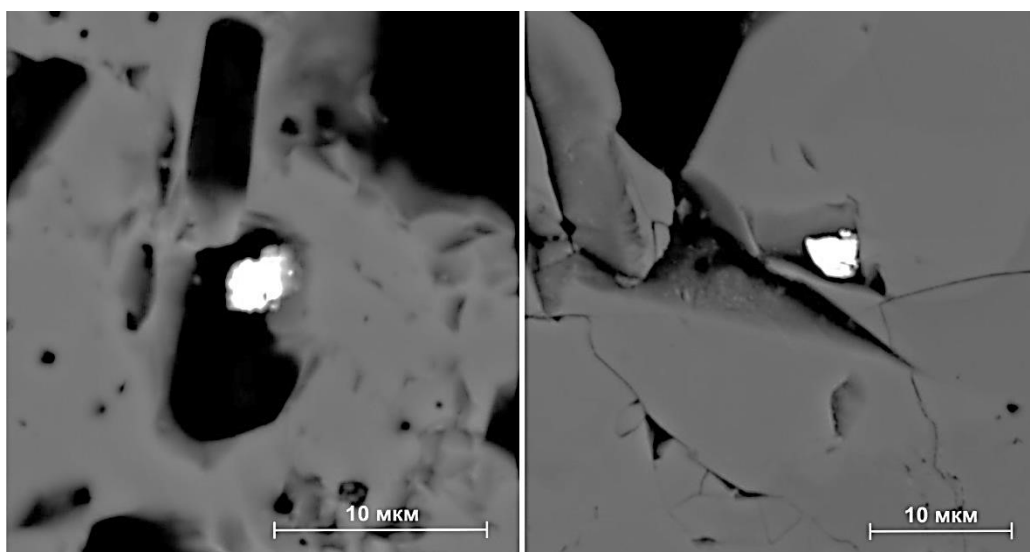


Рис. 2. Микровключения аргентита (акантита?) (белое) в хромитовой матрице (серое) густовкрапленных хромититов Харчерузского ультрамафитового массива, режим BSE

Обнаруженные природные сплавы Au-Cu-Ag имеют неправильную, комковатую форму, с вмято-пластичной, чешуйчатой скульптурой отдельных индивидов (рис. 1). В их составе преобладает золото (54,9–60,4 %) и медь (29,5–38,1 %), постоянно отмечается примесь серебра (6,0–8,2 %) (табл. 1). В отношении других элементов выявленная триада является «стерильной». Подобная особенность отличает выделенное медистое золото (?) от ранее обнаруженных А.Б. Макеевым двух золотин в протолочковой пробе оливин-антигоритовой породы в расположенном рядом Сыум-Кеу ультрамафитовом массиве, в которых наряду с медью и серебром также отмечена примесь палладия [2].

Таблица 1
Химический состав медистого золота из хромититов Харчерузского ультрамафитового массива, вес. %

Образец	Au	Cu	Ag	Сумма	Формула
1	56,56	36,51	6,26	99,33	Cu _{0,63} Au _{0,31} Ag _{0,06}
2	57,06	34,77	6,64	98,48	Cu _{0,61} Au _{0,32} Ag _{0,07}
3	60,25	32,25	7,11	99,61	Cu _{0,58} Au _{0,35} Ag _{0,07}
4	58,54	34,88	6,84	100,26	Cu _{0,60} Au _{0,33} Ag _{0,07}
5	58,14	35,40	6,58	100,12	Cu _{0,61} Au _{0,32} Ag _{0,07}
6	55,22	38,09	6,64	99,95	Cu _{0,64} Au _{0,30} Ag _{0,06}
7	59,01	33,45	7,52	99,98	Cu _{0,59} Au _{0,33} Ag _{0,08}
8	57,93	34,10	7,36	99,4	Cu _{0,60} Au _{0,33} Ag _{0,07}
9	59,34	32,99	7,67	99,99	Cu _{0,58} Au _{0,34} Ag _{0,08}
10	54,85	36,09	6,55	97,48	Cu _{0,62} Au _{0,31} Ag _{0,07}
11	55,02	38,07	6,03	99,12	Cu _{0,64} Au _{0,30} Ag _{0,06}
12	56,33	37,44	6,26	100,04	Cu _{0,63} Au _{0,31} Ag _{0,06}
13	60,12	32,12	7,98	100,22	Cu _{0,57} Au _{0,35} Ag _{0,08}
14	59,82	31,37	8,17	99,35	Cu _{0,56} Au _{0,35} Ag _{0,09}
15	60,41	30,81	8,04	99,25	Cu _{0,56} Au _{0,35} Ag _{0,09}
16	60,28	29,48	7,62	97,38	Cu _{0,55} Au _{0,37} Ag _{0,08}
17	60,23	30,65	7,59	98,47	Cu _{0,56} Au _{0,36} Ag _{0,08}
18	57,77	35,41	6,46	99,64	Cu _{0,61} Au _{0,32} Ag _{0,07}
19	57,44	36,59	6,39	100,42	Cu _{0,62} Au _{0,32} Ag _{0,06}
20	58,41	32,28	7,91	98,60	Cu _{0,58} Au _{0,34} Ag _{0,08}

Прослеживается связь по взаимному нахождению медистого золота с минералами ЭПГ – сульфиды лаурит-эрликманитового ряда, преимущественно осмиевой специализации. При этом в составе таких сульфидов также постоянно присутствует незначительное количество меди (до 2,9 %).

Аргентит (акантит?) отмечается в виде мелких таблитчатых выделений, размером не более 4 мкм (рис. 2). В его составе нередко диагностируется изоморфная к серебру примесь железа (до 1,4 %) (табл. 2). В отношении остальных элементов минерал является «стерильным». Автором также отмечена связь по взаимному сонахождению аргентита и минералов ЭПГ: все образцы, в которых выявлялся аргентит содержали аксессуарные зерна платиноидов.

Таблица 2
Химический состав аргентита из хромититов Харчерузского ультрамафитового массива, вес. %

Образец	Ag	Fe	S	Сумма	Формула
1	87,22	–	12,34	99,56	Ag _{2,10} S _{0,90}
2	86,73	–	12,95	99,68	Ag _{1,99} S _{1,01}
3	86,22	–	13,34	99,56	Ag _{1,92} S _{1,08}
4	84,97	1,30	13,75	100,03	(Ag _{1,85} Fe _{0,05}) _{1,90} S _{1,10}
5	85,64	1,43	13,69	100,76	(Ag _{1,86} Fe _{0,06}) _{1,92} S _{1,08}
6	86,97	0,18	12,41	99,57	(Ag _{2,08} Fe _{0,01}) _{2,09} S _{0,91}
7	86,38	0,87	13,01	100,26	(Ag _{1,97} Fe _{0,04}) _{2,01} S _{0,99}
8	86,51	–	12,76	99,27	Ag _{2,01} S _{0,99}
9	86,18	0,75	12,32	99,25	(Ag _{2,08} Fe _{0,03}) _{2,11} S _{0,89}

Формирование выявленного аргентита автор связывает с наложенными метаморфическими процессами преобразования исходных ультраосновных пород. Однако вопрос о генезисе выявленной Au-Cu-Ag триады остается открытым и требует более глубокого изучения. Ясно одно, что ее нельзя рассматривать в отрыве от характеристики поведения всей группы благородных металлов, выявленных в изученных хромититах Харчерузского массива. Анализ литературы, посвященной происхождению золотой минерализации в ультрамафитах Урала, указывает на доминирующую точку зрения – концентрация подобной минерализации в ультрамафитах происходило в позднюю историю становления массивов альпинотипных ультрамафитов при их метаморфической и метасоматической трансформации. Однако, по мнению автора, не исключено, что выявленные проявления медистого золота относятся к первично мантийному типу, в генезисе которого коровые процессы, связанные с заимствованием металлов из вмещающих пород, не играли какой-либо значимой роли [1]. А, таким образом, первичные геохимические характеристики трехкомпонентного твердого раствора (количественные содержания элементов-примесей в составе описанных золотин) и их сохранность, несут ценную информацию о специфике генезиса родоначального рестита, а также позволяют использовать их в качестве эталонных для сравнительного анализа с аналогичными объектами на этой территории и в пределах других провинций.

Литература

1. Ковалев С.Г., Черников А.П., Бурдаков А.В. Первая находка самородного золота в хромитах массивов Крака (Южный Урал) // Доклады академии наук. 2007. Т. 414. № 3. С. 364–367.
2. Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.
3. Мурзин М.В. Золотое оруденение в ультрамафитах Урала // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения: Сборник трудов конференции. Екатеринбург, 2009. С. 61–64.
4. Чернышов А.И., Юричев А.Н. Структурная эволюция дунитов и хромитов Харчерузского массива (Полярный Урал) // Геотектоника. 2016. № 2. С. 62–77.
5. Юричев А.Н., Чернышов А.И. Хромититы Харчерузского блока массива Сыум-Кеу: вещественный состав и генезис руд (Полярный Урал) // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 8. С. 6–16.
6. Юричев А.Н. Рудные хромитинелиды массивов Сыум-Кеу и Харчерузский: химизм и генетическая природа, Полярный Урал // Руды и металлы. 2017. № 2. С. 51–59.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АПОПЕРИДОТИТОВЫХ СЕРПЕНТИНИТОВ ИЗ ФУНДАМЕНТА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ, ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ

Севостьянова Евгения Вячеславовна

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, магистрант 2
года обучения, г. Томск
e-mail: sevostyanovaevgl@gmail.com*

Юричев Алексей Николаевич

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, молодой ученый,
г. Томск
e-mail: juratur@sibmail.com*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Юричев Алексей Николаевич

Аннотация: В работе показано распределение редких и редкоземельных элементов в апоперидотитовых серпентинитах из фундамента Западно-Сибирской плиты на территории Фестивального нефтяного месторождения Томской области, а также приведено их сравнение с эталонными ультрамафитами Хултурского (фундамент, ХМАО) и Кемпирсайского (Южный Урал) массивов. Сделан вывод о реститогенной природе изученных ультрамафитов.

Ключевые слова: Западно-Сибирская плита, Томская область, фундамент, ультрамафиты, геохимия.

GEOCHEMICAL INTERPRETATION OF APOPERIDOTITE SERPENTINITES FROM FOUNDATION OF THE WEST-SIBERIAN PLATE, TOMSK REGION

Evgeniya Sevostyanova

*National Research Tomsk State University, 2nd year Master's Degree Student, Tomsk,
e-mail: sevostyanovaevgl@gmail.com*

Aleksey Yurichev

*National Research Tomsk State University, Young Researcher, Tomsk,
e-mail: juratur@sibmail.com*

Research supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Aleksey Yurichev

Abstract: In paper shows distribution of rare and rare-earth elements in apoperidotite serpentinites from foundation of the West-Siberian plate on territory of Festivalny oil field of Tomsk region, and also compares them with reference ultramafic rocks of Khultursky massif (foundation, Khanty-Mansi autonomous area) and Kempirsai massif (the South Ural). The conclusion is made about restitogenic nature of studied ultramafites.

Keywords: West-Siberian plate, Tomsk region, foundation, ultramafites, geochemistry.

Мафит-ультрамафитовые офиолитовые комплексы, представляющие собой фрагменты земной коры океанического типа, вскрытые поисково-оценочными скважинами в фундаменте Западно-Сибирской плиты в пределах территории Томской области, к настоящему времени известны на Фестивальной нефтегазоносной площади Каргасокского района, а также на юго-востоке области в окрестностях с. Турунтаево (Яйский офиолитовый комплекс). Если ультрамафиты Яйского офиолитового комплекса подлежали в прошлые годы хоть какому-то петрографическому изучению сотрудниками Томского государственного и Томского политехнического университетов [1–2], то

ультрамафиты Фестивальной площади, поднятые в керне с глубины ~3000-3300 м, остались практически не интерпретированными. Помимо этого до настоящего времени по обоим объектам отсутствуют данные об их химическом составе и возрастных датировках.

В настоящей статье впервые методом ICP-MS анализа изучены ультрамафиты из фундамента Западно-Сибирской плиты на территории Фестивального нефтяного месторождения Томской области. Детальное петрографическое исследование последних позволило выделить среди них гарцбургиты и их серпентинизированные разности и апоперидотитовые серпентиниты. И если первые по петрографическим и геохимическим особенностям явно обладают характеристиками реститовых ультрамафитов, то вопрос генетической природы (магматической или мантийной реститовой) ассоциирующих перидотитов до настоящего исследования оставался открытым.

Для сравнения в качестве эталонов авторами были привлечены данные по перидотитам Хултурского массива, поднятым в керне скважин из фундамента Западно-Сибирской плиты на территории ХМАО, и отнесенные ранее к магматическим кумулятивным образованиям [6], а также данные по ультрамафитам Кемпирсайского ультрамафитового массива Южного Урала, являющегося классическим примером реститового объекта [5, 7].

Нормированные к хондриту спектры распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в изученных апоперидотитовых серпентинитах характеризуются низкими содержаниями РЗЭ в целом (на порядок ниже хондритовой нормы) и имеют слабо выраженную «корытообразную» форму, обусловленную обогащением легкими и тяжелыми РЗЭ по отношению к средним (рис. 1). При этом отмечается интенсивная положительная Eu-аномалия, которую авторы склонны связывать с клинопироксенитом, выступающим в качестве буфера для этого элемента [4]. Увеличение клинопироксенита в количественно-минералогическом составе изученных образцов сопровождается увеличением интенсивности Eu-аномалии.

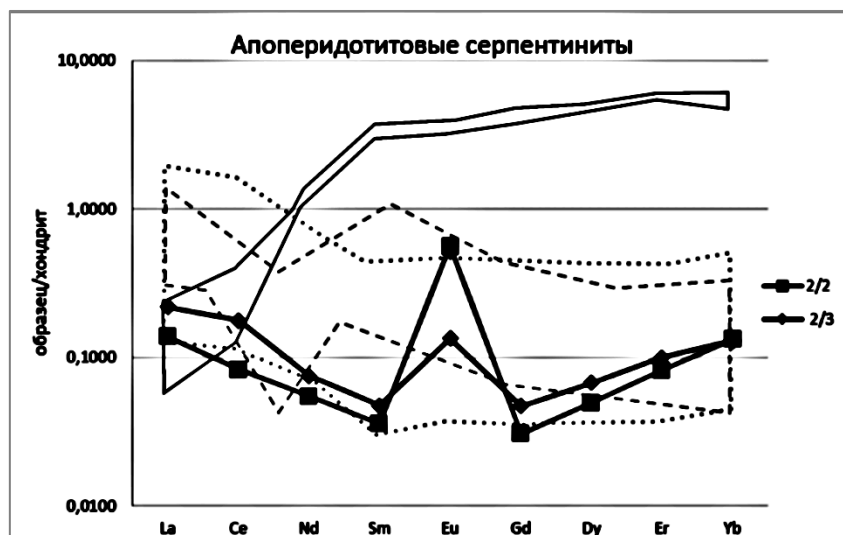


Рис. 1. Распределение содержания редкоземельных элементов в апоперидотитовых серпентинитах из фундамента Фестивального месторождения Томской области, нормированных к хондриту [8]. Здесь и далее поле сплошной линией показывает распределение редкоземельных элементов в клинопироксенитовых перидотитах (лерцолитах) Хултурского массива ХМАО [6]; поле пунктирной линией – распределение РЗЭ в гарцбургитах и апогарцбургитовых серпентинитах Фестивального месторождения; поле точками – распределение РЗЭ в реститовых ультрамафитах Кемпирсайского массива Южного Урала [5]

Выявленные спектры распределения РЗЭ в апоперидотитовых серпентинитах Фестивальной площади Томской области существенно отличаются от подобных спектров для магматических перидотитов Хултурского массива (ХМАО), как по содержанию РЗЭ, так и по своей морфологии, но, при этом, попадают в поля спектров распределения обнаруженных здесь же гарцбургитов и апогарцбургитовых серпентинитов Фестивальной площади, а также реститовых ультрамафитов Кемпирсайского массива Южного Урала (рис. 1). При этом занимаемое апоперидотитовыми серпентинитами нижнее положение в данных полях, очевидно, указывает на их более высокую степень деплетированности.

При нормировании на примитивную мантию, спайдер-диаграммы апоперидотитовых серпентинитов Томской области контрастно отличаются от характера распределения редких и РЗЭ в перидотитах Хултурского массива (ХМАО), характеризуясь, за исключением Sr, Nd и Sm, взаимобратными аномалиями (рис. 2). При этом наблюдаемый интенсивный положительный Ba,

положительный Ta и отрицательный Nb пики, содержание тяжелых РЗЭ, а также в целом близкие содержания редких и РЗЭ сближают изученные апоперидотитовые серпентиниты с гарцбургитами и апогарцбургитовыми серпентинитами этой же площади. Главное отличие заключается в присутствии в апоперидотитовых серпентинитах интенсивной Sr аномалии (очень близкой по значениям перидотитам Хултурского массива), природа которой авторами до конца не изучена.



Рис. 2. Распределение содержаний редкоземельных элементов в породах, нормированные к примитивной мантии [9]

Положение спайдер-диаграмм апоперидотитовых серпентинитов Томской области по отношению к полям гарцбургитов и апогарцбургитовых серпентинитов Фестивальной площади и ультрамафитам Кемпирсайского массива Южного Урала также подтверждает ранее сделанное авторами предположение о более высокой степени деплетированности первых (рис. 2).

В целом, полученные результаты геохимического исследования ультрамафитов фундамента Западно-Сибирской плиты на территории Фестивального нефтяного месторождения Томской области, как гарцбургитов с серпентинизированными разностями, так и апоперидотитовых серпентинитов, предварительно указывают на их единую мантийную реститогенную природу, при которой апоперидотитовые серпентиниты отвечают более деплетированным образованиям. При этом их формирование предположительно происходило в надсубдукционной геодинамической обстановке в процессе закрытия Обь-Зайсанского палеоокеана [3].

Литература

1. Ворошилов В.Г., Коробейников А.Ф., Чернышов А.И., Уткин Ю.В., Боярко Г.Ю., Пшеничкин А.Я., Скогорев А.И. Металлогения (Au, Pt, Pd) магматических комплексов Томь-Яйского междуречья. Томск: STT, 2001. 220 с.
2. Врублевский В.А., Гончаренко А.И. Гипербазиты северного продолжения Кузнецкого Алатау (Томская обл.) // Проблемы геологии и металлогении Сибири: Труды Том. ун-та. Томск, 1969. Т. 203. С. 199–208.
3. Крук Н. Н., Сафонова И. Ю., Куйбида М. Л., Хромых С. В. Эволюция Обь-Зайсанского палеоокеана: новые данные и нерешенные проблемы // Корреляция алтаид и уралид: магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология, геодинамика и металлогения: Материалы Третьей международной научной конференции. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН, 2016. С.111–113.
4. Леснов Ф.П. Редкоземельные элементы в ультрамафитовых и мафитовых породах и их минералах. Новосибирск: Гео, 2007. 403 с.
5. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 320 с.
6. Симонов В. А., Иванов К. С., Ступаков С. И., Ерохин Ю. В., Каячев Н. Ф. Мантийные ультрамафитовые комплексы фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного осадочного мегабассейна // Литосфера. 2012. № 3. С. 31–48.

7. Юричев А.Н., Чернышов А.И., Корбовяк Е.В. Минералы платиновой группы из хромититов Кемпирсайского ультрамафитового массива (Мугоджары, Казахстан): новые данные // Записки Российского минералогического общества. 2019. Т. 148. № 2. С. 76–86.

8. Boynton W.V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies // Rare earth element geochemistry / P. Henderson (ed.). Oxford-Amsterdam: Elsevier, 1984. P. 63–114.

9. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry / Magmatism in the oceanic basins // Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. № 42. P. 313–345.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СИЛИКАТНЫХ МИНЕРАЛОВ УЛЬТРАМАФИТОВ СЕВЕРНОГО КРАКА

Гатауллин Руслан Азатович

1 - Башкирский Государственный университет, магистрант 1 года обучения, г. Уфа

2 – Институт геологии УФИЦ РАН, инженер-исследователь, г. Уфа

e-mail: rusgatln97@gmail.com

Научный руководитель: *д.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, Савельев Дмитрий Евгеньевич*

Аннотация: в данной работе показаны результаты исследований силикатных минералов ультрамафитов Северного Крака. Приведены составы породообразующих и акцессорных минералов: оливина, ромбического и моноклинного пироксенов, плагиоклазов, амфибола. При помощи данных о химическом составе сосуществующих ромбического и моноклинного пироксенов были вычислены температуры установления химических равновесий.

Ключевые слова: ультрамафиты, амфибол, плагиоклаз, оливин, пироксен.

FEATURES OF THE COMPOSITION OF SILICATE MINERALS OF ULTRAMAFIC ROCKS OF THE NORTHERN KRAKA

Ruslan Gataullin,

1 – Bashkir State University, 1st year Master's Degree Student, Ufa,

2 – Institute of geology UFRC RAS, research engineer, Ufa

e-mail: rusgatln97@gmail.com

Research Supervisor: *Doctor of Geology and Mineralogy, senior researcher, Dmitrii Saveliev*

Abstract: This paper shows the results of studies of silicate minerals in ultramafic rocks of the Northern Kraka. The compositions of rock-forming and accessory minerals: olivine, rhombic and monoclinic pyroxenes, plagioclase, and amphibole are given. Using data on the chemical composition of coexisting rhombic and monoclinic pyroxenes the temperatures of establishment of chemical equilibria were calculated.

Keywords: ultramafic rocks, amphibole, plagioclase, olivine, pyroxene.

Офиолитовый массив Северный Крака расположен в Белорецком районе Республики Башкортостан. Он представляет собой тело с размерами 15×18 км [3].

Фактический материал для настоящей работы был получен автором в ходе полевых исследований 2019-2020 гг. в составе отряда Института геологии УФИЦ РАН. Образцы перидотитов отпрепарированы и изучены при помощи классического петрографического метода и электронной микроскопии, состав минералов определялся при помощи ЭДС на СЭМ Vega 3 Tescan sbh в ЦКП «Структурные и физико-механические исследования материалов» (ИПСМ РАН, Уфа).

В данной работе исследовался химический состав силикатных минералов хромититов, дунитов, гарцбургитов, лерцолитов и вебстеритов - оливина, ромбических и моноклинных пироксенов, плагиоклаза, амфибола.

К силикатным минералам ультрамафитов относятся как породообразующие минералы, такие как оливин и пироксены, так и акцессорные – амфиболы и плагиоклазы.

Исследованные оливинны высокомагнезиальные, доля форстеритового минала варьирует в пределах 0,87-0,95 Fo. Отмечено, что магнезиальность оливина гарцбургитов выше, чем оливина лерцолитов. Марганец в количествах выше предела обнаружения содержится в 9,7% анализов, содержание – до 0,37% MnO. Никель в количествах выше предела обнаружения присутствует в большей части образцов, с содержанием до 0,54% NiO.

Ортопироксены исследованных пород по химическому составу охарактеризованы как энстатит, они содержат малые количества кальция и железа. Постоянные примеси – алюминий, хром. Примеси, определённые в незначительном количестве анализов – Na, Ti, Mn. Три анализа ортопироксенов выбиваются из поля энстатита. Это можно объяснить тем, что некоторые зёрна, определённые методом оптической микроскопии как ортопироксен, могут вмещают неопределимые вследствие их размеров включения клинопироксена, увеличивающие долю кальция в анализе.

Клинопироксены по составу характеризуются как авгит и диопсид, доля волластонитового минала варьирует в пределах 0,25 и 0,5. Постоянные примеси – натрий, алюминий, хром. Редко встречающиеся примеси – Ti, Mn, Ni.

Для оценки термодинамических условий образования глубинных пород широко применяется сравнение химических составов сосуществующих минералов конкретного образца с экспериментально определёнными составами данных минеральных систем при данных температурных условиях [1].

При помощи данных о химическом составе сосуществующих ромбического и моноклинного пироксенов были вычислены температуры установления химических равновесий в этих минералах. Средние температуры закрытия обменных реакций между пироксенами хромитита составляет примерно, 1200 °С; для образцов гарцбургита – примерно 1150 °С; для лерцолита – 1100 °С (табл. 1). Учитывая наличие петрографических свидетельств деформации зёрен оливина и пироксенов [2], можно сделать вывод о том, что в становлении пород значительную роль имели процессы пластической деформации.

Таблица 1

Оценка температур образования ультрамафитов по двухпироксеновым геотермометрам Вэллса и Вуда-Банно [5,6]

Порода	Образец	T, Вэллс	T, Вуд-Банно	T, среднее
хромитит	Сек-1776	1224	1199	1211
гарцбургит	Сек-2180	1138	1228	1183
гарцбургит	Сек-2151	1094	1197	1146
гарцбургит	Сек-2185	1052	1142	1097
гарцбургит	Сек-2169	1106	1189	1148
гарцбургит	Сек-2164	1056	1171	1114
гарцбургит	Сек-2201	1162	1176	1169
гарцбургит	Сек-2241a	1220	1380	1300
гарцбургит	Сек-2226	999	1164	1081
лерцолит	Сек-2153	1031	1098	1064
лерцолит	Сек-2152	1066	1164	1115
лерцолит	Сек-2183	1073	1149	1111
лерцолит	Сек-2199-1	951	1091	1021
лерцолит	Сек-2193	1059	1110	1085
лерцолит	Сек-2174	1039	1164	1102
лерцолит	Сек-1771a	1082	1099	1091
лерцолит	Сек-2245	1109	1223	1166
лерцолит	Сек-2247-1	1048	1155	1102
лерцолит	Сек-2264	1028	1148	1088
лерцолит	Сек-2161-1	1023	1105	1064
лерц. шп-плаг	Сек-2166	1293	1145	1219
лерц. шп-плаг	Сек-2178	1017	1155	1086

Плагиоклазы, встречающиеся в лерцолитах, чаще всего ассоциированными с крупными ксеноморфными выделениями хромшпинелидов. Агрегаты плагиоклаза обычно формируют внешнюю оболочку вокруг хромшпинелидов и в большинстве случаев подвержены значительному вторичному изменению с образованием сосюритовых агрегатов.

Исследованные плагиоклазы по химическому составу соответствуют лабрадору и битовниту с долей анортитового минала An от 0,58 до 0,79 (табл. 2.). В некоторых зёрнах отмечен калий, иногда определяются Sr и Fe, что связано скорее всего с «захватом матрицы» хромшпинелидов.

Таблица 2

Состав плагиоклазов из шпинель-плагиоклазовых лерцолитов
Северного Крака (формульные коэффициенты)

образец	Na	Al	Si	K	Ca	An
Сек-2176	0,210	1,844	2,149	-	0,796	0,79
Сек-2176	0,360	1,785	2,129	0,018	0,709	0,66
Сек-2176	0,479	1,783	2,073	-	0,665	0,58
Сек-2160	0,242	1,803	2,206	-	0,750	0,76
Сек-2160	0,340	1,705	2,294	-	0,662	0,66
Сек-2160	0,363	1,734	2,242	-	0,661	0,65
Сек-2160	0,357	1,693	2,307	-	0,643	0,64
Сек-1771a	0,317	1,774	2,195	-	0,714	0,69
Сек-1771a	0,241	1,804	2,203	-	0,753	0,76
Сек-1771a	0,275	1,776	2,234	-	0,716	0,72
Сек-1771a	0,341	1,710	2,299	-	0,650	0,66

Изученные амфиболы относятся, главным образом, к кальциевым амфиболам, реже к кальций-натриевым (по классификации [4]).

Исследования выполнены в рамках темы Госзадания Минобрнауки РФ (№ 0246–2019–0078), электронно-микроскопическое изучение минералов проведено в ЦКП «Структурные и физико-механические исследования материалов» (ИПСМ РАН, Уфа).

Литература

1. Перчук Л.Л., Рябчиков И.Д. Фазовое соответствие в минеральных системах. М.: Недра, 1976. 287 с.
2. Савельев Д.Е. Ультрамафитовые массивы Крака (Южный Урал): особенности строения и состава перидотит-дуниит-хромититовых ассоциаций – Уфа: Башкирская энциклопедия, 2018 – 204 с.4
3. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. — 320 с.
4. Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne W.C., Kato A., Kisch K.J., Krivovichev V.G., Lithout K., Laird J., Mandarino J.A., Maresch W.V., Nickel E.A., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Whittaker E.J.W., Youzhi G. Nomenclature of Amphiboles; Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names // *The Canadian Mineralogist*, 1997. Vol. 35, P. 219-246
5. Wells P.R.A. Pyroxene thermometry in simple and complex systems // *Contrib. Miner. Petrol.*, 1977. V.62. P.129-139.
6. Wood B.J., Banno S. Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationships in simple and complex systems // *Contr. Mineral. Petrol.*, 1973, V.42, P. 109-124.

УДК 552.53

РЕНТГЕНОПЛОТНЫЕ МИКРОВКЛЮЧЕНИЯ В ГИПСЕ КАМСКО-УСТЬИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН

Горюнова Алина Андреевна

*Казанский федеральный университет, магистрант 1 года обучения,
г. Казань*

e-mail: linaa_andreevna@mail.ru

Глухов Михаил Сергеевич

*Казанский федеральный университет, молодой учёный,
г. Казань*

e-mail: gluhov.mixail2015@yandex.ru

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Сунгатуллин Рафаэль Харисович

Аннотация: С помощью оптической микроскопии и рентгеновской компьютерной томографии обнаружены многочисленные рентгеноплотные микровключения в породах Камско-Устьинского месторождения гипса (Республика Татарстан). Микровключения размером от первых десятков до нескольких сотен микрон обладают металлическим блеском, имеют неправильную или кубическую формы. Рамановская спектроскопия показала, что включения представлены пиритом и магнетитом. Предположительно, магнетитовые микровключения имеют космическое происхождение.

Ключевые слова: эвапориты, микровключения, пирит, магнетит, спектроскопия, гипс.

X-RAY DENSITY MICRO-INCLUSIONS IN GYPSUES OF THE KAMSKO-USTINSKY FIELD

Alina Goryunova

*Kazan Federal University, 1st year Master's Degree Student,
Kazan*

e-mail: linaa_andreevna@mail.ru

Mikhail Glukhov

*Kazan Federal University, Young Researcher,
Kazan*

e-mail: gluhov.mixail2015@yandex.ru

Research Supervisor: Doctor of Geographical Sciences, Professor, Rafael Sungatullin

Abstract: Using optical microscopy and X-ray computed tomography, numerous X-ray dense microinclusions were found in the rocks of the Kamsko-Ust'insky gypsum field (Republic of Tatarstan). Microinclusions ranging in size from the first tens to several hundred microns have a metallic luster and are irregular or cubic in shape. Raman spectroscopy showed that the inclusions are pyrite and magnetite. Presumably, magnetite microinclusions are of cosmic origin.

Key words: evaporites, microinclusions, pyrite, magnetite, spectroscopy, gypsum.

Начиная со второй половины XX века, в древних эвапоритах обнаруживаются микровключения в виде магнетитовых сферул [2,5,6,7], которые предыдущими исследователями были идентифицированы как космическая пыль (КП). В последнее время при исследованиях эвапоритов на правом берегу Волги [1] также найдены высокожелезистые сферулы и микрочастицы неправильной формы. Находки КП могут свидетельствовать о притоке космического вещества на поверхность Земли в разные геологические эпохи. Высокая концентрация КП в атмосфере приводит к изменениям в экосистеме планеты, т. к. это связано с уменьшением количества поступающего тепла и последующими похолоданиями [8]. Вышеуказанное подтверждает актуальность исследования необычных микрообъектов в земных породах.

Целью настоящего исследования является изучение рентгеноплотных микровключений в гипсе Камско-Устьинского месторождения, расположенного на правом берегу Волги (Куйбышевское водохранилище) в 60 км южнее г. Казань. Задачи исследования: детальный (через 0,1-0,2 м) отбор и изучение образцов из продуктивного пласта гипса верхнеказанского (средняя пермь) подъяруса, поиск микроинклюдий в образцах, подготовка образцов, исследование микровключений прецизионными методами. Нами отобраны 87 образцов гипса из нижнего продуктивного пласта мощностью 12 м. Породы представлены гипсом с небольшими прожилками и линзами доломитов.

Образцы гипса изучались макроскопически и с применением оптического микроскопа. Внутреннее строение образцов и выделение рентгеноплотных микровключений проводилось с помощью рентгеновского компьютерного томографа PhoenixV|tome|X S 240 (КФУ, оператор Е. О. Стаценко); анализ полученных томографических снимков проведен в программе ImageJ. Минеральный состав микровключений определялся с помощью рамановского спектрометра ViaQontor (Renishaw), оснащенного микроскопом Leica dm2700m (КФУ, аналитик А. В. Низамова).

В настоящей работе представлены результаты исследования 2 образцов гипса с доломитовыми прожилками мощностью 1-3 мм. Анализ томографических снимков (рис. 1) позволил обнаружить в образцах рентгеноплотные микровключения размером от первых десятков до нескольких сотен микрон. При подготовке одного из образцов удалось вскрыть крупную микрочастицу размером 600 x 700 мкм. Микрообъект, обнаруженный в гипсе, обладает неправильной формой, стальным цветом и металлическим блеском и сильно магнитными свойствами (притягивается к стальной игле). На поверхности второго образца в доломитовой прожилке обнаружены скопления кубических микрокристаллов (70 мкм) соломенно-желтого и черного цвета. Было сделано предположение, что обнаруженное микровключение в первом образце является магнетитом, а во втором – пиритом и марказитом. Это нашло дальнейшее подтверждение при проведении рамановской спектроскопии. На рамановских спектрах фиксируется наложение доломита и магнетита для первого образца (рис. 2, а), пирита и гипса для второго образца (рис. 2, б). Включения карбонатов и сульфатов обусловлены микропримесями вмещающих пород на поверхности металлических микрочастиц.

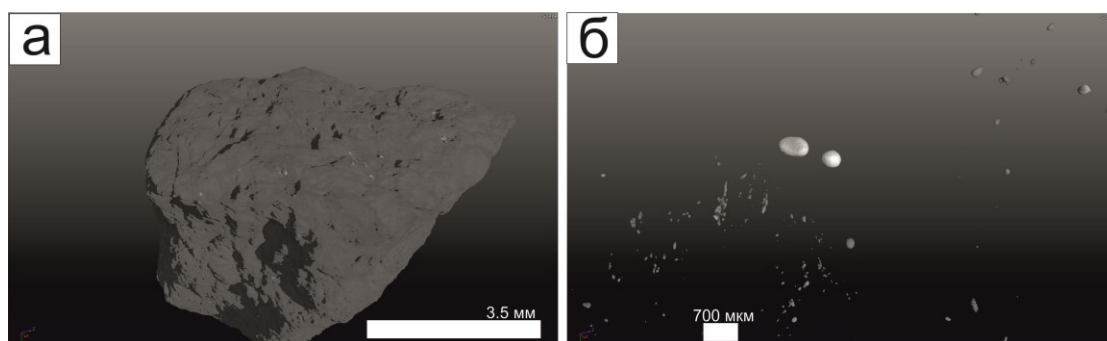


Рис.1 Трехмерные томографические снимки образца гипса:
а – общий вид, б – рентгеноплотные микровключения

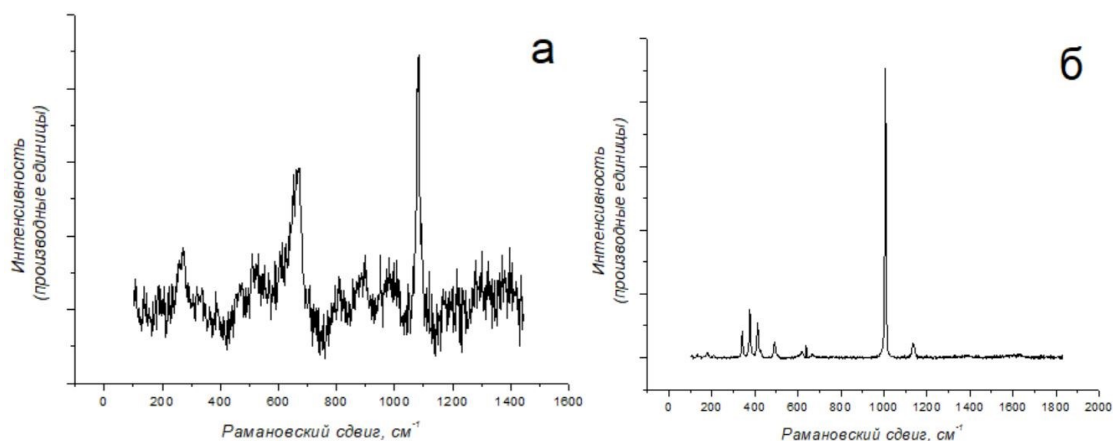


Рис. 2 Рамановские спектры:
а – образец 1 (магнетит с доломитом), б – образец 2 (пирит с гипсом)

Обнаруженные рентгеноплотные микровключения имеют, по-видимому, разное происхождение. Пирит относится к аутигенным минералам эвапоритов, а магнетитовая микрочастица может являться продуктом импактного события в позднеказанское время. Последнее подтверждается более ранними находками в нижнем продуктивном пласте гипса космических микросферул и частиц интерметаллидов [3,4].

Таким образом, совместное использование традиционных и прецизионных методов позволяет достаточно точно идентифицировать минеральный и химический состав рентгеноплотных включений в осадочных породах. В дальнейшем авторами планируется построить трехмерные минералогические карты для отобранных образцов гипса с повышенными концентрациями рентгеноплотных микровключений. Обнаружение подобных скоплений может указывать на катастрофические события в геологическом прошлом Земли и использоваться при проведении стратиграфической корреляции немых толщ.

Литература

1. Глухов М.С., Кадыров Р.И., Низамова А.В. Микросферулы из пермских эвапоритов правобережья Волги: новые данные // *Металлогения древних и современных океанов–2020. Критические металлы в рудообразующих системах. Научное издание.* – Миасс: Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, 2020. С. 253-256.
2. Иванов А.В., Флоренский К.П. Космические шарики в нижнепермских соляных отложениях // *Геохимия*, 1968. №4. С. 483-485.
3. Glukhov M.S., Kadyrov R.I., Sungatullin R. Kh, Gareev B.I., Galiullin B.M., Nizamova A.V., Ibragimov R.L. The use of extraterrestrial microspherules to facilitate correlation of Permian evaporates // *Proceedings Kazan Golovkinsky Young Scientists' Stratigraphic Meeting 2020 «Sedimentary Earth Systems: Stratigraphy, Geochronology, Petroleum Resources».* Kazan, Russian Federation, 26-30 October 2020. Bologna: Filodiritto Publisher, 2020. P. 54-59.
4. Kadyrov R., Glukhov M., Statsenko E., Galiulin B. Enigma of ferruginous inclusions in Permian evaporates // *Arabian Journal of Geosciences*, 2020. V. 13(20). P. 1-17.
5. Mutch T.A. Abundance of magnetic spherules in Silurian and Permian salt samples // *Earth and Planetary Science Letters*, 1966. V. 1. P. 325-329.
6. Mutch, T.A. Extraterrestrial particles in Paleozoic salts // *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1964. V. 119. P. 166–185.
7. Mutch T.A. Magnetic spherules in Silurian salt // *Trans. Amer. Geophys. Union.* 1963. №1.
8. Schmitz, B., Farley, K. A., Goderis, S. et al. An extraterrestrial trigger for the mid-Ordovician ice age: Dust from the breakup of the L-chondrite parent body // *Science Advance*, 2019. V. 5(9). P. 1-10.

ПЕТРОГРАФИЯ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛЕНИЙ РУЧЕЙ И КОАШВА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лунегова Елена Владимировна

Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 4 курса,

Пермь

lunegova502@yandex.ru

Научный руководитель: старший преподаватель Томилина Елена Михайловна

Аннотация: петрографическое изучение нефелиновых сиенитов на примере фосфатных месторождений Олений Ручей и Коашва.

Ключевые слова: магматические породы, нефелиновые сиениты, месторождение Коашва, месторождение Олений ручей.

TERRIGENOUS AND CARBONATE RESERVOIRS OF THE TANYPISK OILFIELD (PERM REGION)

Elena Lynegova

Perm State University, 4th year Student,

Perm

lunegova502@yandex.ru

Research Supervisor: Senior Lecturer, Elena Tomilina

Abstract: Petrographic study of nepheline syenites on the example of the Oleniy Ruchey and Koashva phosphate deposits.

Key words: igneous rocks, nepheline syenites, Koashva deposit, Oleniy Ruchey deposit.

Месторождения Олений ручей и Коашва располагаются в центральной части Мурманской области, на территории Кировского района Мурманской области, в южной части Хибинского массива, в 10 км к востоку от г. Кировск.

Месторождения расположены на юго-востоке тектонически-напряженного Хибинского массива. В геологическом строении месторождений принимают участие палеозойские породы Хибинского щелочного массива, представленные нефелиновыми сиенитами, комплексом ийолит-уртитов, а также рыхлые четвертичные образования.

Для описания были отобраны 6 образцов с месторождения Олений ручей и 4 образца с месторождения Коашва. Породы представлены нефелиновыми сиенитами.

При макроописании образцов было выявлено, что у большинства нефелиновых сиенитов из месторождения Олений ручей структура полнокристаллическая, мелко-, крупно-, гигантозернистая, порфирированная. По текстуре такситовые, плотные, встречаются образцы с однородной структурой. Минеральный состав породы – нефелин – наиболее распространенный минерал, лампрофиллит, астрофиллит, эгирин, также встречаются эвдиалит и апатит, как акцессорный минерал. В некоторых образцах имеются вторичные изменения, такие как канкринитизация и содалитизация (рис.1).

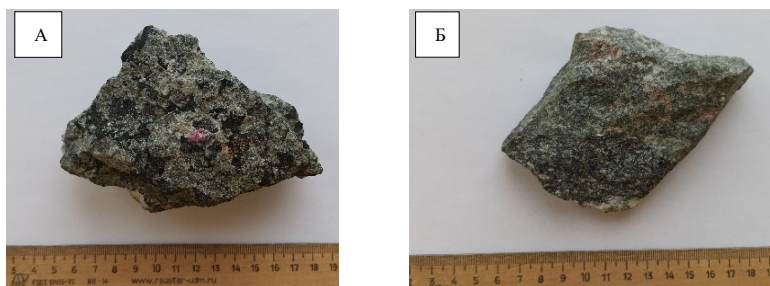


Рис. 1. А) Образец ОР-1 нефелиновый сиенит; Б) Образец ОР-2 нефелиновый сиенит

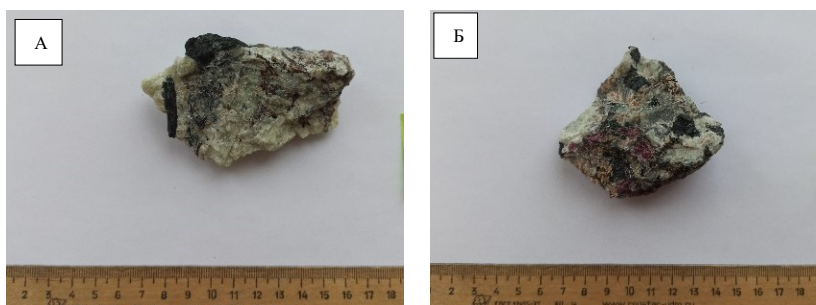


Рис. 2. А) Образец К-1 нефелиновый сиенит; Б) Образец К-2 нефелиновый сиенит.

Нефелиновые сиениты месторождения Коашва полнокристаллические, мелко-, крупно-, гигантозернистые, единичные образцы пегматойдные. По текстуре такситовые, плотные. По минеральному составу содержат в себе эгирин-авгит, нефелин, апатит. Акцессорные минералы разнообразны и обильны, что очень характерно для нефелиновых сиенитов. Наиболее высокие концентрации в исследуемых шлифах образуют сфен, встречается неизменный ортит (рис.2).

Шлифы данных пород были исследованы на оптическом микроскопе Olympus VX51. Оптико-микроскопические исследования проводились на вышеуказанном оптическом микроскопе в проходящем свете с использованием методов скрещенных николей. В процессе описания шлифов были использованы оптические свойства, характеризующие порообразующие компоненты [1,2].

При изучении пород под микроскопом было установлено, что исследуемые образцы в основном относятся к отряду ультраосновных пород щелочного подотряда [3]. Нефелиновые сиениты представлены ийолит-уртитами, пегматойдными уртитами и апатитовыми ийолит-уртитами.

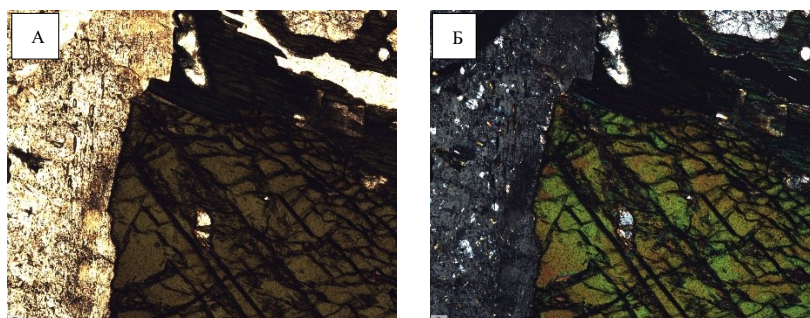


Рис. 3. А) Кристаллы нефелина с включениями эгирина, кристалл эгирина (без анализатора); Б) Кристаллы нефелина с включениями эгирина, кристалл эгирина (с анализатором).

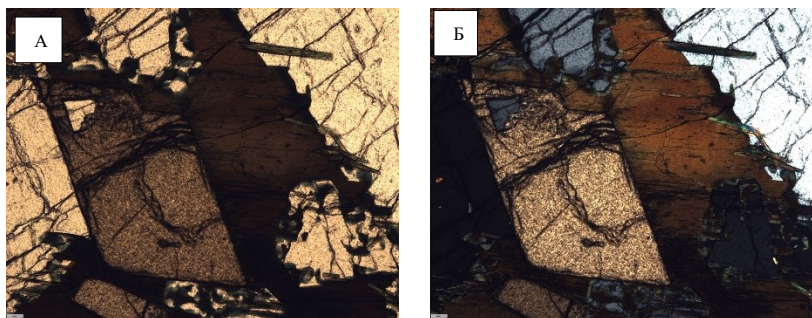


Рис. 4. А) Кристаллы нефелина, эгирина, сфена и ортита (без анализатора); Б) Кристаллы нефелина, эгирина, сфена и ортита (с анализатором).

Образцы с месторождения Олений ручей имеют полнокристаллическую, микро-, мелко-, средне-, крупно-, гигантозернистую структуру. Встречаются образцы пегматитовой структуры. Текстуры такситовые. Размер зерен нефелина варьируется от 0,5 до 10 мм, формы зерен таблитчатые, гипидиоморфные, часто зёрна имеют включения эгирина, размером от 0,3 до 0,6 мм. Субизометричные, ксеноморфные зёрна эгирина имеют размер от 1 до 1,7 мм. Акцессорный апатит – от 0,3 до 1,5 мм, призматический, гипидиоморфный. Щелочной амфиболит арфедсонитового ряда включает в себя игольчатые, лучистые кристаллы (рис.3).

С месторождения Коашва образцы имеют полнокристаллическую, мелко-, средне-, крупно-, гигантозернистую структуру. Текстуры пород такситовые. Размер зёрен эгирина варьируется от 0,3 до 1,7 мм, Апатит – от 0,25 до 1,3мм, призматический, гипидиоморфный, один из образцов отличается преобладанием апатита в породе. Размеры сфена изменяются от 0,2 до 0,65 мм, ортит представлен идиоморфными, субизометричными кристаллами от 0,25 до 0,35 мм (рис.4). Масса щелочного амфиболита арфедсонитового ряда включает в себя игольчатые, лучистые кристаллы. Наибольшая часть размером 10 на 7 мм, по краям основной массы образовались кристаллы рудного минерала. В образце присутствует ксеноморфный, изометричный эвдиалит 2 на 2 мм. В одном из образцов встречается гипидиоморфный, субизометричный биотит от 0,4 до 0,45 мм.

На данный момент исследования продолжаются, будет проведён рентгенофазовый анализ с уточнением минерального состава пород.

Литература

1. Краснощёкова Л. А. *Породообразующие минералы и структуры кристаллических пород: учебное пособие.* Томск: Изд-во ТПУ 2009. – стр. 64-70.
2. Лодочников В.Н. *Главнейшие породообразующие минералы.* Издание 5-е, испр. и доп. Под ред. В.С. Соболева. М., «Недра», 1974, стр. 210-230.
3. *Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования.* Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009, 200 с.

УДК 552.08, 552.086.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ ХРЕБТА ЯМАТО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Якимов Тимур Сергеевич

*Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичева ДВО РАН, аспирант 1
курса,
г. Владивосток
e-mail: yakimov-timur@mail.ru*

Гончарова Ирина Владимировна

*Дальневосточный федеральный университет, студент 2 курса,
г. Владивосток
e-mail: goncharova.risha@mail.ru*

Величко Ульяна Витальевна

*Дальневосточный федеральный университет, студент 2 курса,
г. Владивосток
e-mail: luchistaya251@gmail.com*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Обжиров Анатолий Иванович

Аннотация: В статье приведена петрографическая характеристика 4 выделенных типов гранитоидов хребта Ямато в Японском море без разделения на позднепротерозойский и позднепалеозойский комплексы ввиду отсутствия данных по U-Pb датированию. Описан минералогический, определены структурные и текстурные особенности пород.

Ключевые слова: гранитоиды, Японское море, петрография, субконтинентальная кора, гранодиорит.

PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE YAMATO RANGE GRANITOIDS (JAPAN SEA)

Timur Yakimov

*V.I. Il'icheva Pacific oceanological institute FAB RAS, 1-st year post-graduate Student,
Vladivostok
e-mail: yakimov-timur@mail.ru*

Irina Goncharova

*Far eastern federal university, 2-nd year student,
Vladivostok
e-mail: goncharova.risha@mail.ru*

Juliana Velichko

*Far eastern federal university, 2-nd year student,
Vladivostok
e-mail: luchistaya251@gmail.com*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Anatoly Obzhirov

Abstract: The article presents the petrographic characteristics of 4 isolated types of granitoids of the Yamato Range in the Japan sea without division into Late Proterozoic and Late Paleozoic complexes due to the lack of data on U-Pb dating. The mineralogical, structural and textural features of the rocks are described.

Keyword: granitoids, Japan sea, petrography, sub-continental crust, granites complex.

Изучение магматизма зоны перехода суша-океан от Азиатского континента к Тихому океану до 70-х годов было основано на данных по геологическому строению континентальных участков этой мегаструктуры, охватывающей окраину континента и островные дуги. С 70-х годов началось активные исследования морского дна окраинных морей, что позволило получить материалы по магматическим породам подводных структур, что существенно расширило представление о геологии субконтинентальной коры. Помимо этого, эти данные позволили проследить связь морских и континентальных структур, выяснить особенности геодинамического режима и направленность развития и преобразования земной коры впадин окраинных морей.

В работе приведены петрографические материалы по гранитоидному магматизму хребта Ямато. Интрузивные породы широко развиты на дне Японского моря и играют важную роль в строении складчатого фундамента шельфа, материкового склона и подводных возвышенностей, характеризующихся “субконтинентальным” типом коры. Эти породы слагают крупные тела, протягивающиеся на десятки и сотни километров. По возрасту, составу и геологическому положению среди них выделяют шесть возрастных комплексов на основании K-AR метода: архей-раннепротерозойский, позднепротерозойский, среднепалеозойский, позднепалеозойский, раннемеловой и позднемеловой. Кроме того, в Японском море обнаружены включения гранитоидов в кайнозойских вулканитах [1,2,3].

Хребет Ямато делится на Южное и Северное, поскольку пробы были отобраны методом драгирования в промежуточной зоне хребта Ямато, авторами статьи было решено выделить типы гранитов в рамках одной структуры. В данной работе будут рассмотрены яркие представители гранитоидов хребта Ямато.

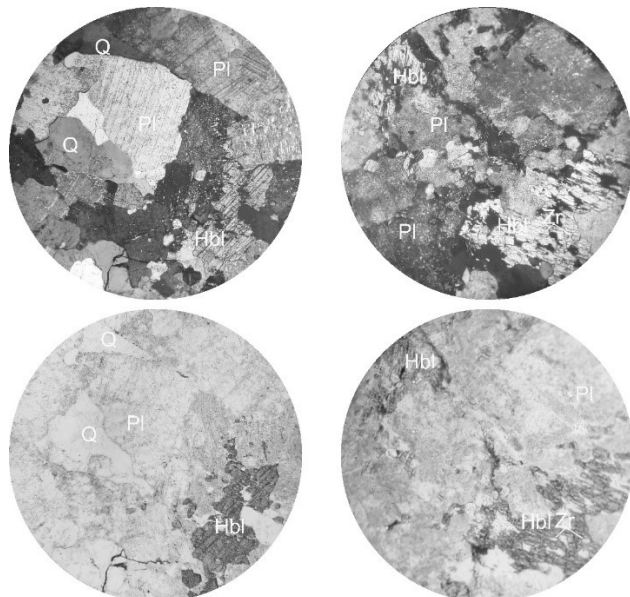


Рис. 1 Образец гранодиорита в скрещенных и прямых николях 1404 (увеличение 10х/0.25). Q-кварц; Hbl-роговая обманка; Pl-плагиоклаз; Zr-циркон.

На рисунке 1 показан типичный гранодиорит хребта Ямато. Представляет из себя роговообманковый гранодиорит с гипидиоморфной структурой и мелкозернистой текстурой состоящий из плагиоклаза (50-60%), роговой обманки (до 30%), кварца (15-20%), рудных минералов (до 5%) и акцессорных минералов (до 3%). Плагиоклаз наблюдается в виде полисинтетических двойников изоморфного ряда альбит-олигоклаз. Форма кристаллов призматическая, выделения до 2 мм. Сосюритизация в целом проявлена слабо, реже проявлена по кайме кристалла, в единичных случаях полностью замещает плагиоклаз. Роговая обманка не имеет четкого идиоморфизма, поэтому образует изометричные формы в ассоциации с плагиоклазом, также выделяется. Роговая обманка образует 2 генерации: 1 – изометричные формы в окружении плагиоклаза; 2 – шестоватые, изометричные зерна в плагиоклазе. Выделения роговой обманки до 1.3 мм. Рудные минералы представлены магнетитом в виде зерен. Акцессорными минералами являются цирконы, кристаллизуются в виде длиннопризматических тетрагонально-дипирамидальных кристаллах, размером 0.015-0.018 мм, находящиеся в виде включений в роговой обманке первой генерации. Выделения породообразующих минералов, таких как плагиоклаз и роговая обманка указывает на близко-одновременное образование.

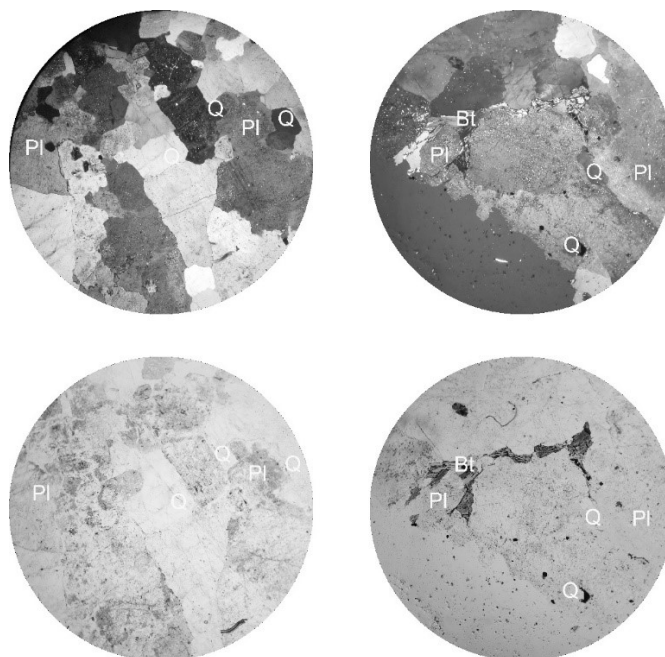


Рис. 3 Образец биотитового гранита в скрещенных и прямых николях 1404-6 (увеличение 10х/0.25)/ Q-кварц; Bt-биотит; Pl-плагиоклаз.

Биотитовый гранит имеет гипидиоморфную структуру, массивную текстуру, состоит из плагиоклаза (50-60%), кварца (25-35%), биотит (до 15%), рудные минералы (до 5%) (рис. 2). Плагиоклаз представлен идиоморфными призматическими кристаллами с полисинтетическими двойниками, размером до 2мм. Сосюритизация плагиоклазов проявлена слабо и неравномерно по кристаллам. Ксеноморфизм проявлен у кварца. Биотит имеет удлиненные изометричные выделения длиной до 2 мм с проявленной слабой хлоритизацией. Магнетит является единственным рудным минералом в биотитовом граните и выделяется в виде разрозненных зерен.

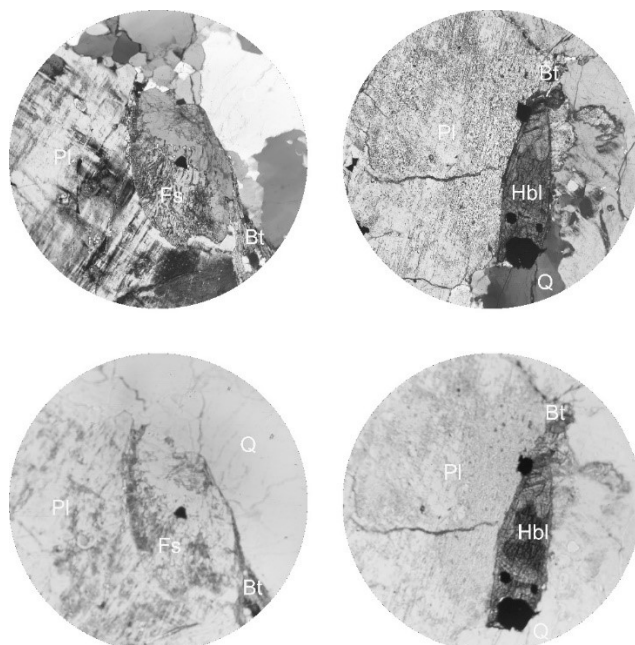


Рис. 3 Образец биотит-рогообманкового гранита с мезопертидами в скрещенных и прямых николях 1407-1 (увеличение 10х/0.25). Q-кварц; Hbl-роговая обманка; Pl-плагиоклаз; Bt-биотит; Fs-полевой шпат.

Биотит-роговообманковый гранит хребта Ямато сложен преимущественно плагиоклазом (40-50%), калиево-натриевым полевым шпатом (10-15%), кварцем (15-20%), роговой обманкой (до 15%), биотитом (до 8%) и магнетитом (до 3%) (рис.3, рис. 4). Структура – гипидиоморфнозернистая, текстура – массивная. Плагиоклаз проявлен, в основном, в виде таблитчатых кристаллов с редкими полисинтетическими двойниками, реже в виде изометричных выделений. Сосюритизация проявлена

во всех частях кристаллов, кроме центра (альбита) Калиево-натриевый полевой шпат имеет форму вытянутую призматическую с мезопертитами. В виде удлиненнопризматических кристаллов представлена роговая обманка с включениями магнетита. Биотит образует в основной своей массе изометричные выделения, реже короткопризматические кристаллы в плагиоклазе. Магнетит выполняет зерна неправильной формы.

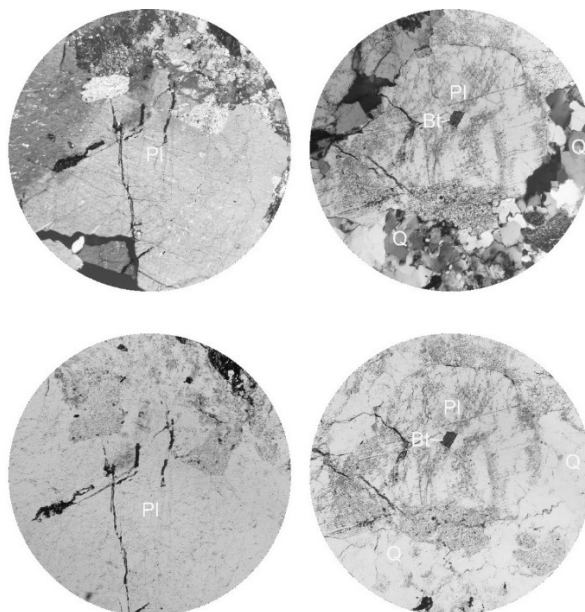


Рис. 4 Образец биотит-рогообманкового гранита в скрещенных и прямых николях 1407-1 (увеличение 10х/0.25). Q-кварц; Bt-биотит; Pl-плагиоклаз.

Плагиограниты по минералогическому составу представлены плагиоклазом (50-60%), кварцем (15-20%), биотитом (до 20%), сфеном (до 1%), цирконом (до 1%) (рис. 5, рис.6). Плагиоклаз в породе имеет удлиненно призматические кристаллы длиной до 5 мм, с очаговой сосюритизацией с развитым по периметру мусковитом 0.08*0.11мм. Кварц изометричен и ксеноморфен. Биотит имеет удлиненные изометричные выделения длиной до 2 мм с проявленной хлоритизацией, наблюдается зона перехода в мусковит (рис. 5). Агрегаты сфена представляют собой характерные клиновидные “конверты” до 0.015 мм. Цирконы кристаллизуются в виде длиннопризматических тетрагонально-дипирамидальных кристаллах, размером 0.015-0.025 мм, в основном встречаются в плагиоклазах (рис.6).

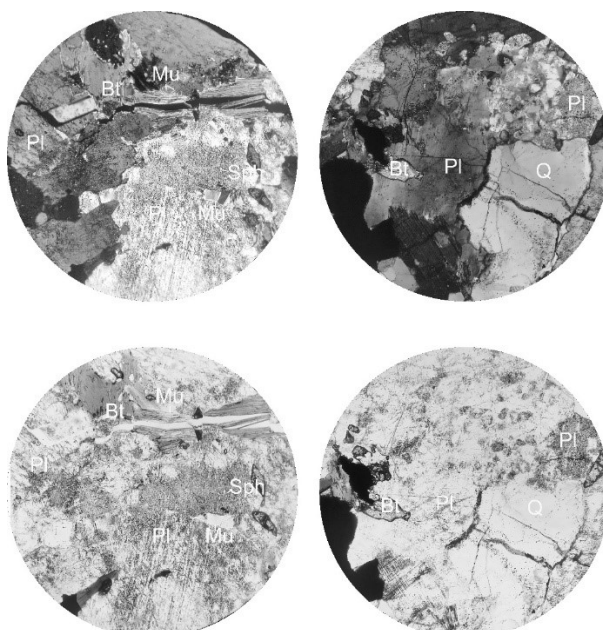


Рис. 5 Образец плагиогранита в скрещенных и прямых николях (увеличение 10х/0.25). Q-кварц; Pl-плагиоклаз; Bt-биотит; Mu-мусковит; Sph-сфен.

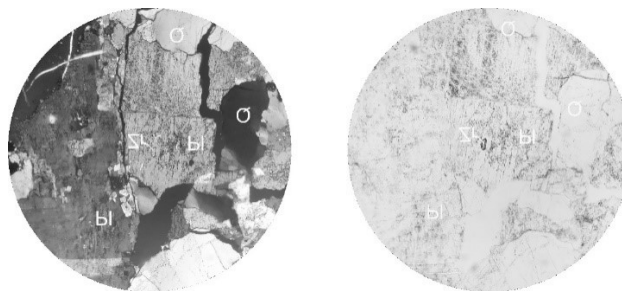


Рис. 6 Образец плагиогранита с длиннопризматическим тетрагонально-дипирамидальным цирконом в плагиоклазе (увеличение 10х/0.25). Q-кварц; Pl-плагиоклаз; Zr-циркон.

Таким образом гранитоиды хребта Ямато в Японском море имеют 4 типа разновидностей кислых интрузивных пород. Структуры и текстуры гранитоидов схожи, следовательно данные образования стоит рассматривать в комплексе, ввиду территориального распространения и геодинамической модели формирования в будущем. Также стоит отметить различного рода метаморфические изменения и их степень. Поскольку плагиограниты более разнообразны в качестве проявления вторичных изменений, стоит рассмотреть их отдельно, в виду, возможного, различия в генезисе.

Выполнено при поддержке ГосТемы: «Газогеохимические поля Мирового океана, геодинамические процессы и потоки природных газов, влияющие на формирование геологических структур с залежами углеводородов и аутигенной минерализации» (0211-2021-0006), Регистрационный номер:121021500055-0

Литература

1. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Магматизм и его роль в формировании структур окраинных морей Тихого океана // *Литосфера*. 2010. № 3. С. 21-35.
2. Леликов Е. П., Маляренко А. Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана // *Владивосток, Дальнаука*, 1994. 268 с.
3. Леликов Е.П., Маляренко А.Н., Корнев О.С. Особенности гранитоидного магматизма окраинных морей Тихого океана // *Новые данные по геологии западной части Тихого океана. Владивосток*. 1989. С. 5-25.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ АКЧАТАУСКОГО КОМПЛЕКСА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)

Кеслер Виталий Дмитриевич

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
студент 2 курса магистратуры, г. Томск
e-mail: mr.vit2405@mail.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Афонин Игорь Викторович

Аннотация: Данная работа посвящена восстановлению геодинамических обстановок формирования гранитоидов акчатауского комплекса на примере массивов Жаман-Карабас и Шалтас. На основании проведенных исследований установлено, что породы этих массивов были сформированы в условиях континентальной коллизии.

Ключевые слова: гранитоиды, акчатауский комплекс, геодинамические обстановки.

GEODYNAMIC SETTINGS OF THE FORMATION OF GRANITOIDS OF THE AKCHATAU COMPLEX (CENTRAL KAZAKHSTAN)

Vitaly Kesler

*National Research Tomsk State University, 2nd year Master's Degree Student, Tomsk
e-mail: mr.vit2405@mail.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, reader, Igor Afonin

Annotation: This work is devoted to the restoration of geodynamic settings for the formation of granitoids of the Akchatausky complex on the example of the Zhaman-Karabas and Shaltas massifs. Based on the studies carried out, it has been established that the rocks of these massifs were formed in conditions of continental collision.

Keywords: granitoids, Akchatau complex, geodynamic settings.

Акчатауский комплекс, в Центральном Казахстане, приурочен к Джунгаро-Балхашскому складчатому блоку. К комплексу относятся такие массивы как Акчатау, Ортау, Шалтас, Жаман-Карабас, Кок-коль, северные отроги массивов Кызылтау и Аиртау и ряд мелких интрузивов. В данной работе акчатауский комплекс исследуется на примере массивов Шалтас и Жаман-Карабас. Форма массивов куполовидная. Породы комплекса датируются, как раннепермские (P₁). Интрузии образуют крупные плутоны, приуроченные к структурно-формационным зонам в областях региональных разломов [3].

Акчатауский комплекс характеризуется трехфазным строением. Первая фаза – крупно-, среднезернистые лейкограниты. Вторая фаза – средне-, мелкозернистые граниты. Фаза дополнительных интрузий – мелкозернистые лейкограниты [1].

Для восстановления геодинамических обстановок используются результаты рентгенофлуоресцентного анализа, выполненные по 20 образцам, по 10 на каждый массив. Результаты анализов представлены в (табл. 1, 2). В виду того, что породы массива Шалтас и массива Жаман-Карабас отличны по внешнему облику, было решено провести сравнение их обстановок формирования.

Таблица 1

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа массива Жаман-Карабас

проба	558	561	562/A	563/1	565	565/3	568/1	569/1	570/1	571
SiO ₂	73,33	75,23	77,33	73,74	78,71	77	77,02	74,74	77,72	76,33
TiO ₂	0,29	0,08	0,31	0,2	0,1	0,11	0,12	0,26	0,09	0,12
Al ₂ O ₃	14,41	15,82	14,01	15,82	14,04	14,03	15,16	14,42	14,97	13,54
Fe ₂ O ₃	1,7	1,03	1,4	1,57	1,33	1,5	1,51	1,89	1,32	1,17
CaO	1,1	0,23	1,02	0,63	0,48	0,55	0,6	1,96	0,95	0,68
MgO	0,62	0,57	2,01	0,36	0,16	0,18	0,52	0,55	0,61	0,18
MnO	0,05	0,04	0,14	0,05	0,03	0,03	0,01	0,05	0,04	0,02
P ₂ O ₅	0,11	0,07	0,12	0,07	0,03	0,04	0,02	0,13	0,02	0,03
K ₂ O	3,98	4,39	3,2	4,79	3,66	4,12	4,75	3,96	3,52	4,75
Na ₂ O	3,22	3,92	5,59	3,79	3,58	4,04	3,31	3,46	3,84	3,38
ППП	1,1	0,79	1,89	0,78	0,33	0,28	0,55	0,56	0,37	0,71

Таблица 2

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа массива Шалгас

проба	1	2	3	5	6	7	13	17	16	17
SiO ₂	73,28	72,06	72,95	72,21	62,76	64,69	67,80	64,68	59,73	59,98
TiO ₂	0,17	0,05	0,12	0,30	0,69	0,68	0,43	0,40	0,63	0,71
Al ₂ O ₃	13,60	14,76	14,63	12,04	14,97	14,92	14,52	18,83	17,09	15,39
Fe ₂ O ₃	2,31	2,30	2,80	2,99	5,97	6,03	3,67	2,04	4,98	5,81
CaO	0,76	0,88	0,46	1,94	4,84	2,61	2,93	3,01	4,44	4,87
MgO	0,39	0,32	0,36	0,61	3,81	2,53	1,32	1,46	3,80	4,00
MnO	0,02	0,01	0,02	0,11	0,10	0,11	0,06	0,15	0,12	0,12
P ₂ O ₅	0,07	0,11	0,08	0,09	0,09	0,14	0,20	0,14	0,18	0,34
K ₂ O	4,66	5,74	4,17	5,36	1,86	3,21	4,20	2,04	2,15	2,58
Na ₂ O	4,36	3,69	4,17	3,57	2,96	3,55	4,34	5,98	4,49	3,12
ППП	0,37	5,00	0,41	0,58	1,90	1,58	0,41	1,54	2,45	3,33

Для восстановления геодинамических обстановок используется алгоритм П. Мениара, Ф. Пикколи [4]. Алгоритм состоит из следующих этапов.

1 этап – отделить граниты от обстановки ОР (океанические плагиограниты) (диаграмма K₂O-SiO₂);

2 этап – разделение групп I (IAG – гранитоиды островных дуг, CAG – гранитоиды континентальных дуг, CCG – гранитоиды обстановок континентальной коллизии) II (RRG – гранитоиды, связанные с рифтами, CEUG – гранитоиды континентальных эпиорогенных поднятий) III (POG – посторогенные гранитоиды). Для разделения принимают четыре диаграммы: Al₂O₃ – SiO₂, (Fe₂O₃/ Fe₂O₃ + MgO) – SiO₂, Al₂O₃-SiO₂, FeO-MgO;

3 этап – разделение CCG и IAG + CAG – используется индекс ASI. Для пород CCG индекс ASI не может быть меньше чем 1,15, IAG и CAG характеризуются индексом ASI не более 1,05, если результат равен значениям между 1,05 и 1,15, то обстановка неопределенная [3].

Ниже на рисунке 1 приведены диаграммы алгоритма восстановления геодинамических обстановок.

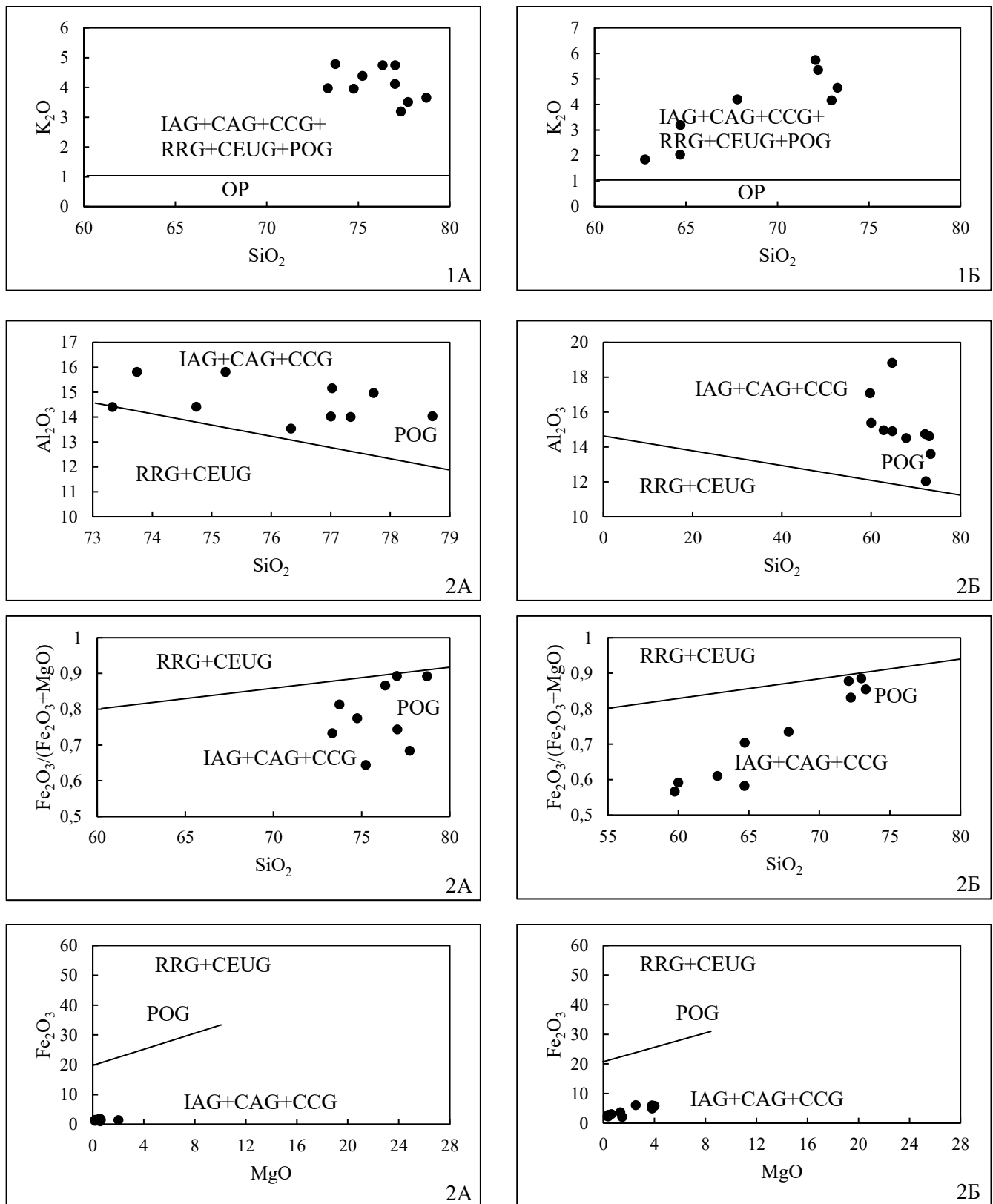


Рис. 1. Дискриминационные диаграммы для разделения гранитоидов акчатауского комплекса.

На диаграммах: 1 – шаг алгоритма, А – Массив Шалтас, Б – Массив Жаман-Карабас.

Орогенные гранитоиды: гранитоиды островных дуг (IAG), гранитоиды континентальных дуг (CAG), гранитоиды континентальной коллизии (CCG), посторогенные гранитоиды (POG). Анорогенные гранитоиды, связанные с рифтами (RRG), гранитоиды континентальных эпиорогенных поднятий (CEUG). Океанические плагиограниты (OP).

Обсуждение результатов.

На основании анализа дискриминационных диаграмм (рис. 1) на первом этапе были исключены обстановки типа OP. результаты второго этапа исследования дали двойственные результаты (рис. 1 2а,2б). фигуративные точки, отражающие химический состав изученных образцов попадают одновременно в области POG и IAG+CAG+CCG. Таким образом, в виду отсутствия однозначного ответа на приуроченность исследуемых гранитоидов к определенной обстановке необходимо провести расчет индекса ASI (табл. 3), согласно этапу 3, представленной выше методике.

Таблица 3

Индексы ASI для пород акчатауского комплекса

проба	1	2	3	5	6	7	13	17	16	17
ASI (Шалтас)	1,7	1,9	1,4	1,7	1,8	1,6	1,8	1,5	1,8	1,5
проба	558	561	562/A	563/1	565	565/3	568/1	569/1	570/1	571
ASI (Жаман-Карабас)	1,4	1,4	1,7	1,1	1,6	1,6	1,3	1,7	1,5	1,5

Коэффициенты ASI превышают значение 1,15, соответственно вывод – породы акчатауского комплекса приурочены к геодинамической обстановке CAG (гранитоиды обстановок континентальной коллизии). Джунгарско-Балхашский складчатый блок образовался в условиях континентальной коллизии [1,2], что подтверждает результат данного исследования.

Литература

1. Антонюк Р. М., Евсеенко Р. Д. и др. Отчет о результатах геологического доизучения площади масштаба 1:200 000 Агадырского рудного района. Лист L-43-II, 2002-2005 г.г. ТОО «Центргеолсъемка», 2005 г., ТГФ г. Караганда
2. Коробкин В. В. Тектоническое районирование и структурные стили палеозойд Казахстана // Известия Томского политехнического университета, Томск 2011. Т. 319. № 1. 71 - 77 с.
3. Серых В. Н. Акчатауский гранитный комплекс кн.: Магматические комплексы Казахстана: Джунгарско-Балхашская складчатая система // Алматы, 1983, 66-73 с.
4. Maniar P. D. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Am. Bull. 1989. V. 101. P. 643.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Кунгулова Эльвира Нурфасовна

*НИ Томский государственный университет, аспирант, молодой 3 года обучения,
г. Томск*

e-mail: elvirakungulova@mail.ru

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, профессор, Лычагин Дмитрий Васильевич

Аннотация: Методами оптической микроскопии и дифракции обратно рассеянных электронов изучены микроструктуры жильного кварца бассейна реки Бамбукой (Западное Забайкалье) с целью получения представления о механизмах и локализации деформации в кварце в условиях пластических деформаций. Произведена классификация структурных элементов на основе которой выделено пять характерных типов микроструктур жильного кварца и предложены преобладающие механизмы их формирования.

Ключевые слова: жильный кварц, EBSD, микроструктуры.

DEFORMATION STRUCTURES OF VEIN QUARTZ OF WESTERN TRANSBAIKALIA

Elvira Kungulova

*Tomsk State University, 3st year Post-graduate Student,
Tomsk,*

e-mail: elvirakungulova@mail.ru

Research Supervisor: Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Dmitry Lychagin

Abstract: The microstructures of vein quartz in the Bambukoi River basin (Western Transbaikalia) were studied by optical microscopy and backscattered electron diffraction in order to obtain an idea of the mechanisms and localization of deformation in quartz under conditions of plastic deformations. The classification of structural elements was made, based on which five characteristic types of microstructures of vein quartz are distinguished and the prevailing mechanisms of their formation was proposed.

Keywords: vein quartz, EBSD, microstructures.

Деформационные структуры жильного кварца, формирующиеся в следствии динамометаморфизма (катакластического, дислокационного метаморфизма) характеризуются значительным многообразием и отражают условия развития геологической истории блока литосферы, к которому он принадлежит [1, 2, 3]. Микроструктурный рисунок минеральных агрегатов дает представление об условиях преобразований кварца в земной коре, а также предпочтительных режимах и механизмах его деформации. С этой целью изучены микроструктуры кварца сложнопостроенных жильных систем бассейна реки Бамбукой Западного Забайкалья. На оптическом микроскопе Leica DM750P были изучены микроструктурные и кристаллографические особенности 30 образцов жильного кварца. В результате чего, были выделены пять крайних типов микроструктур, которые изучены более подробно с применением метода дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD) на сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira 3 LMU (Tescan, Czech). Лабораторные исследования проведены в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ, г. Томск (Аналитик Москвичев Е.Н.).

Район исследований расположен на территории Северной Бурятии в зоне сочленения Байкало-Муйской (Южно-Муйский блок) и Баргузино-Витимской (Уактинский блок) структурно-формационных зон Байкало-Витимской складчатой зоны. Кварцевые жилы приурочены к тектоническим трещинам, связанным с развитием надвиговых и левосдвиговых деформаций. На

основе морфологических, кристаллографических параметров и степени проявленной деформации выделено пять типов микроструктур жильного кварца: Кварц со сплошными границами Дофине (А), Кварц с полосами деформации (В), Кварц с блочной структурой (С), Кварц с мозаичной структурой (D), Кварц среднезернистой структуры (Е) (рис.1). Далее будут представлены морфологические и кристаллографические особенности каждого типа.

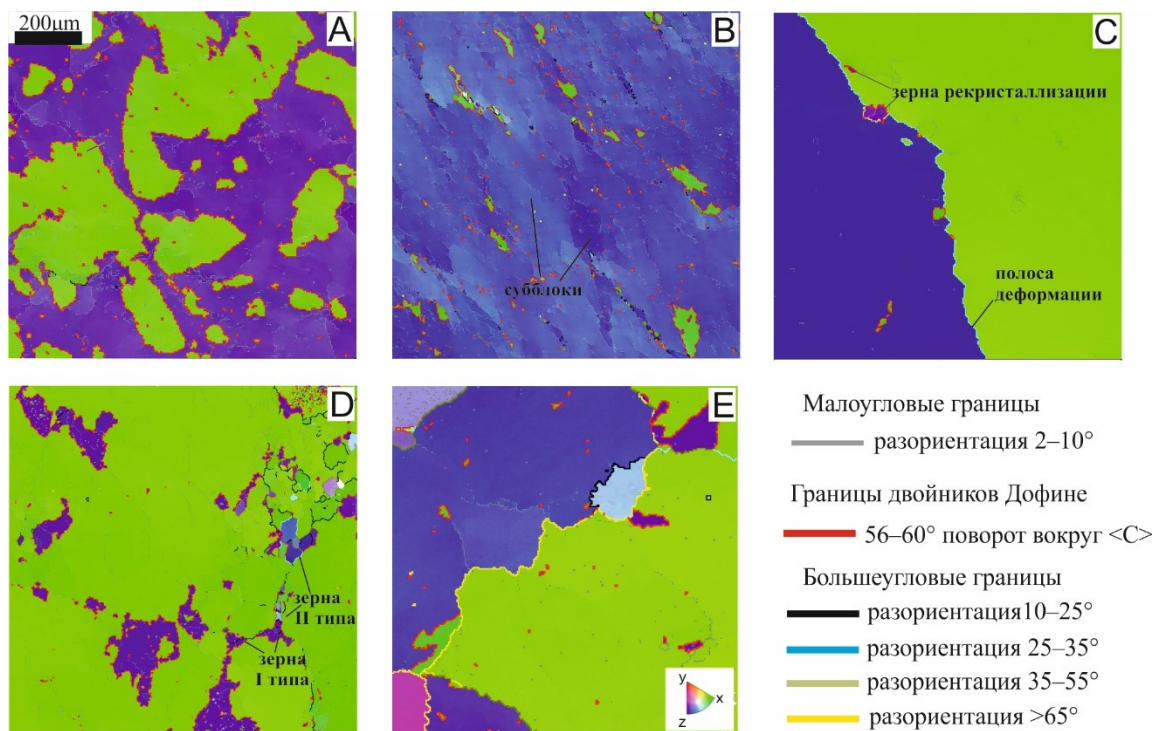


Рис. 1. EBSD изображения типов микроструктур жильного кварца бассейна реки Бамбукой. Цветовая кодировка границ демонстрирует угол разориентации

Микроструктура типа А характеризуется крупными зернами с внутренней блочной структурой. На оптическом изображении внутри крупных зерен кварца наблюдаются небольшие изменения контраста при повороте столика микроскопа. На EBSD изображении представлены две основные ориентировки, соответствующие ориентациям близким к углам типа $\langle 1010 \rangle$ стандартного стереографического треугольника. Зерна с замкнутой извилистой границей (зеленого цвета) располагаются в матрице материнского зерна (фиолетового цвета). Они отделены друг от друга границей с углом разориентации 60° . Анализ показал, что ось вращения лежит параллельно линии границы, образуя наклонную границу специального типа. Такая граница двойникового типа в кварце получила название границы Дофине [4]. Структура типа А характеризуется наличием высокой доли большеугловых границ (60%) и малой долей малоугловых границ (40%) в теле зерна.

Микроструктура кварца типа В в оптической микрографии характеризуется большим количеством малоугловых границ в теле зерна (74% от общей доли границ), разделяющей его на блоки. При повороте столика микроскопа субблоки гаснут в произвольном порядке. К малоугловым границам блоков приурочены выделения кварца размером менее 0,05 мм. В рисунке текстуры отмечается тенденция двух трендов направления микроструктуры, расположенных под углом 60° . Это коррелирует с изображением карты разориентировок, полученной при EBSD анализе. На обработанной карте EBSD фиксируются отдельные блоки зеленого цвета до 0,06 мм в ширину, оконтуренные извилистыми специальными большеугловыми 60° -градусными границами двойникового типа. На гистограмме углов разориентировки для такой структуры характерно только два пика: в области малоугловых – до 15 градусов и в области большеугловых от 50 до 60 градусов. Последний интервал заканчивается высоким 60° -градусным пиком. Из данного анализа следует, что для такой структуры характерно перестроение малоугловых границ в большеугловые и затем в наиболее выгодные 60° -градусные специальные границы.

Для *микроструктуры типа С* характерно образование полос деформаций, разделяющих зерно на отдельные вытянутые фрагменты различной ширины от 0,5 до 1,5 мм, поочередно гаснущие при повороте столика микроскопа. В некоторых случаях ширина таких фрагментов может быть менее 0,5мм. Пространство между полосами деформации имеет небольшую долю малоугловых границ,

большая часть которых локализована вблизи большеугловых, близких к прямолинейным, границам. Структура, в которой наблюдаются преимущественно параллельные границы, называется полосовой. В отдельных случаях эти границы замыкаются, характеризуя переход к фрагментированной структуре. При наличии изометричных образований, ограниченных замкнутыми деформационными границами говорят о фрагментированной субструктуре. Для структуры типа С наблюдается приуроченность к полосам деформации зародышей рекристаллизации размером 0,05мм. Как правило, зародыши имеют участки границы с 60-десяти градусной разориентировкой, свидетельствующей о границах типа Дофине. Анализ EBSD карты показал, что угол разориентации фрагментов, разделенных полосой деформации около 30°. На гистограмме пик, соответствующий этому углу разориентации несколько больше пика границ Дофине. Кроме этого, наблюдается небольшой пик в области малых углов и пик в интервале между 62 и 70 градусами. Доля выделенных границ составляет: малоугловых – 35%, 30-градусных – 41 %, 60-градусных – 21% и границ, лежащих в интервале от 62 до 70 градусов – 4%.

Характерной особенностью *микроструктуры типа D* является присутствие участков развития групп рекристаллизованных зерен, что обосновывает мозаичную структуру кварца. Среди рекристаллизованных зерен выделяются зерна двух видов. Крупные (до 0,3 мм) зерна I вида при повороте столика микроскопа на 60° имеют одинаковый цвет интерференции с зерном хозяином. В остальных случаях они имеют разную окраску. Зерна рекристаллизации II вида имеют небольшой размер (до 0,1 мм) и примыкают к зернам I вида. Кроме этого для этой структуры характерно наличие трещин. На основе IPF карты в кварце можно выделить ориентацию крупного материнского зерна (зеленый домен) и отдельные острова зерен со специальными границами Дофине (зерна фиолетового цвета). В пределах зеленого домена отмечается интенсивное развитие малоугловых границ, которые постепенно замыкаются в субблоки. Они соединяют между собой зерна с границами Дофине. В пределах этих зерен (зерна I) наблюдаются примыкающие к ним зерна рекристаллизации (зерна II) с границей разориентации около (на данном снимке) 25°. Кроме того, отмечается небольшое количество отдельно стоящих зерен рекристаллизации II вида. Гистограмму разориентации зерен структуры типа D отличает от гистограммы разориентации зерен структуры типа С наличие небольшой доли границ между малоугловыми и 60-градусными границами.

Микроструктура кварца типа E характеризуется крупными (до 1 мм) изометричными зернами с волнистым погасанием. Границы между зернами преимущественно плавные, волнистые. Кварцевые зерна имеют низкий процент (34%) содержания малоугловых границ (границы серого цвета). Зерна отделены друг от друга большеугловыми границами (отмечены желтым цветом). На контактах зерен наблюдаются области, отделенные границами, идентифицированные как границы двойникования Дофине (отмечены красным цветом), а также зерна рекристаллизации с границей разориентации 25° (черная граница). Согласно гистограмме разориентации для этой структуры наблюдается наиболее широкий спектр углов разориентации. На гистограмме присутствует пик в области малоугловых границ, 17 градусный пик, от 45 до 60, ярко выраженный 60-градусный, от 65 до 75, и близкий к 90 градусам. Это говорит об активных процессах динамики перестройки границ и субграниц в данном типе структуры.

По результатам анализа данных EBSD жильного кварца были установлены типичные структурные элементы, которые характеризуются параметром угла разориентации границ зерен (табл.). Наличие выделенных структурных элементов в рисунке микроструктуры, а также их геометрические показатели определяют преобладающие режимы механизмов деформации.

Характеристика типичных элементов структуры жильного кварца бассейна реки Бамбукой

Характерные углы разориентации	Типы субструктуры	Характерные размеры, мм	Морфология границ	Превалирующие режимы и механизмы деформации
<10°	Субблоки	0,005-0,3	Волнистые	Дислокационное скольжение: Высокое напряжение, средняя температура
30°	Деформационные полосы (специальные границы)	0,5-1,5	Прямолинейные	Дислокационное скольжение последующим двойникованием с
55-65°	Специальные границы двойникования Дофине	а) Непрерывные б) Зерна около 0,05	Волнистые	а) Напряжение б) Температура
>10°	Зерна рекристаллизации с границами общего типа	а) Зерна 0,005-0,1 б) Зерна >1	Плавные	Дислокационная ползучесть и диффузия: а) Напряжение + Флюид б) Температура + Флюид

В условиях высоких напряжений и умеренных температур (зеленосланцевая фация) скольжение дислокаций приводит к образованию субблоков, оконтуренных малоугловыми границами (<10°). При повышении температуры или понижении скорости деформации дислокации организуются в упорядоченные, более низкие энергетические структуры – деформационные полосы. Мы фиксируем угол разориентации для деформационных полос 30°. Активная деформация способствует появлению непрерывных двойниковых границ Дофине с углом разориентации 60°. Повышение температуры до уровня, близкого к α - β переходу способствует уменьшению размера двойников и скоплению зародышей рекристаллизации у границ специального типа. В условиях динамической рекристаллизации при участии флюида формируются зерна рекристаллизации 0,005-0,1 мм с углом разориентации >10°. Формирование кварцевых зерен более 1 мм происходит путем статической рекристаллизации. В ходе чего преобладающими режимами являются температура и наличие флюидной фазы.

Таким образом, предпочтительными механизмами деформации исследуемого жильного кварца бассейна реки Бамбукой являются дислокационное скольжение и ползучесть при средних скоростях деформации и температурах 300-400°С с последующим нагревом, динамической и статической рекристаллизацией. Отмечено образование особых границ типа двойникования Дофина и границ кратных им с углом дезориентации 30° и 90°.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ №0721-2020-0041.

Литература

1. Guoxiang Chi and Jayanta Guha, *Microstructural analysis of a subhorizontal gold-quartz vein deposit at Donalda, Abitibi greenstone belt, Canada: Implications for hydrodynamic regime and fluid-structural relationship* // *Geoscience Frontiers*, 2(4), 2011, pp. 529-538.
2. Paul D. Bons, Marlina A. Elburg, Enrique Gomez-Rivas, *A review of the formation of tectonic veins and their microstructures* // *Journal of Structural Geology*, 43, 2012, pp. 33-62.
3. Richard H. Sibson *Arterial faults and their role in mineralizing systems* // *Geoscience Frontiers*, 10, 2019, pp. 2093-2100
4. Wenk, H-R; Yu, R.; Vogel, S.; Vasin, R. *Preferred Orientation of Quartz in Metamorphic Rocks from the Bergell Alps* // *Minerals* 2019, 9(5), p. 277.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА НА НЕФТЕМАТЕРИНСКУЮ ПОРОДУ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Лебедева Алёна Сергеевна

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,
магистрант 2 курса, г. Пермь
e-mail: alenal5@rambler.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Казымов Константин Павлович

Аннотация: В процессе вскрытия горных пород в результате контакта с технологическими жидкостями, используемыми при бурении и освоении скважины, изменяются состав, механические и физико-химические свойства этих пород. Так, если в многометровой толще, залегающей выше продуктивных горизонтов нефти, встречаются слабые, малоустойчивые породы, способные к осыпанию, то они могут служить источником обрушений стенок скважин, приводящих к осложнению при бурении разведочных скважин на нефть. С целью предотвращения негативного влияния таких пород в процессе бурения на кафедре минералогии и петрографии Пермского Государственного Национального Исследовательского Университета проводятся исследования образцов терригенных пород, извлекаемых в процессе бурения разведочных скважин. Для проведения исследований используется метод рентгеновской томографии, основанный на различии плотностей минералов горной породы, включений, пустот и трещин, а также заполняющих их пластовых флюидов.

Ключевые слова: Рентгеновская томография, бурение, трещиноватость, пустотное пространство.

STUDYING THE DRILLING SOLUTION IMPACT ON THE PETROLEUM ROCK BY THE COMPUTER TOMOGRAPHY METHOD

Alena Lebedeva

*Perm State National Research University, 1st year Master's Degree Student,
Perm,
e-mail: alenal5@rambler.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Konstantin Kazymov

Abstract: During the process of rocks opening the composition, mechanical and physicochemical properties of these rocks change as a result of contact with process fluids used in drilling and well development. So, if weak, unstable rocks capable of crumbling are found in a multi-meter stratum lying above the productive horizons of oil, they can serve as collapse of the walls of wells, leading to complications when drilling exploratory wells for oil. In order to prevent the negative influence of such factors in the process of drilling, the Department of Mineralogy and Petrography of the Perm State National Research University conducts research on the types of terrigenous rocks extracted during the drilling of exploration wells. To use the research, the X-ray tomography method is used, based on the difference in the densities of the minerals of the rock, inclusions, voids and cracks, as well as the formation fluids filling them.

Keywords: X-ray tomography, drilling, fracturing, void space.

Важным преимуществом рентгеновской томографии при изучении изменений, происходящих в структуре породы, является возможность неразрушающего и в то же время информативного способа получения данных. Расчет характеристик микропустотного пространства коллекторов (числа трещин и пор), а также построение карт трещиноватости и пористости пород осуществляется с помощью специально разработанных математических моделей и алгоритмов. Построенные карты отражают изменение трещиноватости и пористости в различных частях образца в результате воздействия на него бурового раствора.

Исследование проведено над образцами углесодержащего аргиллита диаметром 50-60 мм и высотой 10-20 мм. Исходя из размеров образцов, разрешение томографии составило 25 мкм.

По результатам томографии подготовлены изображения пустотного пространства, срезы томограмм, карты трещиноватости, гистограммы распределения размеров (раскрытия) трещин до и после воздействия раствора для образца. Изображения пустотного пространства и срезы томограмм служат для визуального сравнения и оценки изменений в образце. Карта трещиноватости отражает интегральный результат автоматических измерений и подсчета трещин - накопленную раскрытость трещин в объеме образца. Грань региона, по которой строится карта трещиноватости, выбирается исходя из наглядности и зависит от преобладающего направления трещин в конкретном образце. Как правило, выбранная грань параллельна преобладающему направлению трещин.

Результаты численных измерений трещин в одном из образцов представлены в таблице.

Таблица

Результаты измерения и подсчета трещин в образце

Размер трещин, мкм	До замачивания		После замачивания	
	Число пересечений	Доля трещин, %	Число пересечений	Доля трещин, %
<23,1	472	0,27	908	0,3
23-46	424	0,24	1197	0,4
46-69	73683	41,82	37883	14,0
69-92	45411	25,77	36936	13,7
92-116	38331	21,76	53282	19,8
116-139	10730	6,09	58490	21,7
139-162	4860	2,76	47701	17,7
162-185	1369	0,78	21356	7,9
185-208	636	0,36	6795	2,5
208-231	169	0,10	2262	0,8
231-254	51	0,03	867	0,3
254-277	23	0,01	690	0,3
277-300	10	0,01	533	0,2
300-323	8	0,00	357	0,1
323-347	8	0,00	191	0,1
347-370	2	0,00	103	0,0
370-393	2	0,00	34	0,0
393-416			28	0,0
416-439			20	0,0
439-462			8	0,0
462-485			1	0,0
485-508			1	0,0
Сумма:	176189	100,0	269643	100,0
Изменение числа трещин, %	-		34,6584	
Объем образца, куб.мм	11772,48			
Средняя накопленная раскрытость трещин, мм	0,2143		0,4929	
Изменение средней накопленной раскрытости, %	-		56,5226	

Увеличение раскрытости трещин, а также появление некоторых микротрещин хорошо прослеживается на рисунках 1-6. Сравнение количества и размера трещин в образце до и после замачивания приведено на рисунке 7.

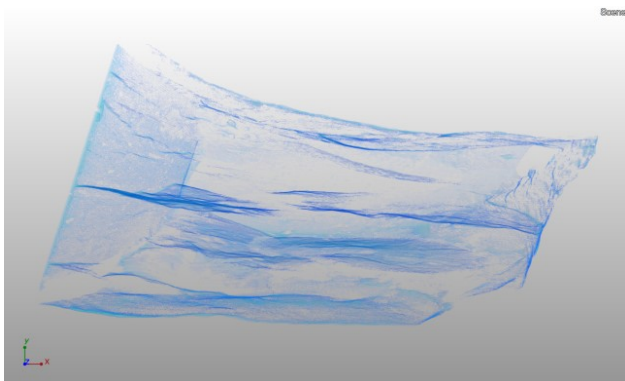


Рис. 1. Трещины в образце до пропитывания. Оттенками показаны трещины, матрикс не показан (прозрачен)

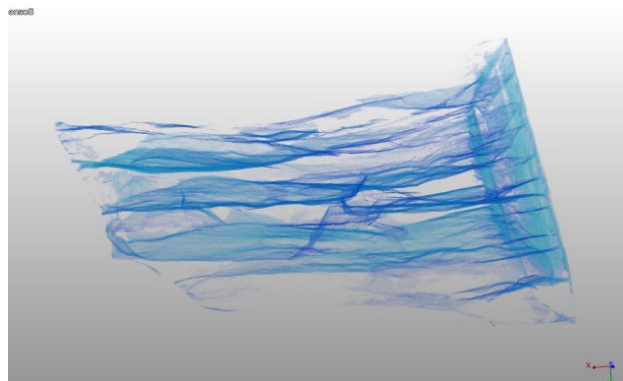


Рис. 2. Трещины в образце после пропитывания. Оттенками показаны трещины, матрикс не показан (прозрачен)

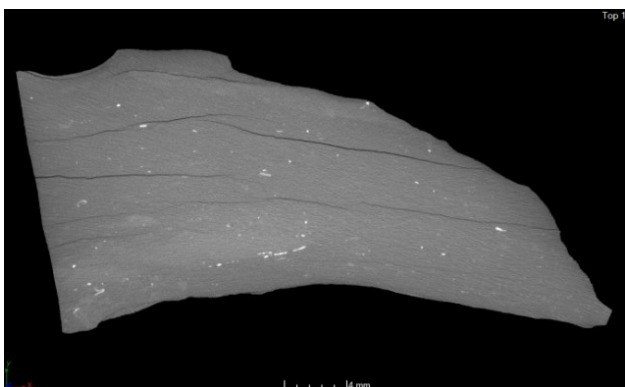


Рис. 3. Срез томограммы образца до пропитывания. Плотность показана градиентом серого

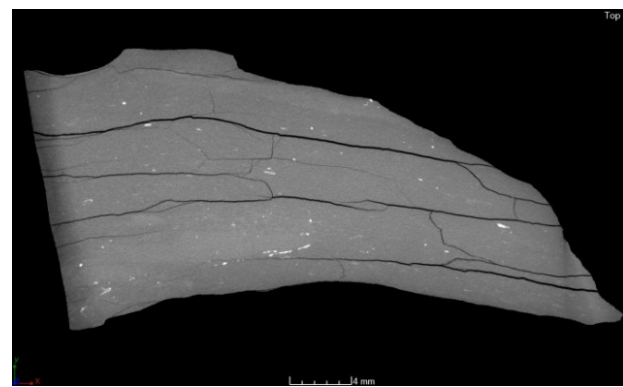


Рис. 4. Срез томограммы образца после пропитывания. Плотность показана градиентом серого

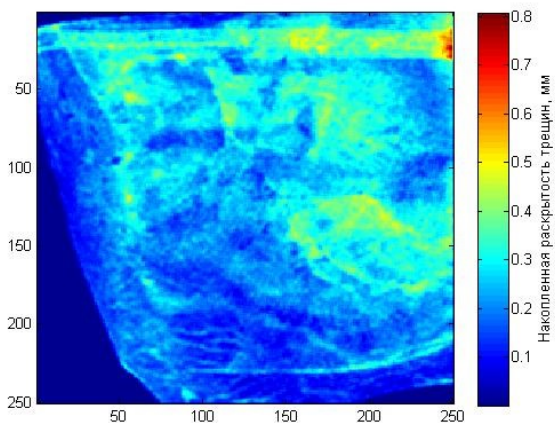


Рис. 5. Карта трещиноватости образца до пропитывания. Цветом показана накопленная раскрытость трещин в соответствии со шкалой справа на глубину образца.

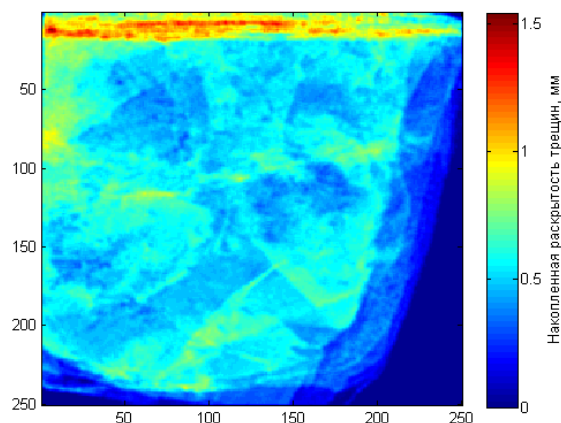


Рис. 6. Карта трещиноватости образца после пропитывания. Цветом показана накопленная раскрытость трещин в соответствии со шкалой справа на глубину образца.

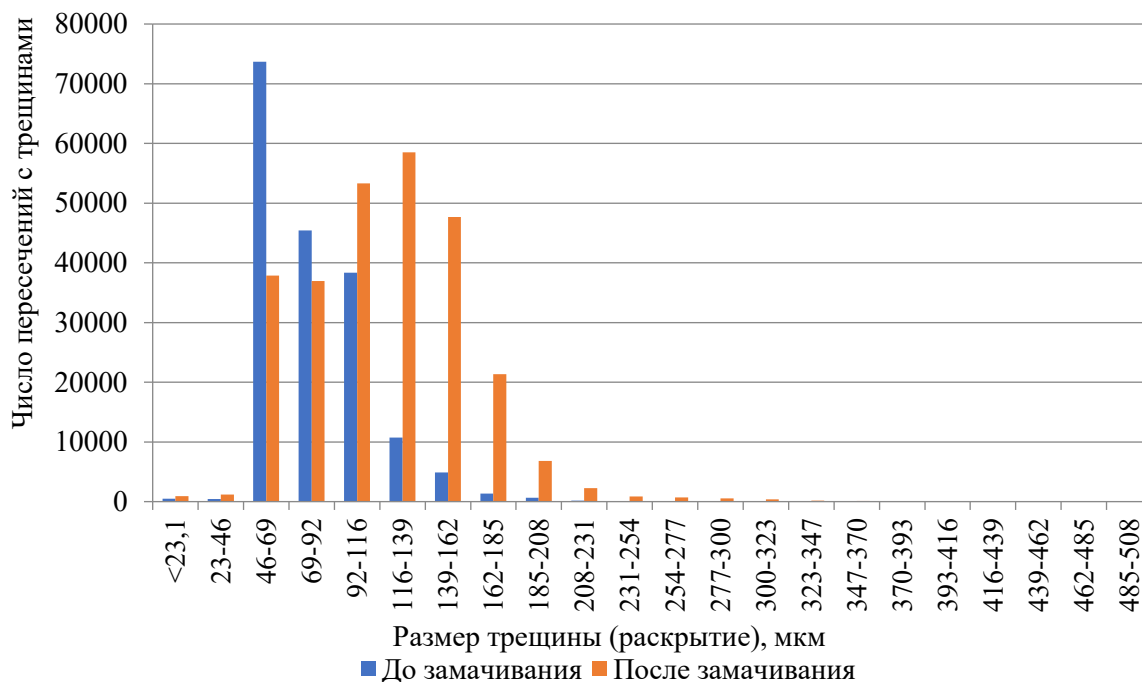


Рис. 7. Количество и размеры трещин в образце до и после замачивания

По полученным изображениям пустотного пространства, срезам томограмм и картам трещиноватости, выявляются три фактора, влияющие на изменение пустотного пространства: увеличение раскрытия трещин, появление новых микротрещин, кольматация в открытых трещинах твёрдой фракции бурового раствора при фильтрации внутрь образца.

По результатам подсчетов суммарное число трещин в образце увеличилось на 34,66%, при этом средняя раскрытость увеличилась на 56,52%.

В ходе измерения параметров трещинного пустотного пространства выявились следующие факторы, влияющие на их изменение в процессе взаимодействия с буровыми растворами: разбухание породы образца, приводящее к увеличению размеров трещин и появлению новых микротрещин; забивание крупных трещин твёрдой фракцией раствора в результате фильтрации раствора внутрь образца по этим трещинам.

Вывод: исходя из полученных данных, можно утверждать, что применяемый в исследовании состав бурового раствора для данных пород не соответствует предъявленным к нему технологическим требованиям, так как его использование не будет обеспечивать предотвращение осыпания стенок скважин в процессе бурения.

Литература

1. Гаршина О.В., Казаков Д.А., Некрасова И.Л. и др. Применение метода рентгеновской томографии для оценки влияния технологических жидкостей на горные породы в процессе бурения и освоения скважин // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2020. 5 с;
2. Казымов К.П., Молоштанова Н.Е. Литогенетические особенности горных пород, вмещающих продуктивные отложения нефти Нижнекамменноугольной терригенной толщи // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2020. 8 с;
3. Некрасова И.Л., Казымов К.П., Предеин А.А. и др. Изменение состава и структуры терригенных пород под воздействием буровых растворов // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. с.37-43.

КАРКАСООБРАЗУЮЩИЕ ОРГАНИЗМЫ И ТИПЫ КОЛЛЕКТОРОВ В ДОЛОМИТАХ ЮРЯХСКОГО ПОДГОРИЗОНТА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Белогурова Мария Анатольевна

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»,
г. Тюмень,
e-mail: mabelogurova@tinnс.rosneft.ru

Швецов Евгений Игоревич

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»,
г. Тюмень,
e-mail: eishvetsov@tinnс.rosneft.ru

Ширяев Александр Владимирович

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»,
г. Тюмень,
e-mail: avshiryaev2@tinnс.rosneft.ru

Аннотация: Выделены основные типы каркасообразующих организмов юряхского подгоризонта Восточной Сибири. Установлена взаимосвязь формы каркасов и типа коллектора.

Ключевые слова: Доломиты, органогенная постройка, коллектор, Renalcis, керн, петрографический анализ, тэтэрская свита, юряхская свита, Восточная Сибирь.

FRAMEWORK-FORMING ORGANISMS AND RESERVOIR TYPES IN THE DOLOMITES OF THE YURYAKHSKY SUBHORIZON OF THE NEPSKO-BOTUOBINSK ANTECLISE

Mariia Belogurova

LLC «Tyumen petroleum scientific center»,
Tyumen,
e-mail: mabelogurova@tinnс.rosneft.ru

Evgeny Shvetsov

LLC «Tyumen petroleum scientific center»,
Tyumen,
e-mail: eishvetsov@tinnс.rosneft.ru

Alexander Shiryaev

LLC «Tyumen petroleum scientific center»,
Tyumen,
e-mail: avshiryaev2@tinnс.rosneft.ru

Abstract: The main types of frame-forming organisms of the Yuryakh subhorizon of Eastern Siberia are identified. The relationship between the shape of the frames and the type of collector is established.

Keywords: Dolomites, organogenic building, reservoir, Renalcis, kern, petrographic analysis, Teter Formation, Yuryakh formation, Eastern Siberia.

В настоящее время на территории Сибирской платформы одним из основных объектов нефтепоисковых работ является Непско-Ботуобинская антеклиз (НБА). Нефтеносность приурочена к венд-кембрийскому осадочному комплексу, основная роль в образовании которого принадлежит цианобактериальным сообществам.

В верхнеданиловское время на территории Сибирской платформы произошло повышение относительного уровня моря, однако, бассейн оставался относительно мелководным. Привнос терригенного материала был минимален, что благоприятствует формированию карбонатных пород, в то числе маломощных органогенных построек [2].

До настоящего времени морфологические особенности каркаса связывали чаще всего с фациальной принадлежностью. Авторам работы удалось проследить взаимосвязь между формой скелета микробиалитов и типом коллектора.

В ходе работы изучен керн пластов Б₅ тэтэрской свиты и Ю₃ юряхской свиты верхнеданиловского подгоризонта Непско-Ботуобинской антеклизы. Свиты являются возрастными аналогами друг друга, однако, расположены в разных фациальных районах – Ангаро-Непском и Ботуобинском (рис. 1).

Общая стратиграфическая шкала		ИРКУТСКО БАЙКИТСКАЯ ОБЛАСТЬ			БОТУОБИНСКО-ОЛЕКМИНСКАЯ ОБЛАСТЬ Б						
Система	Отдел	Надъярус	Ярус	Горизонт	Подгоризонт	Ангаро-Непский район А ₁	Ботуобинский район Б ₁	Сюджерско-Олекминский район Б ₂	Илимлейский район Б ₃		
						Ангарская зона 1.1 Братская скв. 18	Непская зона 1.2 Ярактинская скв. 27	Приленская зона 1.3 Ичерская скв. 189	Среднеботуобинская скв. 24	Батырская скв. 1	Хошонская скв. 256
Кемь	Ленский	Тойонский	Мамдинский	Чарский	Мамдинский	Ангарская свита	Ангарская свита	Чарская свита	Ангарская свита		
						Верхняя подсвита	Ангарская свита				
						Нижняя подсвита					
						Булайская свита	Булайская свита	Олекминская свита	Булайская свита		
							Булайская свита				
						Бельская свита	Бельская свита	Толбачанская свита	Толбачанская свита		
							Верхняя подсвита	Бельская свита	Верхняя подсвита		
						Нижняя подсвита		Нижняя подсвита			
						Усольская свита	Усольская свита	Усольская свита	Усольская свита		
							Верхняя подсвита	Усольская свита	Усольская свита		
Средняя подсвита (осинская)		Юрегинская свита	Сыгдахская свита								
Нижняя подсвита		Билирская свита	Билирская свита								
Юряхская свита	Юряхская свита	Юряхская свита	Юряхская свита								
	Верхняя подсвита	Юряхская свита	Юряхская свита								
Нижняя подсвита		Нижняя подсвита	Нижняя подсвита								
Венд	Томский	Усольский	Осинский	Юряхский	Юряхский	Б ₅	Тэтэрская свита	Ю ₃	Юряхская свита		
							Тэтэрская свита	Ю ₃	Верхняя подсвита		
									Нижняя подсвита		

Рис. 1 Стратиграфическая схема фациальных районов Сибирской платформы [2]

Пласты сложены карбонатными породами – доломитами с органогенными микробиально-водорослевыми и зернистыми структурами. Текстуры пород массивные и неправильно-слоистые, подчеркнутые стилолитизированными прожилками уплотнения с глинисто-органическим материалом. Вторичные минералы представлены ангидритом, галитом, пиритом и кремнем. По разрезу отмечается неравномерное содержание битума и глинистого материала. Ангидрит и глинистый материал преобладают в верхней части разреза, что обусловлено глинисто-сульфатно-карбонатной покрывкой. Битум отмечается в нижней части, частично заполняя пустотное пространство. Галит в разрезе развит неравномерно и заполняет как редкие поры и каверны, так и полностью запечатывает все пустоты. Пирит и кремнь содержатся в незначительных количествах.

По петрографическому анализу установлено, что основными каркасообразующими организмами пластов Б₅ и Ю₃ являются дендролитовидные формы микробиально-водорослевых сообществ типа Renalcis.

Для характеристики микробильно-водорослевых структур верхнеданиловского подгоризонта использовалась типизация основных форм каркасов для дендролитовидных микробильно-водорослевых сообществ, разработанная Brian R.Pratt [1].

Отличительной особенностью дендролитовидных форм является субвертикальная ориентировка роста, пузырьковидная и почковидная форма, образующая неправильные ряды. В изучаемых разрезах были встречены септальные, толстокустистые и камерные формы, различающиеся по размеру и толщине известковой оболочки (Рис. 2).

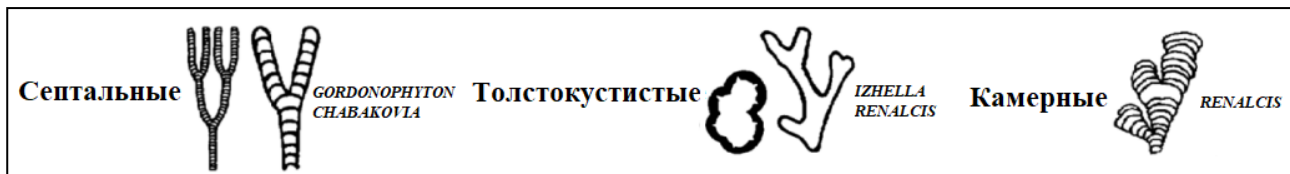


Рис. 2 Формы каркасов цианобактерий типа Renalcis [1]

Оболочки *септальных* форм очень тонкие, многократно ветвящиеся, с равномерным диаметром ветвей. Пересечения веток редки, зачастую они удалены друг от друга и разделены плотной микритовой матрицей. Образование пустот связано с процессами выщелачивания тонких оболочек скелетов. Зоны межскелетных заполнений остаются плотным. В породах, образованных септальными формами скелетов, формируются микропоровый тип коллектора.

Пустотелые, почковидные и неправильной формы тельца, срастающиеся друг с другом, характерны для *толстокустистого* типа. Скелеты неравномерно ветвящиеся, стенки сложены плотноупакованным микрокристаллическим доломитом. Диаметр веток изменчивый. Поверхности скелетов обрастают крустификационными цеменатами («клиновидный», «собачьи зубы» и другие), тем самым укрепляя каркас породы. Межформенное пространство оставалось полым, т.к. первичное межскелетное заполнение практически отсутствовало. Обилие скелетов создает относительно регулярную систему пустот. Таким образом, толстокустистые формы скелетов образуют породы с каверновыми и порово-каверновыми типами коллекторов.

Гроздевидные и неправильные облаковидные камерные формы, формируют своего рода ажурный рисунок. Как и септальные типы, *камерные* формы имеют тонкую оболочку, способную к выщелачиванию. Каркасы ветвящиеся, и по мере их роста размер слоевищ и камер увеличивается. Нарастающие кустики и веточки плотно прилегают друг к другу. Межкаркасное заполнение представлено микритовым материалом с рыхлой структурой и более поздним яснокристаллическим цементом. В породах, сложенных камерными формами скелетов, образуется пятнисто-поровый тип коллектора.

По результатам анализа выделились основные морфологические типы каркасостроителей и связанные с ними типы коллекторов. Для доломитов, сложенных септальными каркасами, характерен микропоровый тип коллектора, для камерных – пятнисто-поровый, для толстокустистых – каверновый и поровой-каверновый. Форма каркаса в органогенных структурах может характеризовать не только фациальные особенности, но и обуславливать тип коллектора. Несмотря на принадлежность пластов к разным фациальным районам, отмечается схожесть в морфологии каркасообразующих организмов, и, таким образом, можно спрогнозировать распространение коллекторов различных типов.

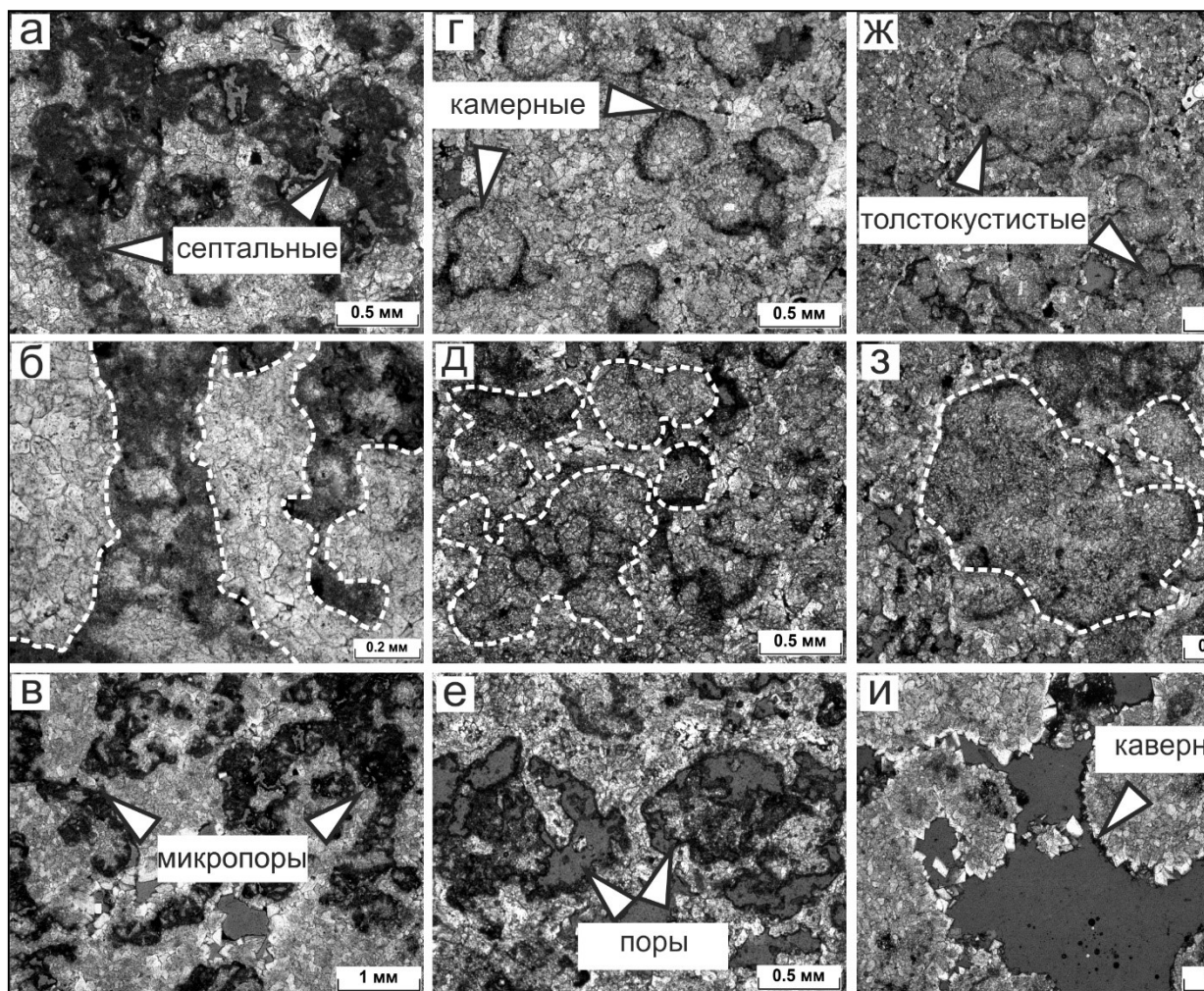


Рис. 3 Фото шлифов. Формы роста, строение каркаса и тип пустотного пространства цианобактериальных сообществ. *Септальные формы*: а – дендролитовидные формы роста; б – тонкие, ветвящиеся ветки, сложенные микрокристаллическим доломитом; в – микропоровый тип коллектора, образованный за счёт выщелачивание тельца водоросли; *камерные*: г – разрозненные формы роста; д – гроздевидные кустики, плотно прилегающие друг к другу; е – пятнисто-поровый тип коллектора, образованный за счёт выщелачивание стенок водоросли; *толстокустистые*: ж – массивные, срастающиеся между собой формы роста; з – почковидной и неправильной формы тельца; и – порово-каверновый тип коллектора, образованный за счёт выщелачивание межформенного пространства.

Литература

1. Brian R. Pratt. *Epiphyton and Renalcis-Diagenetic Microfossils from Calcification of Coccoid Blue-Green Algae*// *Journal of Sedimentary Petrology*. Denver. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Vol. 54. N 3. 1984. С. 948-970.
2. Кузнецов В.Г., Илюхин Л.Н., Дмитриевский С.А. и др. *Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность*. Москва, Научный мир, 2000. 104 с.
3. Мельников Н.В., Шабанов Ю.Я., Шабанова О.С. *Стратиграфическая схема венд-кембрийских отложений Турухано-Иркутско-Олекминского региона Сибирской платформы* // *Геология и геофизика*, 2010. 5(6), 863-875.

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

РАЗДЕЛ 3:

***ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И
РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ.***

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

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

Section 3:

УДК 553.98

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕФТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ

Котельников Евгений Андреевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, магистрант 1 курса,
Пермь
e-mail: xas321@mail.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Башкова Светлана Евгеньевна

Аннотация: В статье рассматривается распределение физических свойств и химического состава нефти по площади Соликамской впадины и по её разрезу. Используются данные по скважинам с 12 месторождений с залежами верхневизейско-башкирского, ниже-средневизейского и верхнедевонско-турнейского нефтегазоносных комплексов.

Ключевые слова: Соликамская впадина, нефть, нефтегазоносный комплекс, физические свойства, химический состав.

THE DISTRIBUTION FEATURES OF PHYSICAL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF OIL IN THE SOLIKAMSK DEPRESSION TERRITORY

Evgeniy Kotelnikov

*Perm State National Research University, 1st year Master's Degree Student,
Perm
e-mail: xas321@mail.ru*

Research supervisor: Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, Associate Professor Svetlana Bashkova

Abstract: The article describes the distribution of physical properties and chemical composition of oil over the area of the Solikamsk depression and along its cross-section. There were used 12 oil fields wells data with deposits of the Upper Visean-Bashkir, Lower-Middle Visean and Upper Devonian-Tournaisian oil and gas complexes.

Keywords: Solikamsk depression, oil, oil and gas complex, physical properties, chemical composition.

Соликамская впадина - это крупная тектоническая структура Предуралья Краевого прогиба, расположенная на стыке Восточно-Европейской платформы и Урала в пределах Пермского края.

На территории Соликамской впадины известны нефтяные месторождения: Крутовское, Озёрное, Уньвинское, Чашкинское, Юрчукское, Люльвинское, Федорцевское; нефтегазовые: Пихтовое, Кисловское, Гежское; и нефтегазоконденсатные Маговское и Цепельское (рис.1) с залежами преимущественно в трех промышленно-нефтегазоносных комплексах (НГК): верхневизейско-башкирского карбонатном, ниже-средневизейского терригенном и верхнедевонско-турнейском карбонатном [2].

В работе рассмотрены физико-химические характеристики нефтей и особенности их распределения по двенадцати месторождениям Соликамской впадины [3].

Распределение плотности нефтей показывает, что в северной части Соликамской впадины нефти более легкие, чем в южной (северная часть Березниковского палеоплато), при этом в южной части Березниковского палеоплато нефти самые тяжелые (рис.2). С запада на восток плотность

закономерно снижается в сторону передовых складок Урала (рис.2). Нефти западной части Соликамской впадины значительно тяжелее, чем в восточной части. Средняя плотность нефтей 0,827 г/см³, что по классификации соответствует особо легкой нефти [1].

Распределение вязкости нефтей Соликамской впадины аналогично распределению плотности. Как и плотность, вязкость имеет минимальные значения в северной части Березниковского палеоплато, а максимальные в южной его части (рис.2). Плотность и вязкость нефтей уменьшается с запада на восток (рис.2), средняя динамическая вязкость 9,185 мПа*с.

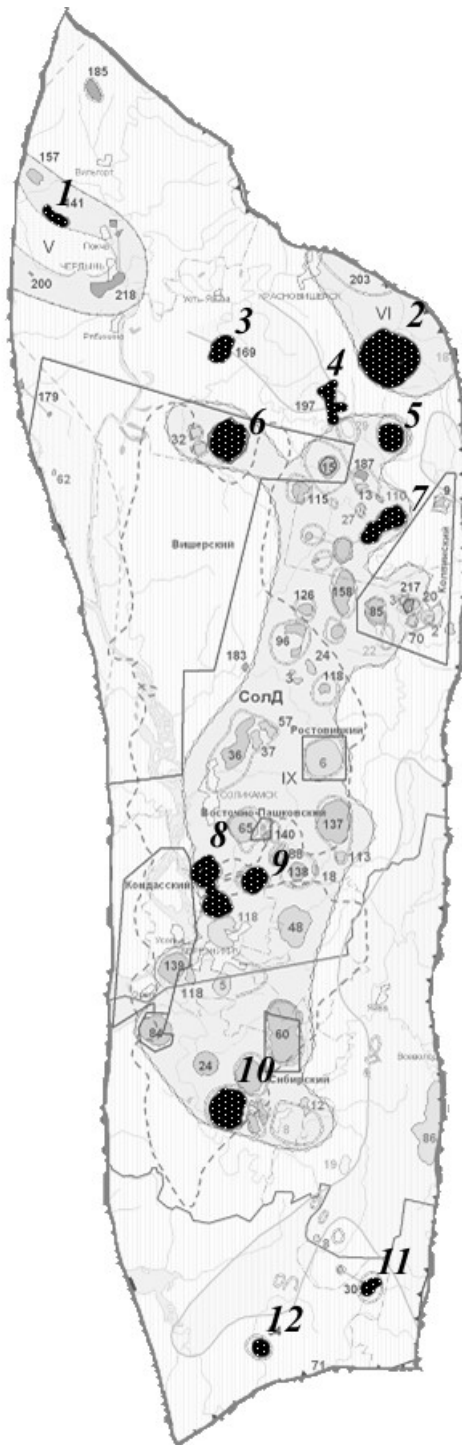


Рис. 1. Месторождения Соликамской впадины: 1 – Люльвинское, 2 – Гежское, 3 – Федорцевское, 4 – Кисловское, 5 – Цепельское, 6 –Озёрное, 7 – Маговское, 8 – Юрчукское, 9 – Чашкинское, 10 – Уньвинское, 11 – Крутовское, 12 – Пихтовое

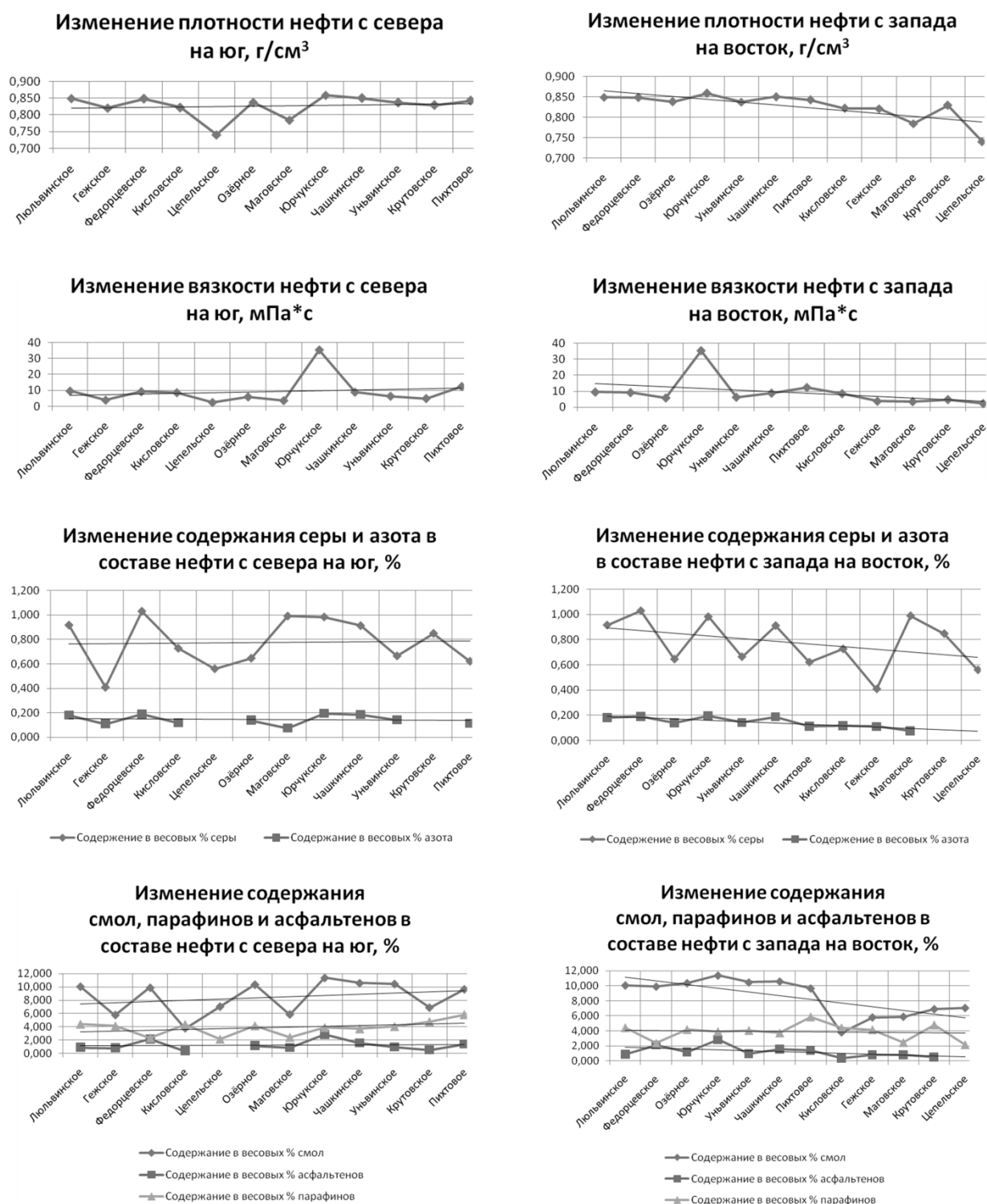


Рис. 2. Диаграммы изменения физических свойств и химического состава на площади Соликамской впадины

Содержание серы и азота характеризуется относительно равномерным распределением, с небольшим повышением в южной части (рис.2). Для восточной части характерно некоторое понижение серы и азота (рис.2). Распределение содержания серы и азота в нефти аналогично распределению плотности и вязкости. Среднее содержание серы в нефти Соликамской впадины 0,776 %, что по классификации соответствует сернистой нефти [1].

Распределение асфальтено-смолистых веществ в составе нефти повышается с севера на юг (рис.2) и понижается с запада на восток (рис.2), аналогично плотности и вязкости. Среднее содержание асфальтено-смолистых веществ 9,713 %. Содержание парафинов повышается с севера на юг и понижается с запада на восток, среднее содержание парафинов 3,876 %.

Объем легких фракций в составе нефти уменьшается в направлении с севера на юг, и увеличивается в направлении с запада на восток. Наибольший объем легких фракций имеют газоконденсатные месторождения.

Плотность нефти увеличивается вверх по разрезу от отложений верхнедевонско-турнейского НГК к ниже-средневизейскому и снова уменьшается в карбонатных отложениях верхневизейско-башкирском. При этом диапазон изменения плотности в среднем по НГК очень узкий 0,828-0,838 г/см³ (табл.1).

Таблица 1

Усредненные данные по основным физико-химическим характеристикам для верхневизейско-башкирского карбонатного, ниже-средневизейского терригенного, верхнедевонско-турнейского карбонатного нефтегазоносных комплексов

НГК	Плотность (20°С), г/см ³	Динамическая вязкость, мПа*с при 20°С	Фракционный состав, выкипает в об. % до			
			100 °С	150 °С	200 °С	300 °С
Верхневизейско-башкирский	0,832	27,795	12,208	24,600	33,650	50,638
Ниже-средневизейский	0,838	7,424	7,412	19,513	29,681	49,835
Верхнедевонско-турнейский	0,828	6,094	8,148	21,055	33,108	55,053
НГК	Содержание в весовых %					
	S	N	смолы силикагелевые	асфальтены	парафины	
Верхневизейско-башкирский	0,870	0,205	10,979	3,121	3,414	
Ниже-средневизейский	0,756	0,160	9,492	1,070	4,325	
Верхнедевонско-турнейский	0,688	0,129	7,565	0,800	3,886	

Вязкость увеличивается вверх по разрезу. Наименьшей вязкостью обладают нефти верхнедевонско-турнейского НГК, вязкость нефтей ниже-средневизейского НГК немногим выше в среднем 6,094 мПа*с и 7,424 мПа*с соответственно, а в верхневизейско-башкирском вязкость увеличивается практически в 4 раза до 27,795 мПа*с.

Содержание серы, азота и асфальтено-смолистых веществ увеличивается вверх по разрезу, но с разными пропорциями. Среднее содержание серы в нефти увеличивается с 0,688 % до 0,870 %. Содержание азота также увеличивается с 0,129 % до 0,205 %, это указывает на то, что в более молодых отложениях растет содержание ароматических УВ. Содержание асфальтенов увеличивается с 0,800% в верхнедевонско-турнейском НГК до 3,121% в верхневизейско-башкирском, при этом резким увеличением содержания асфальтенов почти в 4 раза можно объяснить такой же резкий рост вязкости в верхневизейско-башкирском. Содержание парафина в терригенном комплексе немного выше, чем в обоих карбонатных.

Содержание легких фракций (выкипающих до 200 °С) вверх по разрезу от верхнедевонско-турнейского к ниже-средневизейскому сначала уменьшается, а затем увеличивается к верхневизейско-башкирскому. По фракционному составу нефть верхнедевонско-турнейского НГК классифицируется как особо легкая, а нефть ниже-средневизейского и верхневизейского-

башкирского НГК к легкой [1]. Наибольшее содержание легких фракций, выкипающих до 100 °С содержится в нефтях верхневизейско-башкирского, и с увеличением температуры выкипания доля легких фракций, относительно верхнедевонско-турнейского и ниже-средневизейского, уменьшается, а содержание средних фракций (выкипающих до 300 °С) уже уступает верхнедевонско-турнейскому. Большая доля легких фракций в верхневизейско-башкирском НГК объясняет низкую плотность при относительно высокой вязкости и высоком содержании серы, азота и асфальтено-смолистых веществ.

Таким образом, можно отметить, что на территории Соликамской впадины нефти с наилучшими физико-химическими характеристиками выявлены в северно-восточной части впадины на месторождениях Маговское, Цепельское и Гежское, и характерны для верхнедевонско-турнейского НГК.

Литература

1. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. М. 2002. IV, с. 2-5.
2. Катошин А.Ф. Особенности освоения нефтяных ресурсов северо-востока Пермского Прикамья. Пермь: Горный институт Уральского отделения РАН, 2002. 205 с. 41-55.
3. Нефти, газы и ОВ пород севера Урало-Поволжья. Каталог физикохимических свойств / под ред. А.З. Кобловой, Ю.А. Дулепова. – Пермь: КамНИИКИГС, 1989. – Вып. III. – 685 с. с. 200-229.

УДК 567.5

КОСТИСТЫЕ РЫБЫ СЕМЕЙСТВА CLUPEIDAE ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ОЛИГОЦЕНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Мирзабаев Дмитрий Алексеевич

*Тюменский государственный университет, студент 3 курса,
г. Тюмень*

e-mail: dmitriy08m@gmail.com

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Смирнов Павел Витальевич

Аннотация: в настоящей работе приводятся сведения об уникальной находке ископаемого скелета рыбы на территории юга Западной Сибири. На основании изучения анатомии скелета рыбы установлена ее систематическая принадлежность к семейству Clupeidae. Также в работе рассматриваются вопросы о возможной миграции и причинах расселения представителей данного семейства на территорию юга Западной Сибири в позднее олигоценное время. Статья призвана расширить имеющиеся представления об ихтиофауне пресноводных бассейнов палеогена Западной Сибири.

Ключевые слова: туртасская свита, Западная Сибирь, ихтиофауна, олигоцен, палеобиогеография.

FAMILY CLUPEIDAE (TELEOSTEI) FROM THE UPPER OLIGOCENE OF WESTERN SIBERIA

Dmitriy Mirzabaev

*University of Tyumen, 3rd year student,
Tyumen*

e-mail: dmitriy08m@gmail.com

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Professor, Pavel Smirnov

Abstract: the paper provides information on a sample of a fossil fish from Western Siberia. The study of anatomy was established a taxonomy – family Clupeidae. Also, the paper discusses the issues of possible fish migration in the area. The article is intended to expand the understanding of the fish from the freshwater Paleogene basins of Western Siberia.

Key words: Turtas formation, Western Siberia, Ichthyofauna, Oligocene, paleobiogeography.

В алевролитовых породах из местонахождения в долине р. Бича, для которых на основании палинологического и палеофлористического анализов установлена стратиграфическая принадлежность к туртасской свите [Denk et al., 2020], сделана находка ископаемого скелета рыбы. Туртасская свита в стратиграфическом отношении отвечает позднему олигоцену и сложена алевролитовыми и глинистыми разностями пород со значительным содержанием диатомовых водорослей и спикул губок [Кузьмина, Шурыгин, 2016; Смирнов, 2016; Смирнов и др., 2015; Смирнов и др., 2017, Александрова и др., 2017, Орешкина и др., 2020]. Туртасская свита по палинологическим данным сопоставляется с морскими образованиями позднего олигодена (хаттский ярус) Северного Устья (нижнебайгубекский подгоризонт), охарактеризованных фауной и флорой [Панова, 1971, Орешкина, 2020]. Результаты целого ряда исследований свидетельствуют в пользу неморского генезиса отложений [Смирнов и др., 2017; Кузьмина и др., 2017, Александрова и др., 2017, Орешкина и др., 2020]. Вместе, находки органикостенного микрофитопланктона рода *Pseudokomewuia* [Кузьмина, Волкова, 2004; Кузьмина, Шурыгин, 2016] определяют и актуальность гипотезы о морском или солоновато-водном характере туртасского моря-озера и его связях с Арктикой и байгубекским морем через Тургайский прогиб [Орешкина и др., 2020].

Исследования ископаемой пресноводной ихтиофауны Западной Сибири не многочисленны, но достаточно содержательны, в силу того, что находки анатомически полных скелетов редки и представляют большую ценность для научных изысканий. А.М. Прокофьева и Е.К. Сычевская [2016] сообщают о скелете выюна из нижнемиоценовых отложений. Также известны данные о скелете щуки, отнесенного к виду *Esox lucius*, из плейстоценовых отложений Ишим-Иртышского междуречья [Сычевская и др, 2015]. Наиболее обширные сведения об ископаемой ихтиофауне данного региона известны из отложений четвертичной системы благодаря активному рыболовству древнего человека на территории Западной Сибири и накоплению костей рыб. Так в работе Т. В. Лобановой и Д. О. Гимранова приводятся данные об изучении костных остатков рыб из 17 позднеголоценовых местонахождений на территории севера Западной Сибири [Лобанова, Гимранов, 2016].

Однако вопросы формирования комплекса и миграции пресноводной ихтиофауны и ее разнообразие не получили должного рассмотрения. Для решения этого спектра проблем, особую ценность приобретает изучение анатомически полных находок и их последующая таксономическая идентификация.

Соответственно, главной целью должно стать изучение уникальных находок анатомически полных скелетов рыб в отложениях Западно-Сибирского седиментационного бассейна и определение их систематического положения.

Материалом для выполнения данной работы послужил скелет рыбы из верхнеолигоценых отложений в долине р. Бича (юг Западной Сибири). Находка хранится в фондах Регионального Тюменского музейного комплекса им. И.Я. Словцова под номером ОФР9187-97. Определение таксономической принадлежности ископаемой рыбы проводилось на основании анализа анатомического строения сохранившегося скелета. Таксономия рыбы принимается в соответствии Л.С. Берга [1955].

Хвостовой плавник гомоцеркального типа, скелет рыла заостренный. Размеры грудного плавника небольшие относительно скелета черепа. Брюшные кильевые чешуи хорошо развиты. Брюшные плавники расположены напротив основания спинного плавника. Совокупность этих анатомических особенностей позволяет отнести данную находку к семейству Clupeidae – сельдевые.

Современные представители семейства сельдевые являются морскими обитателями и не редко проникают в прибрежные районы, где в мелководных обстановках создаются благоприятные условия для их размножения. Кроме того, некоторые представители современных видов в период нереста могут проникать в пресноводные бассейны через дельты рек, впадающих в море [Поддубный, Малинин, 1988]. Не исключено, что периодическое налаживание связи туртасского бассейна с акваторией Перитетиса через тургайский прогиб [Смирнов, 2015] предопределило возможность древним сельдевым рыбам мигрировать в крупный пресноводный бассейн для нереста.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках государственного задания FEWZ-2020-0007 «Фундаментальные закономерности развития природной среды юга Западной Сибири и Тургая в кайнозое: седиментология осадочных толщ, абиотические геологические события и эволюция палеобиосферы» Исследования выполнены с использованием оборудования ЦКП «Биокосные системы криосферы», Тюменский научный центр СО РАН.

Автор выражает свою искреннюю признательность Я.С. Трубину за консультации и моральную поддержку на протяжении выполнения всего проекта. П.В. Смирнову за ценные советы, конструктивные замечания и рекомендации к рукописи, а также А.Г. Селюкову за помощь в идентификации таксономической принадлежности скелета рыбы и обсуждение результатов.

Литература

1. Александрова Г.Н., Орешкина Т.В., Смирнов П.В., Константинов А.О., Кузьмина О.Б. Данные о возрасте и генезисе отложений верхнего кайнозоя Тюменской области (Западная Сибирь), обогащенных биокремнистым материалом // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2017. Т. 25. № 4. С. 62–88. <https://doi.org/10.7868/S869592X17040032>
2. Берг Л.С. Система рыбообразных и рыб, ныне живущих ископаемых // Труды Ин-та зоологии АН СССР. Т.20. – М.-Л.: АН СССР, 1955. С. 289
3. Берг, Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран.- М.; Л.: Издательство Академии наук СССР, 1948, ч.1, 467с.

4. Кузьмина О.Б., Шурыгин Б.Н. Первые находки диноцист в туртаской свите (верхний олигоцен) на юге Тюменской области // Докл. АН. 2016. Т. 467. № 6. С. 682–686.
5. Лобанова Т. В., Гимранов Д. О. Обзор находок костей рыб из голоценовых местонахождений севера Западной Сибири // Фауна Урала и Сибири, 2016. № 2. С. 7-20.
6. Орешкина Т.В., Александрова Г.Н., Ляпунов С.М., Смирнов П.В., Ермолаев Б.В. Микропалеонтологическая и литогеохимическая характеристика туртаской свиты (верхний олигоцен), Западная Сибирь // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2020. Т. 28. № 3. С. 114-133.
7. Поддубный А.Г., Малинин Л.К. Миграции рыб во внутренних водоёмах: Моногр. – М.: Аграрпромиздат, 1988, - 244 с.
8. Панова Л.А. Оligocen Западно-Сибирской низменности. Кайнозойские флоры Сибири по палинологическим данным. М.: Наука, 1971. С. 40–50.
9. Прокофьев А.М., Сычевская Е.К. Первая находка вьюна (*Cobitidae: Misgurnus*) в нижнем миоцене Западной Сибири // Вопросы ихтиологии, 2016. Т. 56. № 3. С. 284–288.
10. Сычевская Е.К., Лаухин С.А., Ларин С.И., Максимов Ф.Е., Санько А.Ф. Находка скелета щуки *Esox Cf. Lucius L.* В плейстоцене водораздельных отложений Ишим-Иртышского междуречья // Палеонтологический журнал, 2015. № 5. С. 50.
11. Смирнов П.В. Туртаская стадия кремнеаккумуляции в Западной Сибири // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2015. № 6 (246). С. 7-10.
12. Смирнов П.В., Иванов К.С., Константинов А.О. Литология пород туртаской свиты и возможности их использования в качестве сырья для производства пеностеклокерамики на примере Успенской площади (Тюменская область) // Известия Томского Политехнического Университета, т. 326, №7, 2015, С. 112-120.
13. Смирнов П.В., Константинов А.О., Александрова Г.Н., Кузьмина О.Б., Шурыгин Б.Н. Новые данные по литологии прибрежных фаций туртаской свиты (верхний олигоцен, юг Западной Сибири) // Доклады Академии наук, 2017. Т. 475. № 6. С. 665-668.
14. Смирнов П.В. Микроскопические исследования биогенных силицитов туртаской свиты (верхний олигоцен, Западная Сибирь) // В сборнике: Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации) материалы десятой международной научно-технической конференции (посвященной 60-летию Тюменского индустриального университета), 2016, С. 33-36.
15. Thomas Denk, Johannes Martin Bouchal, Pavel Smirnov & Yaroslav Trubin (2020) Late Oligocene leaf and pollen flora of Southwestern Siberia: taxonomy, biogeography and palaeoenvironments, *Historical Biology*, 26 с. DOI: 10.1080/08912963.2020.1839064

УДК 551.7

ВОЗРАСТ И БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБНАЖЕНИЯ ПЕСЧАНАЯ ГОРА, ДОЛИНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ЛЕНА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

Павлова Мария Романовна

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, молодой учёный,
г. Якутск
e-mail: Nigaer@yandex.ru*

*Научный руководитель: д.г.н., профессор (доцент, старший преподаватель, ассистент),
Галанин Алексей Александрович*

Аннотация: Представлены результаты литологических и палинологических исследований, данные радиоуглеродного датирования, полученные в ходе изучения позднечетвертичных отложений опорного обнажения Песчаная гора (долина среднего течения р. Лена, Центральная Якутия) в 2017-2020 гг. Отмечены геологические и биостратиграфические особенности, а также возраст слагающих толщ. Определён спорово-пыльцевой состав верхней озерно-болотной части разреза (19-25 м), выделены два этапа развития растительного покрова в период с конца МИС2 и до середины голоцена. Установлен возраст формирования торфяника – первая половина голоцена.

Ключевые слова: обнажение Песчаная гора, литология, генезис и возраст отложений, палинология, радиоуглеродное датирование, р. Лена, Центральная Якутия.

AGE AND FEATURES OF BIOSTRATIGRAPHY OF DEPOSITS PESCHANAYA MOUNTAIN OUTCROP, VALLEY OF THE MIDDLE COURSE OF THE LENA RIVER (CENTRAL YAKUTIA)

Maria Pavlova

*Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science,
Young Researcher,
Yakutsk,
e-mail: Nigaer@yandex.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geography, Professor, Aleksey Galanin

Abstract: Results of lithological and palynological investigation, data of the radiocarbon dating of Late Quaternary deposits of the bearing outcrop of Peschanaya Mountain (valley of the middle course of the Lena river, Central Yakutia), uncovered in 2017-2020, are presented. The features of the geological structure and biostratigraphy, also the age of the deposits, are given. The palynological composition of the lacustrine-boggy deposits of upper part of the section (19-25 m) are determined, two stages of development of vegetation cover are identified in the period from the end of MIS2 to the middle of the Holocene. The age of formation of the peat bog are established - the first half of the Holocene.

Keywords: the Peschanaya Mountain outcrop, lithology, genesis and age of deposits, palynology, radiocarbon dating, Lena river, Central Yakutia.

Песчаная гора является опорным обнажением разнотектонических подчетвертичных отложений, имеющее ключевое значение для понимания осадконакопления на рубеже неоплейстоцена и голоцена для всей территории Центрально-Якутской равнины. Исследования этого уникального объекта начаты еще предшественниками во второй половине прошлого столетия [1,2,5,6] и продолжается до сих пор в связи с многочисленными дискуссионными вопросами о его возрасте и генезисе [3,4]. В данной работе приводится наиболее полная характеристика по

биостратиграфии и возрасту обнажения Песчаная гора с учетом новых, а также ранее опубликованных данных.

Обнажение Песчаная гора расположено на правом берегу р. Лены в 60 км выше устья р. Алдан в 14 км к северо-востоку от пос. Графский берег. Приурочено к береговому обрыву 18-23-метровой третьей (кердёмской) надпойменной террасы р. Лена и имеет протяженность более 7 км. Поверхность террасы сложена параллельными рядами U-образных дюн, ориентированными в юго-восточном направлении. Бровки дюн покрыты сосновым лесом с толокнянково-лишайниковым покровом. В междюнных понижениях распространены березовые группировки, ерничково-осоковые заросли, разнотравные луга, болота и мелкие озера.

В ходе полевых исследований 2017-2020 гг. в северной части обнажения Песчаная гора нами выполнена зачистка № 537 (62°52'51'' с. ш.; 129°48'23'' в. д) с подробным описанием и опробованием. На базе института мерзлотоведения СО РАН для уточнения гранулометрического состава отложений выполнен по всей толще анализ 29 проб методами ситового отсева и ареометрии [9]. Для верхней части разреза (22.4-25 м) проведено определение абсолютного возраста торфа радиоуглеродным анализом для четырех образцов методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220. Для интервала 19.0-25 м отобрано 20 образцов и выполнен спорово-пыльцевой анализ согласно общепринятым методикам.

На основании полученных данных снизу-вверх от межленного уровня р. Лены установлены следующие отложения:

0-2.45 м – нижняя аллювиальная пачка представлена песчано-гравийными охристыми горизонтально слоистыми отложениями с примесью гальки (бестяхская свита).

2.45-2.50 м – палеопочвенный горизонт, образованный супесью охристой пылеватой с тонкими (3-4 см) линзами гумусированного органического детрита и с примесью угольков. Слоистость отложений волнистая, слоистость тонкопараллельная, местами неясная. Кровля разбита систематическими вертикальными песчаными трещинами толщиной 10-15 см, уходящими на глубину до 0.5-1 м в нижележащие отложения.

Рядом авторов эти отложения отнесены к «перигляциальному аллювию» среднего неоплейстоцена [2,5,8]. К настоящему времени абсолютные датировки бестяхской свиты обнажения Песчаная гора отсутствуют. Установлена только обратная намагниченность свиты, сопоставленная с магнитохроном Матуяма верхняя граница которого составляет 780 тыс. л. н. [5,7]. Также проводят параллель с магнитными экскурсами Блэйк или Сероглазка (100 и 120 тыс. л. н.), где данные события уже были идентифицированы в разрезах некоторых террас Центральной Якутии [7].

2.5-9.85 м – верхняя аллювиальная пачка отложений образована чередованием горизонтальных слоев песка светло-серого мелкозернистого мощностью 5-15 см с тонкими (2-3 см) прослоями супеси темно-серой пылеватой со знаками ряби, линзами намывного растительного детрита. В некоторых слоях наблюдается косая текстура (фашия подводных речных дюн), обусловленная литологической неоднородностью.

9.85-10.0 м – палеопочвенный горизонт, образованный тонким переслаиванием песка серого крупнозернистого и супеси темно-серой гумусированной с мелким растительным детритом, линзами намывной органики. Местами пачка разбита вертикальными песчаными клиньями глубиной до 1.5 м и шириной 0.5 м, заполненными песком среднезернистым кварцевым из вышележащих слоев.

Пачка отложений (2.5-10 м) отнесена предшественниками к «перегляциальному аллювию» мавринской свиты средне-позднеплейстоценового возраста [2,5,8].

На глубине 5 м выше уреза р. Лена получена дата 22100-19600 кал. л. н. (ИМ-759) [2], свидетельствующая о формировании отложений во время термического минимума МИС-2. Для палеопочвенного горизонта имеется дата, полученная с глубины 10 м от уреза – 18390-16700 кал. л. н. (ИМ-901) [5].

10.0-17.0 м – нижняя пачка эолово-криогенных отложений (дьюлкюминская свита) представлена песком светло-желтым, местами светло-серым, среднезернистым с перекрестно-волнистой, местами круто падающей (45-60°), слоистостью, ориентированной в юго-восточном направлении, с редкими прослойками песка крупнозернистого и мелкого гравия (2-4 мм).

17.0-17.4 м – поверхность дефляции, подстилаемая песком темно-серым мелкозернистым и супесью пылеватой с фрагментами палеопочвы. Поверхность несогласно срезает наклонные серии подстилающей нижней пачки эолово-криогенных отложений (10.0-17.0 м), и наклонена в юго-восточном направлении под углом 10-15°; местами разбита вертикальными песчаными клиньями толщиной до 10-15 см и глубиной до 0.5-1 м. Палеопочва образована прерывистыми тонкими (0.5-1

см) прослойками и линзами мелкого растительного детрита, угольков, тонких прослоев отбеленного кварцевого песка с примесью мелкого (2-3 мм) гравия.

17.4-20.0 м – верхняя пачка эолово-криогенных отложений (дьолкуминская свита) представлена песком светло-желтым мелкозернистым хорошо сортированным волнисто- и перекрестно-слоистые с прослоями песка белесого крупнозернистого и редкими включениями тонких почвенно-дерновых прослоев толщиной до 2-4 см.

По данным Камалетдинова с соавт. [5], палиноспектры, полученные из нижней части пачки дьолкуминской свиты обнажения Песчаная гора, характеризуются доминированием полыни, злаковых, маревых и осок при малочисленных кустарниковых березах и ольховнике. Авторы отмечают, что палиноспектры приурочены для этапа конец каргинского – сартанского времени и отражают растительность перегляциальных травянистых тундр с участками кустарников. В 14 м от уреза р. Лена из фрагмента палеопочвы получена дата 14070-13400 кал. л. н. (ГИН-2461) [5], что соответствует потеплению бёллинг-аллёрда. В связи с этим можно предположить, что формирование нижней пачки эолово-криогенных отложений происходило в интервале 17-14 тыс. л. н. Накопление верхней эолово-криогенной пачки отложений связано с последним глобальным похолоданием позднего дриаса [4].

Спектром В.В. с соавт. [8] из пачки дьолкуминской свиты, вскрытой в пределах обнажения Песчаная гора, получены палиноспектры в составе которых преобладает пыльца травянистых таксонов, содержится значительное количество минерализованных, механически поврежденных и переотложенных зерен. Пыльцевой состав свидетельствует о формировании эолово-криогенных отложений в условиях прерывистого почвенно-растительного покрова обедненных степей, где доминировали ксерофитные таксоны – полыни, злаки, осоки, гвоздичные и маревые. Небольшое присутствие пыльцы деревьев, кустарников и кустарничков (*Pinus*, *Larix*, *Betula*, *Alnaster*, *Ericales*, *Selaginella* sp.), а также спор мхов (*Sphagnum*) и водорослей (*Botryococcus*) свидетельствует о мозаичном ландшафте, в котором сохранялись небольшие водоемы и, возможно, оазисы древесно-кустарниковой растительности [4].

20.0-20.4 м – озерные отложения, представленные горизонтально залегающими слоями супеси темно-серой с сизоватым оттенком пылеватой, суглинков сизых легких и песков мелкозернистых белесых кварцевых. Растительный детрит полностью отсутствует.

20.4-22.4 м – озерно-эоловые отложения представлены песком светло-серым среднезернистым, местами с охристым оттенком, с тонкими прослоями супеси темно-серой пылеватой толщиной 2-3 мм. Отложения практически не содержат видимого органического детрита, несут признаки значительных вторичных деформаций в виде плейчатой микроскладчатости и микродиapiroв выдавливания, вертикальных микроразрывов со сдвиговыми смещениями на 10-15 см. По мнению предшественников, данная пачка отложений представляет собой результат озерной переработки кровли дьолкуминской свиты [5].

В расчистке № 537 из интервала 19.0-22.4 м нами получены палиноспектры на основании 5 образцов (рис. 1, PZI), в которых преобладают древесные растения 83.3-99% с доминированием пыльцы *Picea* (62.4-93.4%), зерна которой имеют плохую сохранность. Отмечена пыльца *Pinus* s/g *Diploxylon* (0.3-2.3%), *Pinus* s/g *Haploxylon* (0.6-0.7%), *Betula* sect. *Nanae* (1.9-20.1%), *Alnaster* (0.3-3.4%) и *Salix* (0.7%). Пыльца трав составляет 1-12.5% с преобладанием Poaceae (0.3-9.4%); отмечены также *Artemisia*, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Brassicaceae, *Rubus Chamaemorus*, Ranunculaceae и *Thalictrum*. Споры (Polypodiophyta, *Sphagnum*) составляют 0.1-6%. Присутствуют в спектрах переотложенные споры Polypodiophyta и Cf. *Osmunda*. Концентрация составляет 210-580 зерен / г.

22.4-25 м – торф темно-коричневый мохово-кустарничковый от хорошо разложившегося (в нижней части) до плохо разложившегося (в верхней части) с тонкими прослоями супеси белой пылеватой и с включением обломков древесины. Алексеевым с соавт. [2] на глубине 22.6 м получена дата 8990-8600 кал. л. н. (ГИН-2462). В лаборатории радиоуглеродного датирования института мерзлотоведения СО РАН нами получены четыре даты с глубин 22.5, 23.0, 23.5 и 24.0 м 9490-8880 кал. л. н. (МРІ-121), 7750-7040 кал. л. н. (МРІ-118), 11340-10360 кал. л. н. (МРІ-119), и 7440-6930 кал. л. н. (МРІ-120) соответственно. Полученные даты указывают на формирование торфяника на протяжении первой половины голоцена во время климатического оптимума. По данным Камалетдинова В.А. с соавт. [5] в подошве торфяника установлено множество пресноводных моллюсков и остракод, указывающих о существовании здесь небольшого водоема.

В расчистке № 537 в интервале 22.6-25 м нами отобраны и исследованы 15 образцов торфа палинологическим методом. В следствие чего получена палинозона (рис. 1, PZII), которая

характеризуется преобладанием древесных растений (62.9-92.3%) с доминированием *Betula* spp. (19.8-67.8%). Отмечены хвойные породы *Pinus* s/g *Diploxylon* (2-62.5%) и *Picea* (4-30.4%), имеющие, возможно, заносной характер, а также *Alnaster* (1.2-7.5%) и *Salix* (0.3-1.3%). Пыльца трав составляет 7.4-32.4% с доминированием *Poaceae* (1.9-20.2%) и *Artemisia* (1-11.2%). Отмечена в значительном количестве пыльца *Thalictrum* (0.3-1.3%); присутствуют *Rosaceae*, *Sanguisorba officinalis*, *Ranunculaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Cichorioideae*, *Asteroidae*, *Ericaceae*, *Caryophyllaceae*, *Onagraceae*, *Brassicaceae*, *Ariaceae*, *Polygonaceae*, пыльца водных растений – *Nuphar* и *Utricularia*. Споры (*Polypodiophyta*, *Sphagnum*, *Selaginella Rupestris*, *Lycopodiaceae*, *Bryales*) составляют 0.1-4.7%. Отмечено в спектрах переотложенные споры *Polypodiophyta* и *Cf. Osmunda*, а также водоросли *Botryococcus*, споры грибов *Glomus* и *Gelasinospora*, раковины амёб *Arsella* и *Centropyxis*. Концентрация составляет 27070-284380 зерен / г.

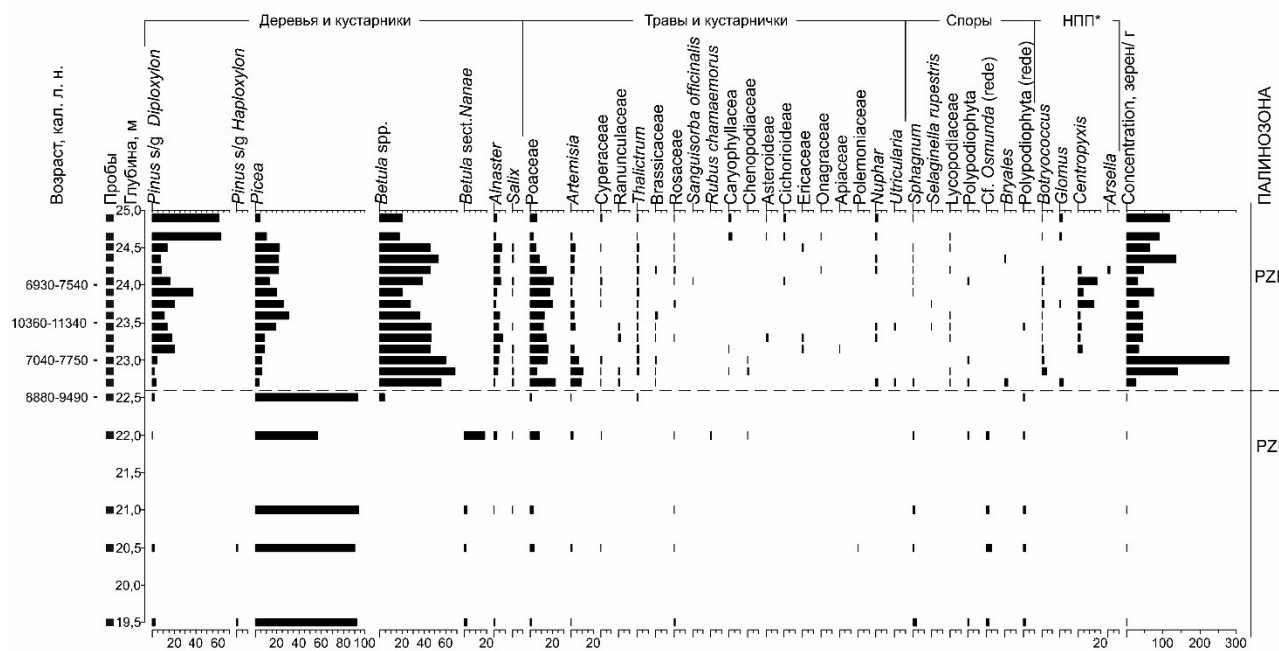


Рис.1 Палинологическая диаграмма разреза № 537 позднечетвертичных отложений, обнажение песчаная гора, долина среднего течения р. Лена (Центральная Якутия)

*НПП – непollenные палиноморфы

Таким образом, результаты дополнительного изучения опорного обнажения Песчаная гора позволили нам уточнить литологическое строение и возраст отложений. Отметим, что в его строении выделяется несколько разновозрастных толщ: аллювий бестяхской свиты, сформировавшийся 780 тыс., по другим данным, 100-120 тыс. лет назад, аллювий мавринской свиты (конец МИС2-МИС3), золово-криогенные отложения дьолкуминской свиты (МИС2), озерные отложения (конец МИС2-начало МИС1) и голоценовый торф. На основании полученной серии радиоуглеродных дат из верхней части разреза, установлено, что формирование торфяника происходило на протяжении первой половины голоцена во время климатического оптимума. Палинологические исследования озерно-болотных отложений, залегающих в интервале 19.0-25.0 м, позволили установить их спорово-пыльцевой состав и выделить два этапа развития растительного покрова с конца сартанского времени и до середины голоцена.

Работа проведена в рамках научно-исследовательского проекта ИМЗ СО РАН № АААА-А20-120122290035-5, при поддержке гранта РФФИ РС(Я) № 18-45-140012_p_a

Литература

1. Алексеев М.Н., Камалетдинов В.А., Гриненко О.В. Кайнозойские отложения Лены и Алдана // 27-й Международный геологический конгресс. Якутская АССР, Сибирская платформа. Сводный путеводитель экскурсий 052, 053, 054, 055. Новосибирск: Наука, 1984. С. 21-42.
2. Алексеев М.Н., Гриненко О.В., Камалетдинов В.А. Неогеновые и четвертичные отложения Нижнеалданской впадины и средней Лены (Центральная Якутия). Путеводитель геологической экспедиции. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1990. 42 с.

3. 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.

4. Галанин А.А. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение // Криосфера Земли. 2021. Т. XXV. № 1. С. 3-34.

5. Камалетдинов В.А., Минюк П.С. Строение и характеристика бестяхской террасы Средней Лены // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1991. № 60. С. 68-70.

6. Колтаков В.В. Эоловые четвертичные отложения Приленской Якутии // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. АН СССР. М.: Наука, 1983. № 5. С. 123-131.

7. Минюк П.С. Магнитостратиграфия кайнозоя северо-востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 198 с.

8. Спектор В.В., Спектор В.Б., Боескоров Г.Г., Белолобский И.Н., Бакулина Н.Т. Перигляциальный аллювий Центрально-Якутской равнины по данным изучения опорного обнажения Песчаная гора // Вестник ЗабГУ, 2017. Т. 23. № 5. С. 45-59.

9. Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения (распространение, структуры, текстуры). Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1969. 246 с.

ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ НИЖНЕВАРТОВСКОГО СВОДА И СЕВЕРО- ВАРТОВСКОЙ МЕГАТЕРРАСЫ

Приходько Альбина Равильевна

Инженер 2 категории

Отдела проектного и технологического сопровождения ЦИКиПФ

Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

«КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени

г. Когалым

e-mail: PrihodkoAR@tmn.lukoil.com

Спиридонов Дмитрий Анатольевич

Начальник Отдела геохимических исследований

Управления специальных исследований керна и пластовых флюидов ЦИКиПФ

Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

«КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени,

г. Когалым

e-mail: SpiridonovDA@tmn.lukoil.com

Астаркин Сергей Васильевич, к.г.-м.н.

Начальник Центра исследований керна и пластовых флюидов

Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

«КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени

г. Когалым

e-mail: AstarkinSV@tmn.lukoil.com

Научный руководитель: *Начальник Отдела геохимических исследований Управления специальных исследований керна и пластовых флюидов ЦИКиПФ Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, г. Когалым, Спиридонов Дмитрий Анатольевич*

Аннотация: в работе представлены результаты пиролитических исследований по трем скважинам, вскрывшим баженовскую свиту в зоне сочленения Нижневартовского свода и Северо-Вартовской мегатеррасы. Примененный метод Rock-Eval позволил выделить основные типы органического вещества характерного для исследованного района. В разрезе преобладает I тип керогена, основным продуцентом которого являлась альгофлора баженовского моря. Пиролитические исследования перекрывающих пород меганской свиты показали наличие интервалов с высоким содержанием органического вещества II типа, что свидетельствует о постепенной смене обстановок на завершающем этапе формирования верхнеюрских отложений.

Ключевые слова: баженовская свита, пиролитиз, органическое вещество.

GEOCHEMISTRY OF ORGANIC MATTER OF THE BAZHENOV FORMATION IN THE JUNCTION ZONE OF THE NIZHNEVARTOVSK ARCH AND THE NORTH-VARTOVSK MEGATERRACE

Albina Prihodko

Engineer of the 2nd category

Department of Design and Technological Support of TSIKIPF

Branch of «OOO LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPIneft» in Tyumen

Kogalym

e-mail: PrihodkoAR@tmn.lukoil.com

Dmitry Spiridonov

Head of the Geochemical Research

Department Department of Special Core and Reservoir Fluid Studies, TSIKIPF

Branch of OOO «LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPIneft» in Tyumen,

Kogalym

e-mail: SpiridonovDA@tmn.lukoil.com

Sergey Astarkin

Head of the Core and Reservoir Fluid Research Center Branch of OOO «LUKOIL-Engineering»

«KogalymNIPIneft» in Tyumen

Candidate of Geology and Mineralogy Sciences

Kogalym

e-mail: AstarkinSV@tmn.lukoil.com

Research Supervisor: *Head of the Geochemical Research Department of the Department of Special Core and Reservoir Fluid Studies of the TSIKIPF Branch of «OOO LUKOIL-Engineering»*

«KogalymNIPIneft» in Tyumen, Kogalym,

Dmitry Spiridonov

Annotation. The paper presents the results of pyrolytic studies on three wells that opened the bazhenov formation in the junction zone of the Nizhnevartovsk arch and the North-Vartovskaya megaterrace. The applied Rock-Eval method allowed us to identify the main types of organic matter characteristic of the studied area. The section is dominated by type I kerogen, the main producer of which was the algoflora of the bazhenov sea. Pyrolytic studies of the overlying rocks of the Megion formation showed the presence of intervals with a high content of type II organic matter, which indicates a gradual change of conditions at the final stage of the formation of the Upper Jurassic deposits.

Key words: bazhenov formation, pyrolysis, organic matter.

Введение. Высокоуглеродистые породы баженовской свиты Западной Сибири являются одними из наиболее изученных объектов нефтегазовой геологии России. Исследованию свиты посвящено значительное количество диссертационных работ, научных статей и монографий. Однако, несмотря на столь пристальное внимание к баженовской свите, она по-прежнему остаётся сложным, непредсказуемым объектом и охвачена исследованиями крайне неравномерно. Большая часть исследований посвящена западным районам Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, в первую очередь на месторождениях где были получены промышленные притоки нефти из пород свиты. Вследствие этого информация о результатах исследований баженовской свиты в относительно менее изученных районах, в особенности на поисковых участках является важной задачей, решение которой позволит уточнить региональные особенности строения и формирования отложений.

Краткая характеристика района исследований

В соответствии с тектонической картой центральной части Западно-Сибирской плиты под редакцией В.И. Шпильмана, Л.Л. Подсосовой, Н.И. Змановского (1998 г.) изучаемая территория относится к Среднеобскому центральному геоблоку. Структурами I-го порядка на исследуемой территории являются Нижневартровский свод и Северо-Вартовская мегатерраса, осложнённые структурами II-го порядка. Скважины 61П и 62П пробурены в границах северной части Южно-Аганской ложбины Нижневартовского свода, скважина 73П пробурена в пределах Северо-Покачевской моноклинали Северо-Вартовской мегатеррасы. В соответствии с районированием баженовского горизонта по типам разрезов выполненного специалистами Научно-аналитического центра рационального недропользования им. В.И. Шпильмана скважина 61П относится к переходной области между Нижневартовским и Салымским типами разреза, скважины 62П и 73П приурочены к Салымскому типу разреза [3]. Разрез свиты представлен битуминозными кремневыми карбонатно-глинистыми, глинисто-карбонатными породами, бурыми, черными с коричневатым оттенком разной интенсивности, с плоским, до раковистого, изломом, с гладкой поверхностью излома, разноплитчатые. Часты прослои вторичных известняков и доломитов, развитых по радиоларитам.

Описание методов исследования

Для проведения исследований применялся метод Rock-Eval, основанный на интерпретации результатов последовательного пиролитического и окислительного разложения проб горных пород с детектированием продуктов разложения при помощи пламенно-ионизационного и ИК-детекторов. Исследования выполнялись на пиролизаторе HAWK RW (Wildcat Technologies, США). Во время анализа выделяются четыре связанных с органическим веществом пика (S0, S1, S2 и S3) интерпретируя которые судят о содержании, качестве и генерационном потенциале органического вещества (ОВ). Выделяется пять типов ОВ, дифференцируемых по значениям водородного индекса HI (мг УВ/г породы). В таблице 1 представлены значения HI для каждого типа керогена и состав преимущественно генерируемых углеводородов [4].

Таблица 1

Характеристика типов керогена и состав генерируемых углеводородов

Тип керогена	HI, мг УВ/г породы	Атомное отношение Н/С	Преимущественный состав генерируемых углеводородов
I	более 600	более 1,5	нефть
II	300-600	1,2-1,5	нефть
II/III	200-300	1,0-1,2	нефть/газ
III	50-200	0,7-1,0	газ
IV	менее 50	менее 0,7	практически не генерирует углеводороды

Степень катагенетической трансформации оценивалась по значениям параметра T_{max}, который отражает максимальную температуру пика S₂, соответствующему выходу УВ во время крекинга керогена при температуре нагрева от 320 до 600 °С. Стадии термической зрелости и преимущественно генерируемый тип УВ для каждой стадии представлены в таблице 2.

Таблица 2

Стадии термической зрелости керогена и характер продуктов генерации

Стадии зрелости		T _{max} ,	Характер продуктов генерации
незрелое		<435	жирные газы, тяжелые нефти
ранней зрелости		435-445	нефти
зрелое	пик генерации нефти	445-450	нефти
	поздней зрелости	450-470	лёгкие нефти, конденсаты, жирные газы
сверхзрелое		>470	газы

Результаты исследований

Скважина 61П характеризуется практически полным выносом керна из пород баженновской свиты, с отбором керна из перекрывающих пород мегионской свиты. Содержание ОВ в породах изменяется от 1,03 до 18,80 % и относится преимущественно к I типу, HI изменяется от 601 до 730 мг УВ/г породы. Верхняя часть разреза характеризуется преобладанием II типа ОВ, HI изменяется от 311 до 574 мг УВ/г породы. Степень катагенетической зрелости ОВ характеризуется как незрелая, параметр T_{max} изменяется от 424 до 436 °С. Стадии термической зрелости и типы ОВ рассмотренных скважин представлены на рисунке 1. Генерационный потенциал ОВ пород изменяется от низкого до превосходного. Перекрывающие породы мегионской свиты характеризуются содержанием ОВ от 0,23 до 0,64 % и представлено III и IV типами.

Пробуренная южнее скважина 62П также характеризуется полным выносом керна из пород баженновской свиты, с отбором керна из перекрывающих пород мегионской свиты. Содержание ОВ изменяется от 0,62 до 19,04 %. В исследованной скважине преобладает ОВ I типа, HI изменяется от 610 до 757 мг УВ/г породы. Также выделяется II тип ОВ, HI изменяется от 526 до 597 мг УВ/г породы, и в единичном образце смешанный II/III тип, HI – 164 мг УВ/г породы. Степень зрелости ОВ соответствует незрелой стадии, параметр T_{max} изменяется от 427 до 438 °С (Рис. 1). Генерационный потенциал изменяется от низкого, в единичном образце, до превосходного.

Перекрывающие отложения мегиионской свиты в данной скважины отличаются от скважины 61П. В интервале мегиионской свиты наблюдается чередование ОВ II типа (HI изменяется от 320 до 465 мг УВ/г породы) и III, IV типов (HI изменяется от 30 до 96 мг УВ/г породы), характерного для бедных ОВ пород мегиионской свиты. Данное обстоятельство свидетельствует о циклическом характере накопления ОВ в зоне перехода от баженовских пород к мегиионским.

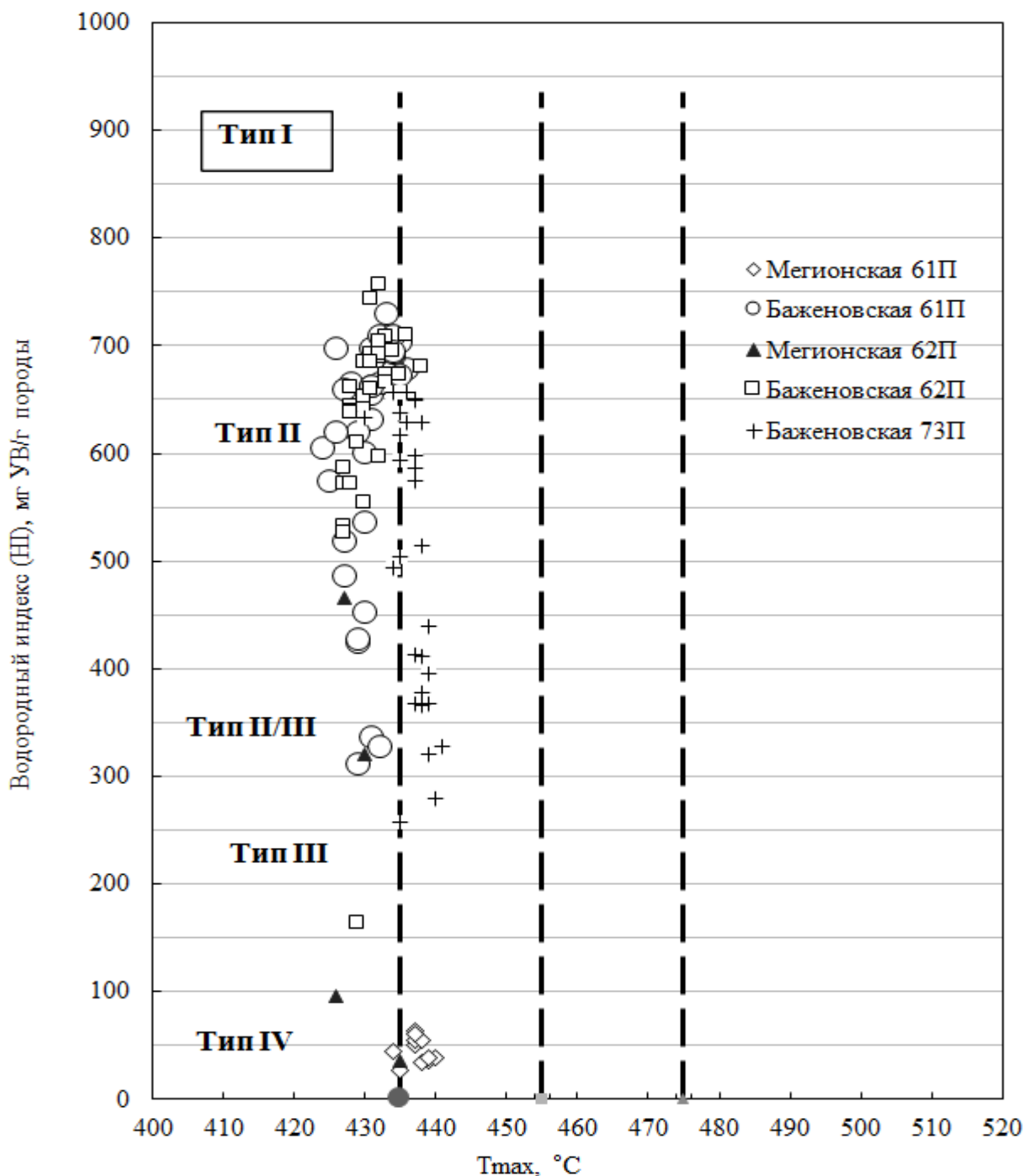


Рис. 1. Классификационная диаграмма типов органического вещества и степени катагенетической зрелости отложений

В скважине 73П керн был отобран только из нижней части разреза свиты. Содержание ОВ изменяется от 0,73 до 12,97%. В разрезе скважины выделен I тип ОВ, HI изменяется от 617 до 657 мг УВ/г породы. По сравнению с выше описанными скважинами в 73П увеличивается доля II типа ОВ, HI изменяется от 320 до 598 мг УВ/г породы. В разрезе присутствуют образцы со смешанным II/III типом ОВ в которых HI изменяется от 257 до 280 мг УВ/г породы. Что свидетельствует о проявлении окислительных процессов выражающихся в увеличении значений кислородного индекса OI от 55 до 67 мг CO₂/г ОВ. Степень катагенетического преобразования ОВ

пород в скважине изменяется от незрелой до стадии ранней зрелости (Рис. 1). Генерационный потенциал изменяется от низкого до превосходного.

Обсуждение результатов

Результаты пиролитических показывают, что в изученном районе преобладает I тип ОВ, формирующийся преимущественно из озёрных водорослей [2]. Баженовская свита является типично морской толщей и, вероятно, основным продуцентом ОВ в исследуемом районе являлась альгофлора баженовского моря. ОВ данного типа обладает очень богатым генерационным потенциалом и способен конвертировать до 90 % своего первоначального объёма в нефть. По мере перехода от Нижневартовского свода к Северо-Вартовской мегатеррасе в разрезе увеличивается доля керогена II типа, типичного для баженовской свиты. Выделенные единичные образцы со смешанным II/III типом ОВ формирующимся в прибрежно-морских обстановках, что не согласуется с общим представлением о морском генезисе баженовской свиты. Резкие смены обстановок накопления также не характерны для изучаемого района. Наличие данных прослоев свидетельствует о влиянии окислительных процессов в придонном слое вод на накопление и сохранность ОВ во время диагенеза осадков [1]. ОВ баженовской свиты исследуемого района катагенетически незрелое, по мере перехода к Северо-Вартовской мегатеррасе степень катагенеза повышается и соответствует ранней степени зрелости, что вероятно связано с общим погружением территории в северном направлении (Рис. 1).

Данные о содержании и типе ОВ пород меганской свиты свидетельствуют о постепенной смене обстановок накопления ОВ на завершающем этапе формирования баженовской свиты. В переходный период существовали сменяющие друг друга обстановки с восстановительным режимом накопления ОВ и окислительные, приводящие к формированию II/III и III типов. Отбор керн из перекрывающих баженовскую свиту отложений достаточно редок и ценность информации, полученной в скважине 62П заключается в том, что прослой с высоким содержанием ОВ, которое при созревании способно генерировать нефтяные углеводороды не учитываются при геологическом моделировании и подсчёте общей мощности потенциальных нефтематеринских пород в исследуемом разрезе.

Литература

1. *Конторович А.Э.* Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь) / А.Э. Конторович, В.Н. Меленевский, Ю.Н. Занин, А.Г. Замирайлова, В.А. Казаненков, В.В. Казарбин, Е.Н. Махнеева, Л.С. Ямкова // Геология и геофизика, 1988, т. 39, №11, с. 1477-1491.
2. *Лопатин Н.В., Емец Т.П.* Пиролиз в нефтегазовой геохимии. М.: Недра, 1987. - 76 с.
3. *Мухер Г.А.* Районирование баженовского горизонта по типам разрезов на территории ХМАО-Югры и прилегающих районов / А.Г. Мухер, С.Ф. Кулагина, Е.А. Пахомова // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Югры / Материалы XX научно-практической конференции. Ханты-Мансийск, 2011. - Т.1. - С. 163-194.
4. *Peters, K.E.* The biomarker guide. Second Edition / K.E. Peters, C.C. Walters, J.M. Moldowan // Prentice Hall, Cambridge University Press, 2005.

УДК 551.76

СТРАТИГРАФИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ ЯНОВСТАНСКОЙ СВИТЫ

Староселец Дмитрий Андреевич

Тюменский Государственный Университет, аспирант I курса,

г. Тюмень

e-mail: d_star1997@mail.ru

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Смирнов Павел Витальевич

Аннотация: Научная статья посвящена изучению яновстанской свиты. Главным аспектом исследования является её стратиграфия и индексация, представленная на примере группы месторождений северо-востока Западной Сибири. В рамках работы сделаны выводы о стратиграфическом расчленении свиты, её индексации и закономерностях распространения.

Ключевые слова: Яновстанская свита, стратиграфия, индексация, Западная Сибирь, верхняя юра.

STRATIGRAPHY AND INDEXING OF THE JANOVSTANSKAYA FORMATION

Dmitriy Staroselets

Tyumen State University, 1st year Post-graduate Student,

Tyumen

e-mail: d_star1997@mail.ru

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralog, Reader, Pavel Smirnov

Abstract: This research paper is devoted to the study of the Janovstan Formation. The main aspect of the study is its stratigraphy and indexation, presented on the example of a group of deposits in the north-east of Western Siberia. As part of the work, conclusions are drawn on the stratigraphic dissection of the formation, its indexation and distribution patterns.

Keywords: Yanovstanskaya Formation, stratigraphy, indexing, Western Siberia, Upper Jurassic.

Отложения титонско-нижнеберриаского возраста в большинстве районов Западной Сибири, как правило, довольно четко дифференцированы на интервалы, в которых преобладают глинистые или песчано-алевритовые породы. В данном временном промежутке выделяется баженовский горизонт, представленный в центральной части Западно-Сибирского бассейна баженовской свитой сложенной карбонатно-кремнисто-глинистыми отложениями. В краевых частях бассейна выделяются следующие свиты: на севере гольчихинская, на западе даниловская, на юге марьяновская и на северо-востоке яновстанская. Согласно региональной реконструкции [1], баженовский горизонт накапливался в условиях относительно глубоководной и мелководной обстановок осадконакопления.

При переходе от баженовской свиты к яновстанской отмечается резкое увеличение толщин от 30 до 80 м, а с переходом в район Большехетской впадины толщины достигают 450 м [3]. Такое изменение толщин сопровождается опесчаниванием разреза, в котором начинают наблюдаться многочисленные прослои алевролитов и песчаников.

За счёт изменения литологического состава и толщины разреза происходит осложнение корреляции скважинной информации. Отложения баженовской свиты, бывшие в центральной части бассейна прекрасным репером, перестают им являться на восточных и северо-восточных участках.

Стратификация и индексация пластов рассматривалась на примере Воргенского, Чатылькинского и Западно-Чатылькинского месторождений. Территория этих месторождений относится к южной части распространения яновстанской свиты. В соответствии со схемой структурно-фациального районирования келловей и верхней юры Западной Сибири (рис. 1) [2] яновстанская свита подразделяется на группу пластов ЯН₁₋₆.

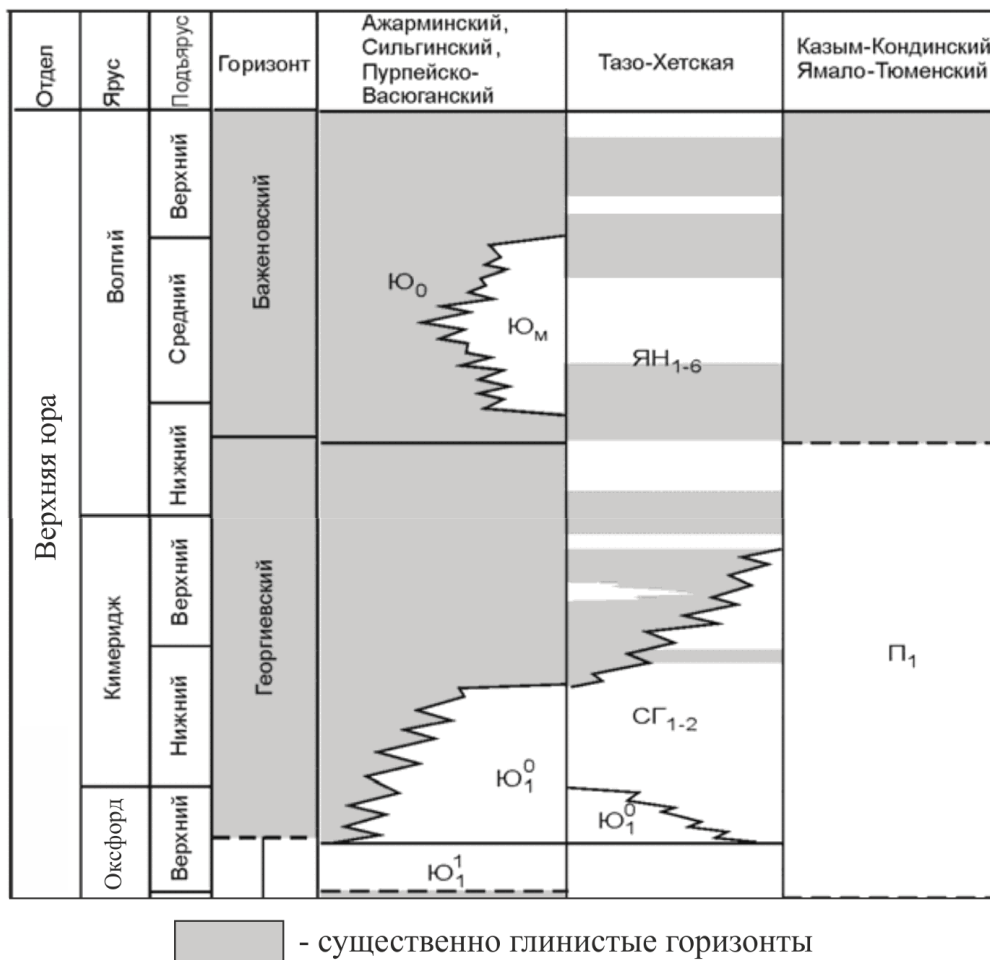


Рис. 1 Индексация песчаных пластов келловеев и верхней юры Западной Сибири [1]

Региональная корреляция пластов по скважинам вышеназванных месторождений позволила выделить пласты группы ЯН и СГ, принадлежащие к разным возрастным отложениям. Группа пластов СГ выделена в отложениях сиговской свиты, ограниченной региональными реперными границами (ОГ U1a). Верхняя реперная граница (кровля сиговской свиты) вскрыта группой скважин и уверенно коррелируется на территории всех месторождений.

В составе яновстанской свиты выделены пласты ЯН₁, ЯН₂ и ЯН₃. В западном направлении происходит резкое сокращение толщины яновстанской свиты, увеличивается доля глинистых образований, вплоть до полного исчезновения песчаников и, как следствие, уменьшение суммарной толщины свиты от 50 м в скважине Воргенского месторождения до 9 м в скважине Западно-Чатылькинское месторождения.

Коллектора яновстанской свиты сложены мелкозернистыми светло-серыми песчаниками в карбонатно-глинистом цементе, со слоями глинистого материала, интенсивно биотурбированы, со следами жизнедеятельности роющих организмов. В свою очередь коллектора сиговской свиты сложены мелкозернистыми серыми песчаниками в глинистом цементе, в основном массивные, местами с тонкими слоями углисто-слюдяного материала.

В целом, в результате исследования выявлено, что отложения яновстанской свиты отличаются от сиговской по:

- литологическому составу и текстурным особенностям;
- фильтрационно-емкостным свойствам пород-коллекторов;
- физико-химическим свойствам флюидов.

Для сравнения литологических, фильтрационных свойств пород и физико-химических свойств флюидов использовались данные всех трёх месторождений.

Таким образом, для яновстанской свиты на юге её области распространения сделаны следующие выводы:

1. Выделена граница отложений яновстанской и сиговской свит по комплексу литологических, текстурных и петрофизических особенностей пород и по физико-химическому составу флюида
2. Произведено стратиграфическое расчленение яновстанской свиты, в строение которой выделены пласты ЯН₁, ЯН₂, ЯН₃
3. Выявлено пространственное изменение толщин и литологии яновстанской свиты, согласно которому толщины свиты изменяются с 50 м до 9 м в западном направлении

Литература

1. Мухер А.Г. Геологическое строение и нефтегазоносность юры Западной Сибири. – Тюмень: Изд. «ИздатНаукаСервис», 2018. - 524 с.
2. Решения 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003. – Новосибирск: изд-во ИГНГ СО РАН, 2004. – 111с.
3. Стафеев А.Н., А.В. Ступакова, А.А. Сулова, Р.М. Гилаев Обстановка осадконакопления и палеогеографическая зональность баженовского горизонта (титон-нижний берриас) Западной Сибири // Георесурсы. 2017 г. Спецвыпуск. Часть 2. 134-143 с.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЫЧЕГОДСКОГО ПРОГИБА

Боталов Андрей Николаевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
магистрант 2 курса, г. Пермь
e-mail: botalov97@yandex.ru*

Научный руководитель: *к.г.-м.н., доцент Алексеева Ольга Леонидовна*

Аннотация: в данной статье проведено исследование стадий формирования и развития Вычегодского прогиба, являющегося областью потенциального нефтегазоаккумуляции северо-востока Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Построена геодинамическая модель эволюции Вычегодского прогиба, на основании которой выделены несколько крупных геодинамических обстановок, оказавших определяющее влияние на структуру прогиба и процессы образования углеводородов (УВ).

Ключевые слова: Вычегодский прогиб, Восточно-Европейская платформа, Тиман, перикратон, пассивная окраина, тектогенез.

GEODYNAMIC EVOLUTION OF THE VYCHEGODSKY TROUGH

Andrew Botalov

*Perm State National Research University, 2st year Master's Degree Student, Perm,
e-mail: botalov97@yandex.ru*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Olga Alekseeva*

Abstract: This article studies the stages of formation and development of the Vychehodsky trough, which is the area of potential oil and gas accumulation in the northeast of the East European Platform. A geodynamic model of the evolution of the Vychehodsky trough has been constructed, on the basis of which several large geodynamic settings have been identified, which have had a decisive influence on the structure of the trough and the processes of hydrocarbon formation.

Keywords: Vychehodsky trough, East European platform, Timan, pericraton, passive margin, tectogenesis.

Вычегодский прогиб расположен на северо-востоке Европейской части России. Протягивается на 400 км при ширине 50-120 км в северо-западном направлении вдоль Тиманского кряжа. В административном положении площадь прогиба большей частью расположена на территории Республики Коми, а южная часть изучаемого района простирается по северной части Пермского края.

История геологического развития Вычегодского прогиба охватывает длительный период времени и сложный путь его становления, который начинается с раннего рифея. Оценка перспектив нефтегазоносности этого региона невозможна без знания особенностей его развития, которые определили условия формирования осадочного чехла, его структуры и периоды нефтегазообразования, связанные с благоприятными геодинамическими режимами.

В истории геологического развития Вычегодского прогиба можно отчетливо выделить две различные стадии: доплитная и плитная. Они разделены периодом высокого стояния изучаемой территории.

Прежде чем начать изучение истории формирования Вычегодского прогиба, нужно сказать, что фундамент ВЕП состоит из трех крупных блоков – террейнов, соединившихся в период 2,1-2 млрд лет назад (Волго-Урاليا, Сарматия) и 1,8 млрд лет назад (Фенноскандия) то, есть в раннепротерозойское (карельское) время (рис. 1) [4, 5]. Всему этому поспособствовало формирование в раннем протерозое нового гигантского материка – Пангея-1 [6].

Доплитная стадия ознаменовалась интенсивным прогибанием краевых частей (в том числе Вычегодского прогиба) Восточно-Европейского кратона, а в центральной части платформы шли процессы растяжения и формирования рифтогенных трогов. В результате интенсивного прогибания северо-восточной части ВЕП сформировался перикратонный Вычегодский прогиб.

В конце раннего-начале среднего рифея (1,3-1,25 млрд лет назад) вся территория ВЕП подверглась интенсивному рифтингу с образованием разветвленной сети авлакогенов (рис. 2) [2]. Вызвало процессы континентального рифтогенеза на платформе начало распада гигантского материка Пангеи-1 [6]. По соседству с дроблением платформы начал раскрываться океанский бассейн, на современных палеогеодинамических реконструкциях получивший название Доуральский. В раннем рифее на территории современных Вычегодского прогиба и Тиманского кряжа также существовали рифты, в которых происходило формирование континентальных терригенных, вулканогенно-терригенных и мелководных формаций раннерифейского возраста (рис. 2, 3.1).

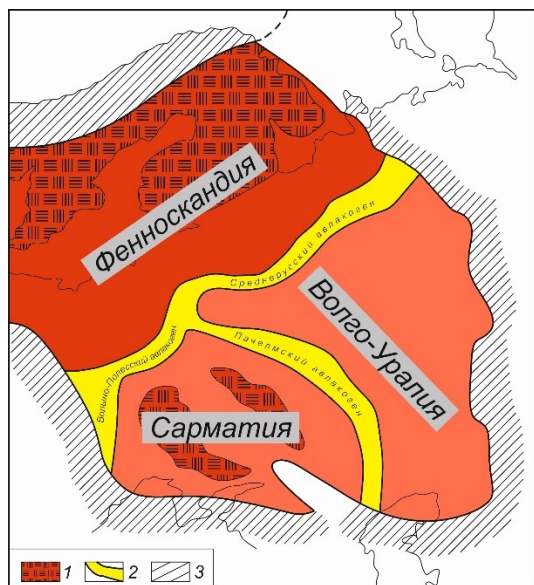


Рис. 1. Блоки фундамента Восточно-Европейской платформы

- 1 – щиты и массивы; 2 – авлакогены;
- 3 – палеозойское складчатое обрамление

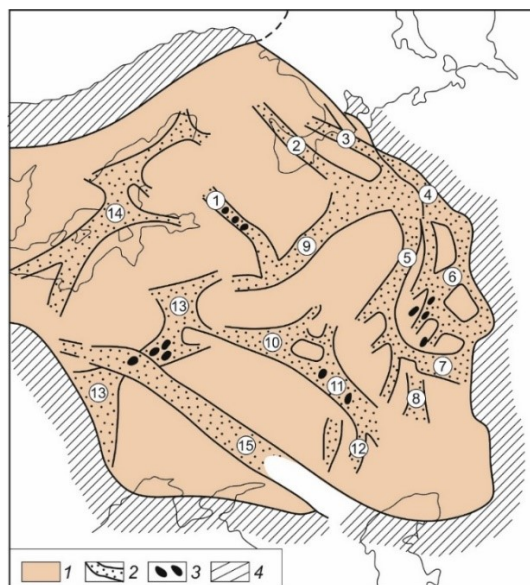


Рис. 2. Рифейские авлакогены Восточно-Европейской платформы: 1 – область Восточно-Европейской платформы; 2 – авлакогены; 3 – проявления базальтового магматизма; 4 – палеозойское складчатое обрамление

Цифрами в кружках обозначены авлакогены: под цифрой 4 обозначен Предтиманский (Вычегодский) авлакоген

Позднее, в среднем рифее (около 1,25-1 млрд лет назад) Восточно-Европейский кратон отделился от Лаврентии (распад Пангеи-1) [1, 6], и между платформами начала формироваться океаническая кора. В следствие распада Пангеи-1, произошли крупные геотектонические события на северо-востоке Восточно-Европейского кратона, характеризующиеся трансформацией Вычегодского и Тиманского рифтов в перикратонное опускание обширной пассивной континентальной окраины (рис. 3.11). Вычегодское опускание соответствовало шельфовой зоне, а район Тимана – континентальному слону. В перикратонном бассейне накапливались преимущественно терригенные темноцветные глинистые, алевритовые, песчаные отложения морского генезиса мощностью до 1 км (пезская и дорогорская свиты).

На рубеже среднего и позднего рифея (1-0,8 млрд лет назад) ВЕП вновь присоединилась к Лаврентии, но только уже другим краем – со стороны скандинавской окраины, что привело формированию нового суперконтинента Родиния (рис. 3.111). Этот период совпадает началу гренвильской эпохи складчатости [1, 6]. Так как процессы складчатости протекали далеко от изучаемого региона, то не внесли никаких изменений в его структуру. В это время так же активно шли процессы рифтогенеза на Восточно-Европейском кратоне, например, формирование Среднерусской рифтовой системы, что, по-видимому вызвало незначительное воздымание территории Вычегодского прогиба и накопление небольшой по мощности (до 250 м) континентальной песчано-алеврито-глинистой толщи (оменская свита).

ВВП в составе Родинии просуществовала недолго, и в середине позднего рифея (800-750 млн лет назад) суперконтинент начал распадаться (рис. 3.IV). Вычегодско-Тиманская пассивная окраина начала испытывать опускание и морскую трансгрессию, связанные, вероятно, с распадом Родинии. Формируется палеоплатформенный чехол, представленный преимущественно карбонатными и частично терригенными отложениями ышкмесской и вапольской (аналоги няфтинской свиты) свит мощностью до 1900 м.

Конец позднего рифея-ранний венд (750-550 млн лет назад) характеризуется двумя крупными событиями (рис. 3.V). Во-первых, сближением и коллизией активной окраины палеоконтинента Арктиды (Баренции) с пассивной северо-восточной окраиной Восточно-Европейского палеоконтинента. Во-вторых, грандиозным лапландским (скандинавским) покровно-континентальным оледенением, объясняемое высоким стоянием ВВП в южных полярных широтах [1, 6].

В начале тектонические процессы еще не были так активны, что отметилось накоплением мощной (1200 м) толщей морских и континентальных песчано-алевритно-глинистых отложений уфтыгской свиты, которые завершают разрез рифейских отложений Вычегодского прогиба. В целом, на протяжении всего рифейского времени накопление отложений в Вычегодском прогибе шло в мелководных прибрежно-морских условиях [3], что способствовало развитию органического мира. В пределах региона господствовала восстановительная обстановка осадконакопления, что благоприятно отражалось на сохранности органического вещества.

В конце рифея-начале венда Восточно-Европейский континент находился в южном полушарии, а с севера надвигался Печерский блок Баренции, под которую осуществлялась субдукция океанической коры [4]. О приближении Баренции к пассивной окраине северо-востока ВВП свидетельствуют вулканогенно-обломочные образования в разрезе отложений этого возраста.

В первой половине раннего венда океанический бассейн, разделявший Восточно-Европейский континент и Арктиду (Баренцию), полностью закрылся и произошла коллизия континентов (рис. 3.VI), вызвавшая общий подъем и эрозию территории севера-востока ВВП. Осадочные образования рифея Вычегодского прогиба были полого дислоцированы и срезаны поверхностью стратиграфического и углового несогласия в кровле верхнерифейских отложений. На дневную поверхность были выведены и эродированы различные уровни рифейских толщ. Таким образом, подъем территории выразился в региональном ранневендском размыве [2] и сыграл, таким образом, резко негативную роль с точки зрения сохранности рифейских формаций. Ранневендские отложения лишь известны в Северо-Кельтменской депрессии Вычегодского прогиба, где они представлены терригенной толщей мощностью 600 м. По-видимому, этот регион оставался опущенным, в то время как другая часть прогиба испытывала воздымание и эрозию.

В результате надвигания (коллизии) Баренции на северо-восточную окраину ВВП, образовался Тиманский ороген, который характеризуется надвиговой, чешуйчатой структурой. Процессы коллизии длились вплоть до раннего кембрия и завершились байкальской эпохой складчатости.

Еще одним важным событием в раннем венде было грандиозное Лапландское покровное оледенение [1]. Причинами этому были, во-первых, нахождение Восточно-Европейского континента в высоких полярных широтах южного полушария, во-вторых, общий подъем платформы. Вся северная половина Восточно-Европейского кратона, включая северо-восточную пассивную окраину континента, была в раннем венде покрыта мощным (до 2,5 км) ледяным панцирем.

Высокое стояние суши в раннем венде сменилось обширным опусканием территории в поздневендский период (рис. 3.VII). За счет общего потепления климата произошел подъем уровня мирового океана. Поздневендское время отвечает периоду становления ранних синеклиз и характеризуется обширным недифференцированным прогибанием Вычегодского перикратонного прогиба. В нем отложились красно-пестроцветные и темноцветные печано-глинистые отложения, общая мощность которых составляет до 2-2,2 км. В составе их начинают преобладать глинисто-алевролитовые фракции морского генезиса, часто обогащенные органическим веществом (редкинский горизонт).

В результате коллизии на Тимане, и опускание территории Притиманья на протяжении позднего венда, привело к формированию Вычегодского прогиба на краю Тиманского складчатого сооружения.

Процессы коллизии на Тимане активизировали генерацию УВ в толще рифея, накопившейся в Вычегодском прогибе, а также способствовали ускорению процессов миграции.

Начиная со среднекембрийского и заканчивая началом позднедевонского времени территория Вычегодского прогиба, как и большая часть ВВП, испытала воздымание и размыв. Причиной этому являлись Тиманский орогенез, каледонские напряжения сжатия и магматизм в девоне. Вследствие

этих факторов, континентальный перерыв в пределах Вычегодского прогиба продлился до 130 млн лет вплоть до франского века позднего девона (рис. 3.VIII).

Начиная с франского века позднего девона до квартера на территории Вычегодского прогиба установилась плитная (или поздних синеклиз) стадия развития (рис. 3.IX).

Франский век начинается обширной трансгрессией, одной из крупнейших в среднем палеозое [6]. Начало трансгрессии характеризовалось накоплением песчано-алеврито-глинистых отложений. Пик трансгрессии пришелся на доманиковое время. В морском бассейне накопились пачки тонкого чередования глинистых, известковистых и кремнисто-известковистых, битуминозных осадков (доманиковые фации). Конец трансгрессии (сокращение трансгрессии), который соответствовал позднефранско-фаменскому времени, характеризовался преимущественно карбонатным и глинисто-карбонатным осадконакоплением.

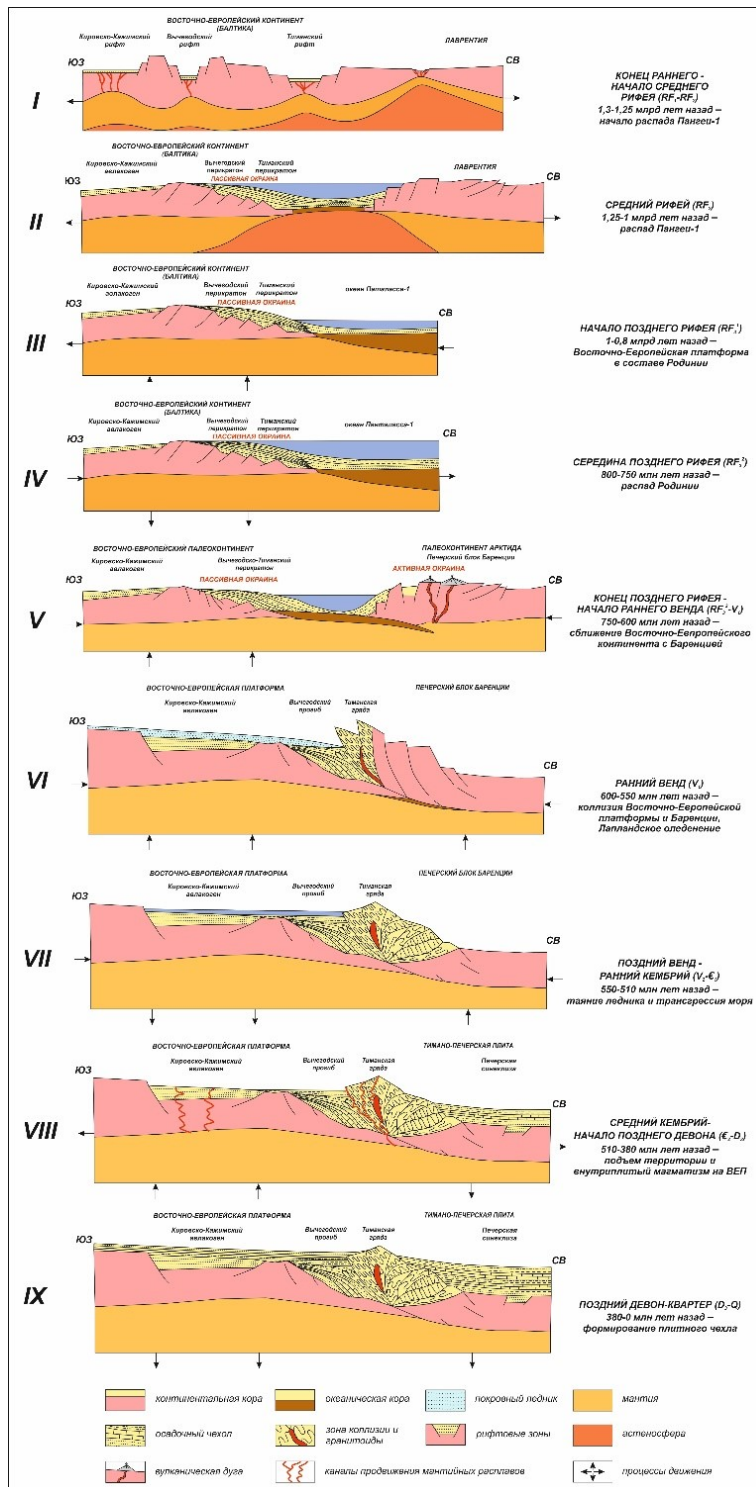


Рис. 3. Геодинамическая модель эволюции Вычегодского прогиба

С конца позднего девона до турнейского века раннего карбона включительно на территории Вычегодского прогиба процессов осадконакопления не наблюдалось. Здесь, как и на территории Мезенской синеклизы, господствовала суша. Причиной всему этому было влияние раннегерцинской тектонической активизации.

Начиная с визейского-сурпуховского времени территория Вычегодского прогиба начала испытывать опускание, что привело к трансгрессии моря. Море проникло в пределы прогиба и продолжало существовать здесь до ранней перми. Осадконакопление происходило в мелководных шельфовых морских обстановках, что привело к практически равномерному на всей площади прогиба формированию сульфатно-карбонатных отложений.

Позднегерцинский тектогенез привел к закрытию Уральского океана, и образованию на его месте Уральского орогена. Эти события повлияли на структуру осадочного чехла Вычегодского прогиба. Море сначала обмелело с образованием сульфатных толщ (середина-конец приуральской эпохи), затем осадконакопление сменилось накоплением преимущественно морских терригенных отложений биармской эпохи перми, после чего установилось континентальное осадконакопление (красноцветые песчано-глинистые отложения с линзами гравелитов и мергелей поздней перми и раннего триаса). В это время снос осадков происходил в основном с Урала.

На протяжении среднего-позднего триаса, ранней и значительной части средней юры западные районы Тимано-Печерской плиты, особенно Тиман и Вычегодский прогиб, продолжали существовать как поднятие, осадконакопления не происходило. Причиной этому было влияние подвижных поясов киммерийской эпохи складчатости. Только с конца батского века средней юры почти вся Тимано-Печерская область с восточными районами Волго-Уральской области покрылись юрским морем. Но с раннемелового времени бассейн начал заметно мелеть. Альпийский этап тектогенеза привел к общему поднятию Русской плиты [6]. В результате чего незначительная часть среднеюрских, верхнеюрских меловых образований в Вычегодском прогибе не сохранились.

Отложения палеогена и неогена в Вычегодском прогибе так же неизвестны. Следовательно, Тиман и Притиманье продолжали существовать как возвышенность.

В общем комплекс осадочных образований, накопившихся с позднего девона по ранний триас, в Вычегодском прогибе имеет суммарные мощности до 1,5 км.

Разрез плитного комплекса завершают маломощные континентально-морские осадки антропогена, накопившиеся в спокойной тектонической обстановке.

Изучив историю развития Вычегодского прогиба, можно сказать, что на формирование его структуры и процессы нефтегазообразования решающее влияние оказали несколько крупных геодинамических режимов, доминировавших в прогибе на разных отрезках геологического времени:

1. Процесс рифтогенеза в раннем рифее и последующее перикратонное опускание на месте Вычегодского прогиба привело к формированию структуры прогиба, где накопились мощные толщи рифейского комплекса перспективного в отношении генерации УВ. Интенсивное погружение толщ способствовало началу активизации процессов нефтегазогенерации;

2. Коллизионные процессы на Тимане в венд-раннекембрийское время привели к перестройке структуры прогиба и нефтегазогенерации в рифейских толщах. В течение этого геодинамического режима происходило также переформирование ранее образовавшихся скоплений нефти и газа.

3. Каледонская тектоническая активизация с проявлением магматизма в девоне и герцинский тектогенез на Урале могли способствовать некоторому частичному переформированию образовавшихся ранее скоплений УВ за счет вертикальных перетоков по зонам разломов, а также в наиболее погруженных участках прогиба могли возобновиться процессы генерации УВ в рифейских и верхневендских толщах, не реализовавших к этому времени свой нефтегазоматеринский потенциал.

Таким образом, Вычегодский прогиб представляет с собой сложную структуру, которая прошла долгий и сложный путь развития, характеризующийся как благоприятными, так и негативными геодинамическими режимами.

Литература

1. Балувев А.С. *Континентальный рифтогенез севера Восточно-Европейской платформы в неогее: геология, история развития, сравнительный анализ: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.01 – общая и региональная геология: утв. 12.09.13. М.: ГИН РАН, 2013. 320 с.;*

2. *Геодинамика и возможная нефтегазоносность Мезенского осадочного бассейна. / С.В. Аплонов [и др.]. СПб.: Наука, 2006. 319 с.;*

3. *Геология и нефтегазоносность Московской и Мезенской синеклиз / В.П. Гаврилов, [и др.]. М.: ОАО Газпром, 2000. 157 с.;*

4. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. *Тектоника литосферных плит территории СССР: в 2 т. М.: Недра, 1990. Т. 1. 328 с.;*
5. Короновский Н.В. *Геология России и сопредельных территорий: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 240 с.;*
6. Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. *Историческая геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 464 с.*

СКЛЕРАКТИНИИ СУДАКСКОЙ СВИТЫ (СРЕДНЯЯ-ВЕРХНЯЯ ЮРА, ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КРЫМ)

Шустиков Кирилл Алексеевич

*Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант 2 курса,
г. Санкт-Петербург
e-mail: zum310@yandex.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Бугрова Ирина Юрьевна

Аннотация: В статье приведены данные о систематическом составе, палеоэкологии, стратиграфическом значении комплекса склерактиний судакской свиты (средний келловей – нижний оксфорд), а также охарактеризованы основные типы органогенных построек, образованных кораллами.

Ключевые слова: шестилучевые кораллы (склерактинии), верхняя юра, оксфорд, Крым, органогенные постройки, палеоэкология.

SCLERACTINIAN CORALS FROM THE SOUDAK FORMATION (MIDDLE-UPPER JURASSIC, SOUTH-EASTERN CRIMEA)

Kirill Shustikov

*Saint Petersburg State University, 2nd year Master's Degree Student,
Saint Petersburg,
e-mail: zum310@yandex.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Irina Bugrova

Abstract: The article reports on the systematic composition, paleoecology, and stratigraphic significance of the scleractinian corals complex of the Soudak Formation (Middle Callovian – Lower Oxfordian), and also describes the main types of organogenic build-ups formed by corals.

Keywords: scleractinian corals, Oxfordian, Upper Jurassic, Crimea, coral build-ups, paleoecology.

Настоящая работа посвящена изучению кораллов и органогенных коралловых построек верхнеюрских отложений района г. Судака (Крым).

Изученные в рамках данного исследования кораллы происходят из судакской свиты (J_{2-3sd}) среднего келловей – нижнего оксфорда. Свита представлена комплексом терригенных и карбонатных пород: глинами с прослоями песчаников, глинами с прослоями известняков и линзами конгломератов, которые слагают нижнесудакскую подсвиту (J_{2-3sd1}); глинами с конкрециями сидеритов и биогермными известняками, слагающими верхнесудакскую подсвиту (J_{2-3sd2}) [5]. Биогермные массивы, расположенные в районе г. Судака, на юго-восточном склоне горы Перчем, имеют оксфордский возраст [8,9].

В 2018-2019 гг. автором описаны разрезы судакской свиты на 48 точках наблюдения в разных частях Судакской бухты (на отрогах горы Перчем, гор Сокол, Малый Сокол, Сыхт-Лар, Алчак) в разных фациальных зонах.

Кораллосодержащие слои встречены на многих горизонтах изученных разрезов. Однако количество кораллов, их видовой состав, а также морфология и размеры колониальных и одиночных форм часто сильно различаются от слоя к слою. Располагаться органогенные постройки могут в разных по составу отложениях. В описанных разрезах можно выделить постройки двух типов. Постройки первого типа расположены обычно в глинисто-алевритисто-карбонатных отложениях. Второй тип построек приурочен к карбонатным породам. Коралловые постройки (биогермы и биостромы) могут перекрывать и латерально замещать как существенно глинистые, так и преимущественно карбонатные породы.

Постройки первого типа представлены холмообразными (биогермы) и уплощенными (биостромы) телами, состоящими из ветвистых (рамозных и дендроидных) и массивных колоний склерактиний. Подстилать и перекрывать их могут разные по составу терригенно-карбонатные и карбонатные породы. Терригенно-карбонатный материал заполняет все промежутки между постройками и отдельными ветвями колоний. Ширина выхода таких построек составляет от первых метров до 30 м, мощность до 6 м. Кораллы, образующие постройки, часто представлены рамозными, вертикально стоящими, либо стелющимися (преобладают в наиболее глинистых частях разреза) колониальными формами – такие формы образуют центральные части биогерма или биострома. Длина отдельных ветвей внутри таких построек может достигать 1,5 м и более при относительно постоянном диаметре ветвей до 3 см. Иногда можно видеть в обнажении преобладающий наклон ветвей колоний (Рис. 1). Этот признак может указывать на преимущественное движение вод с юга на север.

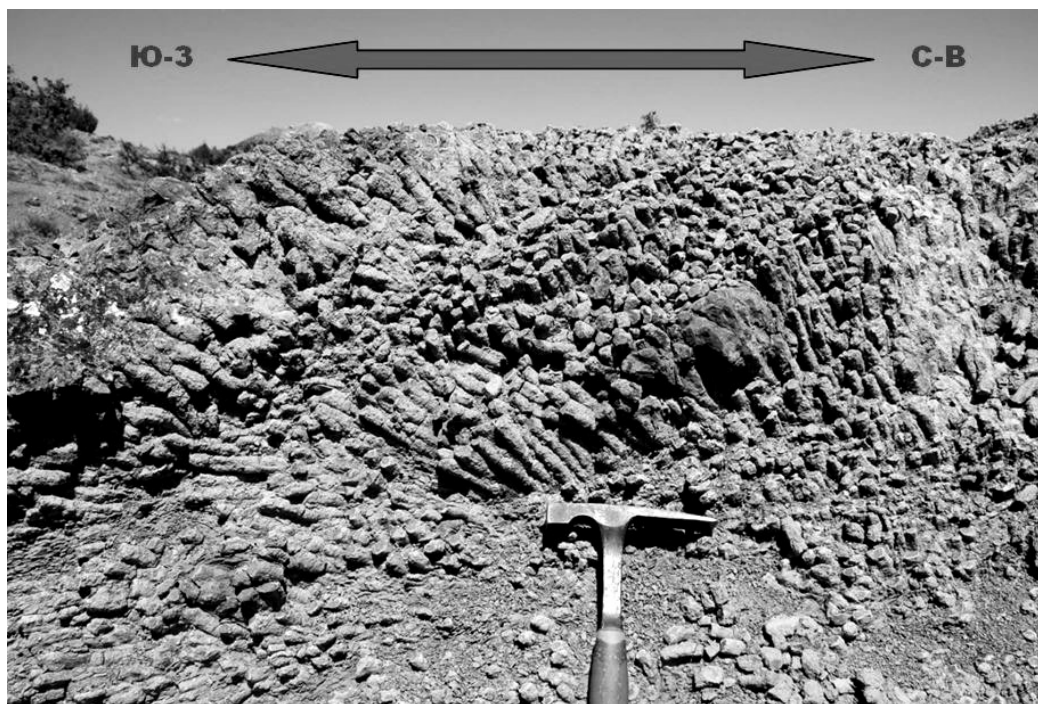


Рис. 1. Постройка, образованная ветвистыми колониями кораллов, из чередования глин известковых алевритистых и песчаников тонкозернистых на южном склоне г. Перчем

В краевых частях построек, а также вне построек в более глинистых частях разреза часты уплощённые тамнастероидные формы, имеющие размер в поперечнике от первых сантиметров до 1 м, толщиной от нескольких миллиметров до 10 см. Иногда тонкие корковидные формы облекают друг друга, образуя куполовидные раздувы. Реже образуют вогнутые внутрь, как бы вложенные друг в друга, воронки (Рис. 2). Такого типа коралловые поселения описаны И.Ю. Бугровой [4] и выделены в самостоятельный тип, характерный для бассейнов с поступлением большого количества илистой взвеси.

Одиночные кораллы (рифоллюбы) встречаются как в органогенных постройках, так и вне их. Самостоятельных построек они не образуют. Размеры одиночных форм составляют от десятых сантиметра (акросмилииды) до 20 см длиной и 7–10 см в диаметре (монтливалтииды и эписмилииды). Преобладают цилиндрические и трохоидные формы, встречающиеся почти во всех кораллосодержащих слоях, реже отмечаются тонкие сколекоидные формы в глинистых породах и крупные изогнутые грушевидные либо бочёнковидные формы в существенно карбонатных и песчаных породах. Одиночные формы редко встречаются в прижизненном положении, часто их нижняя часть обломана.

Практически всегда и во всех типах пород кораллы частично или полностью покрыты известковыми микробиально-водорослёвыми наростами. Вероятно, цианобактерии и водоросли активно участвовали в рифообразовании и породообразовании: литокласты микробиальных и водорослёвых известняков – одни из основных форменных элементов в изученных карбонатных породах.



Рис. 2. Корковидные уплощённые и воронковидные колонии из постройки на ТН 9.

В постройках этого типа обнаружены склерактинии: *Goniocora dubia* Koby; *Acrosmilia plana* Eichwald; *Thamnasteria concinna* Goldfus; *Thecosmilia dichotoma* Koby; *Montlivaltia variabilis* Koby; *Microsolena exigua* Koby; *Dimorpharea lineata* Eichwald; *Dimorphastraea dubia* de Fromentel; *Montlivaltia* sp.; *Calamophylliopsis* sp.; *Complexastraea* cf. *dobroviensis* Morycowa; *Latiphyllia* sp.; *Dimorpharea* aff. *aequiseptalis* Bendukidze; *Synastraea* aff. *subagaricites* Becker, *Dendrarea* sp., *Meandראה* sp.

Наряду с кораллами в постройках первого типа и вмещающих отложениях обнаружены остатки обитавших на этих участках дна организмов: гастропод (*Ampulina* sp.), двустворок (*Astarte* sp., *Pholadomya* sp., *Myophorella* sp.), прикреплённых криноидей [6] (*Margocrinus marioni*, *Isocrinus amblyscalaris*, *Millericrinus* sp.), правильных морских ежей цидарид (*Paracidaris* sp.), серпулид, известковых губок, хететид, брахиопод, мшанок (определения автора), а также аммонитов (*Ptychophylloceras* sp.) (определение В.В. Аркадьева), возможно, принесенных из других зон морского бассейна.

На поверхности одиночных и колониальных кораллов обнаружены многочисленные эпибионты. Так, серпулиды часто инкрустируют верхнюю и боковые поверхности кораллов. Также к эпибионтам можно отнести остатки губок, хететид; реже встречаются на поверхности кораллов мелкие прикреплённые двустворки и мелкие колонии склерактиний.

Постройки второго типа состоят из полностью перекристаллизованных крупных лепёшковидных, караваеобразных (до 0,4 м. в поперечнике и 0,3 м высотой), уплощённых (толщиной до 4 см), ветвисто-массивных (до 2 м высотой, и диаметром веточек 2-3 см), фацеллоидных колоний кораллов, а также губок, хететид и микробиально-водорослёвых образований. По форме постройки представлены биостромами (10-15 м мощностью и протяженностью от 30 м и более) и холмообразными биогермами (высотой от 7 м и от первых десятков м в основании). Эти крупные постройки хорошо выражены в рельефе – как правило, они бронируют верхнюю часть склона на протяжении десятков метров. Среди кораллов преобладают тамнастероидные массивные (*Clausastrea* sp.) и массивно-ветвистые формы (микросоленины). Детальный систематический состав склерактиний установить не удалось из-за сильной перекристаллизации их остатков.

Из изученных склерактиний до вида были определены семь форм, остальные – со знаком открытой номенклатуры. Для целей анализа стратиграфического и географического распространения кораллов были использованы только видовые определения, так как роды форм, определенных со знаком открытой номенклатуры имеют широкое распространение в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях. Из семи анализируемых видов один вид (*Acrosmilia plana* Eichwald) встречается только в

Крыму. Остальные распространены гораздо шире. Три вида кораллов установлены в Крыму впервые: *Goniocora dubia* Kobu, *Montlivaltia variabilis* Kobu, *Microsolena exigua* Kobu.

Общим интервалом распространения для всех видов является оксфорд. По литературным данным *Thamnasteria concinna* Goldfus встречается в среднем-верхнем оксфорде и выше; *Thecosmilia dichotoma* Kobu встречается в верхнем оксфорде и выше. В целом, изученные виды встречаются в отложениях оксфорда – апта; резко преобладают оксфордские и оксфорд-титонские виды. Среди изученных форм есть виды, встречающиеся массово и во многих частях разреза, (например, *Thamnasteria concinna*) и немногочисленные, редко встречающиеся в разрезе либо приуроченные к конкретным уровням (например, *Goniocora dubia*).

Географическое распространение изученных видов по литературным данным охватывает преимущественно Южную (Крым, Кавказ, Румыния, Болгария, Словения, Франция, Португалия), Центральную (Швейцария, Германия, Чехия, Польша, Венгрия) и частично Северную Европу (Англия), а также Азербайджан, Узбекистан и Иран. Таким образом, данные виды существовали на оксфордской северной окраине океана Тетиса [7].

Среди изученных кораллов нет видов с интервалом существования уже, чем ярус. Однако существует возможность проведения достаточно детального расчленения отложений по интервалам совместного существования.

В изученных разрезах склерактинии резко преобладают по количеству экземпляров и систематическому разнообразию над остальными группами фауны, и приурочены почти ко всем встреченным фациям. Кораллосодержащие фации широко распространены не только в изученных разрезах, но и почти во всех частях верхнеюрского разреза Горного Крыма и складчатых окраин севера Тетической области. Таким образом, потенциал склерактиний для целей биостратиграфии, особенно региональной, остаётся достаточно высоким [1,2,3].

Литература

1. Бабаев Р.Г. Позднеюрские шестилучевые кораллы (склерактинии) северо-восточной части Малого Кавказа (Азербайджан). – Баку.: Элм, 1973, 168 с.
2. Бендукидзе Н.С. Позднеюрские кораллы рифогенных отложений Кавказа и Крыма. Тр. Геологического института АН ГССР., нов. сер., вып. 74. Тбилиси.: Мецниерба, 1982, 234 с.
3. Бендукидзе Н.С., Чиковани А.А. Шестилучевые кораллы. Основы палеонтологии. Губки, археоциаты, кишечнополостные. М.: Изд-во АН СССР, 1962. с. 357–423.
4. Бугрова И.Ю. Применение методов биофациального анализа для восстановления среды обитания древних *Spidaria*. // Стратиграфические и фациальные методы изучения фанерозоя. СПб. Учёные записки кафедры исторической геологии. Под ред. В.А. Прозоровского. Вып. 1., 2000. с. 47–55.
5. Габдуллин Р.Р., Бадулина Н.В., Бакай Е.А., Рубцова Е.В., Юрченко А.Ю., Карпова Е.В., Иванов А.В., Варзанова М.А., А.В. Сергиенко А.В., Т.А. Коновалова Т.А., Парахина М.В. Строение и условия формирования келловей – оксфордских отложений в районе Судакской бухты (Крым). // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. № 3, с. 25–40.
6. Кликушин В.Г. Ископаемые морские лилии пентакриниды и их распространение в СССР. – Л.: Ленинградская Палеонтологическая лаборатория, 1991, 358 с.
7. Краснов Е.В. Кораллы в рифовых фациях мезозоя СССР. М.: Наука, 1983, 192 с.
8. Михайлова М.В. Строение и условия образования оксфордских биогермов в районе г. Судака. // Известия высш. уч. заведений, Геология и разведка, 1959, №5, с. 52–60.
9. Cecca F., Martin Garin B., Marchand D., Lathuiliere B., Bartolini A. Paleoclimatic control of biogeographic and sedimentary events in Tethyan and peri-Tethyan areas during the Oxfordian (Late Jurassic) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222, 2005, p. 10–32.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В МИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКАХ В МОРСКОЙ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ Р. НИЛА (ЕГИПЕТ)

Эльшейх Махмуд Элсаед Абделаиз Элсаед

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, аспирант 3 года обучения,
г. Москва*

e-mail: m.elsheikh90@gmail.com

Научный руководитель: *д.г.-м.н., Конохов Александр Иванович*

Аннотация: Исследование направлено на изучение миоцен-плейстоценовых отложений группы лицензионных участков «Морская глубоководная часть западной дельты р. Нил». В ходе привязки скважин к сейсмике и дальнейшей сейсмической интерпретации профилей миоцен-плиоценовые отложения были разделены на три мегакомплекса: домессинский миоценовый, мессинский соленосный и постмессинский плиоцен-плейстоценовый, отвечающие крупным трансгрессивно-регрессивным циклам изменения относительного уровня моря. При интерпретации сейсмике в составе миоценового и плиоценового мегакомплексов также выделены несколько циклов колебания уровня моря 3-го порядка, а также околонушено крупное поднятие, названное «Антиклиналь акваториального сектора дельты Нила», которое может служить структурной ловушкой для песчаников формации Кафр-эль-Шейх, поступающих в ранне- и среднеплиоценовое время по подводным каналам с суши. Они обладают перспективами открытия залежей преимущественно природного газа и, возможно, нефти. Скопления углеводородов также могут существовать в более древних песчаниках подводных протоков домессинского мегакомплекса.

Ключевые слова: Сейсмический анализ, запад бассейна дельты Нила, неоген-четвертичные отложения.

NEW DISCOVERY OF HYDROCARBON PROSPECTS IN MYOCENE- QUATERNARY DEPOSITS AT LICENSED SITES IN THE SEA DEEP- WATER ZONE OF WESTERN NIL DELTA (EGYPT)

Mahmoud Elsheikh,

*Lomonosov Moscow State University, 3rd year Post-graduate Student,
Moscow,*

e-mail m.elsheikh90@gmail.com

Research Supervisor: *Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Alexander Konyukhov*

Abstract: This study focuses on the subsurface Miocene-Pleistocene sedimentary sequence of the Western Delta of Deep-Sea license blocks. Analysis of seismic, based on obtainable well data, and seismic data, allows us to divide the studied successions into two mega sequences: Pre/ and Post/ Messinian complexes resulting in transgressive-regressive sedimentation cycles of sea level during the evolution of the Miocene -Pleistocene subsurface sedimentary sequence. Pre/Messinian complex encompasses the Miocene strata, while the Post/Messinian complex consists of a thickness pattern of deposits in the time of Pliocene to Pleistocene and ended up with Holocene. The interpreted anticline represents a characteristic overlap that can create an appropriate structural trap for hydrocarbons in the sandy intermission of the formations of the Western Deep-Sea Delta field such as Kafr-El Sheik siliceous clastic. Besides, the recognized individual and various hidden routes, such as channel and sub/channel in Pre/Messinian complex are approved for additional inspection to discover hydrocarbons.

Keywords: Seismic Analysis, western part of Nile delta basin, Miocene-Quaternary deposits.

Дельта Нила - одна из основных углеводородных провинций Египта. Как и другие дельты мира, она давно привлекала внимание крупных нефтяных компаний. Недавние открытия в морской части дельты Нила коммерческих нефтяных и газовых месторождений подтвердили огромный геолого-разведочный потенциал этого региона, связанный с широким распространением в разрезах миоценовых и плиоценовых осадков подводных протоков и русел, протягивающихся в субмеридиональном направлении и заполненных песчаным материалом.

В геологической истории Восточного Средиземноморья было несколько этапов, определивших современное строение моря Леванта и дельты р.Нил. В позднеюрское - раннемеловое время египетский сектор континентальной окраины Африки был охвачен процессами рифтогенеза, после чего вследствие термического погружения образовалась впадина, позднее ставшая бассейном дельты Нила [4], площадь которого на сегодняшний день превышает 250.000 км². Этот бассейн заполнен терригенными отложениями позднего палеогена-плейстоцена мощностью более 6 км [1], большая часть обломочного материала принесена водами р. Нил. Мощность миоценовых и плейстоценовых осадков, являющихся основным объектом поисково-разведочных работ на нефть и газ, возрастает в направлении от суши в сторону египетского шельфа и континентального склона. Именно здесь развиты структурные и литологические ловушки, способные вмещать залежи УВ.

Новизна работы заключается в определении перспективности миоцен-плиоценовых отложений, развитых в западной части бассейна реки Нил, для открытия новых залежей газообразных УВ. В основу работы положен анализ 3-мерных сейсмических данных в районе исследования, который расположен в 90 км севернее суши или в 120 км к северо-востоку от г. Александрия с глубинами моря от 250 до 850 м (рис. 1). Целью данной работы является изучение особенностей строения неоген-четвертичной толщи в районе газового месторождения недавно открытого в относительно глубоководной зоне западного сектора дельты р. Нил.

При анализе сейсмических материалов в неоген-четвертичных толще выделено несколько комплексов осадков, аккумуляция которых связана с изменениями уровня моря, вызывавших отступление дельты р. Нил или ее выдвигание в сторону моря.

Толща плиоцен-четвертичных осадков в дельте Нила разбита региональными разломами как широтного и меридионального, так и северо-западного (тренд Темзах) и северо-восточного (тренд Розетта) простирания. Разломы, ориентированные в СЗ и СВ направлениях, развиты главным образом в северо-восточном и северо-западном секторах дельты (рис.1) [2]. Они также выявлены и у южной границы развития мессинских солей. В наземной части дельты Нила преобладают разломы широтного простирания. Отсюда они протягиваются в северо-восточные районы Египта.

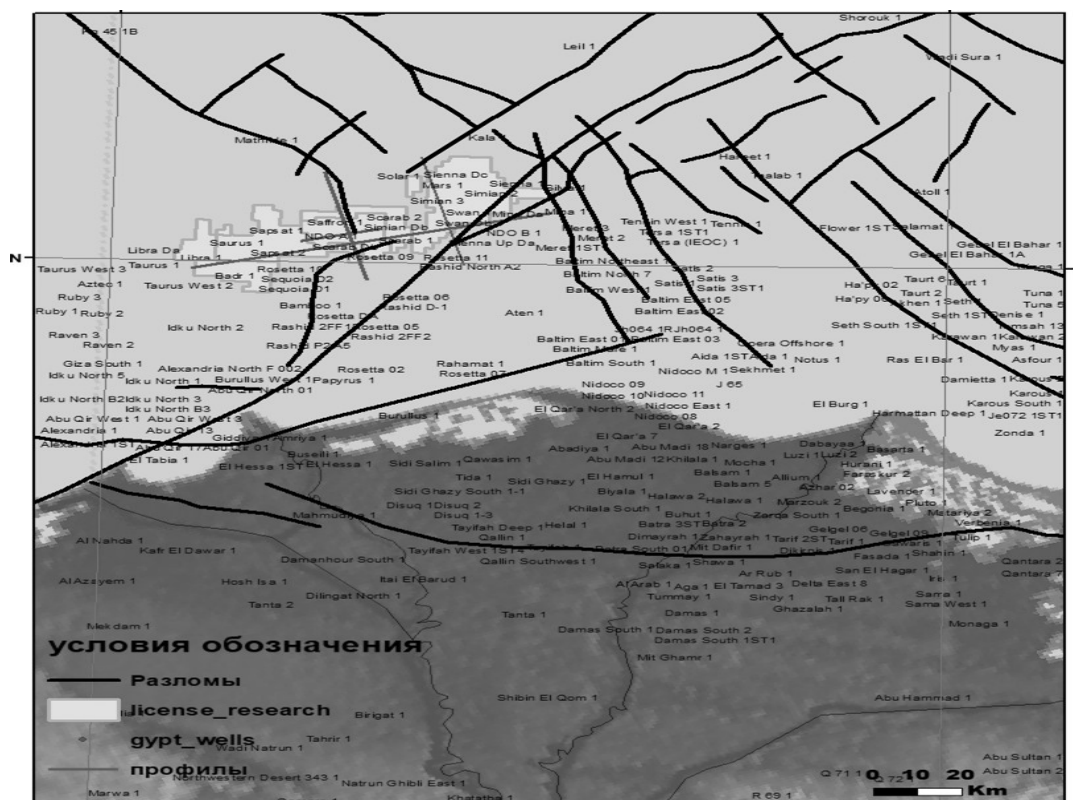


Рис. 1. Карта расположения группы изучаемых лицензионных участков с наложенными разломами [1]

Тектоническое строение района исследования и характеристика осадочного разреза уточнялись при интерпретации сейсмических профилей с выделением конкретных сейсмических горизонтов. С миоцена по голоцен в бассейне дельты Нила сформировалась мощная толща обломочных и глинистых отложений, охватывающую формации от Сиди-Салем до Мит-гамр. Детальная стратиграфия этих отложений исторически была разработана в ходе поиска и разведки залежей УВ в прибрежном и морском секторах дельты Нила. Значительным событием в этой толще является мессинский пик солёности, связанный с падением уровня моря в мессинское время, вызвавший обмеление Тортонского моря и образование мощных соляных отложений практически по всему Средиземному морю [3]. В восточной части Средиземного моря эвапориты достигают толщины почти 2,3 км. На изучаемой территории соли отсутствуют.

Анализ миоцен-плейстоценовых сейсмических разрезов проводился в программе Петрель путем пикирования отчетливых сейсмических горизонтов и основных разломов, влияющих на эти горизонты. На основе имеющихся сейсмических профилей прослежено 6 сейсмических горизонтов: подошва и кровля формации Серравалль (Сиди-Салем), Вакара (тортон), Абу-Мади (мессиния), Кафр Эльшейх и Эль Вастан (обе плиоценовые), также прослежены разломы. Разрез разделен на два мегакомплекса по поверхности мессинского несогласия (кровля формации Абу-Мади), которая имеет яркое высокоамплитудное отражение. Оно простирается по всему Средиземноморскому бассейну и служит признаком обмеления в Мессинский период. Несогласие также распространяется и на изучаемой территории.

По сейсмическим данным в верхнем комплексе очерчены системы подводных долин различной протяженности, названных Сафроном, Скарабеем, Змеей, Обезьяной и Сиеной (рис. 2). Яркие пятна в них указывают на их заполнение газом. Внутри линзовидных форм, выявленных по сейсмике, имеется несколько мандрирующих русел, определяемых с помощью атрибута Variance в ПО Петрель.

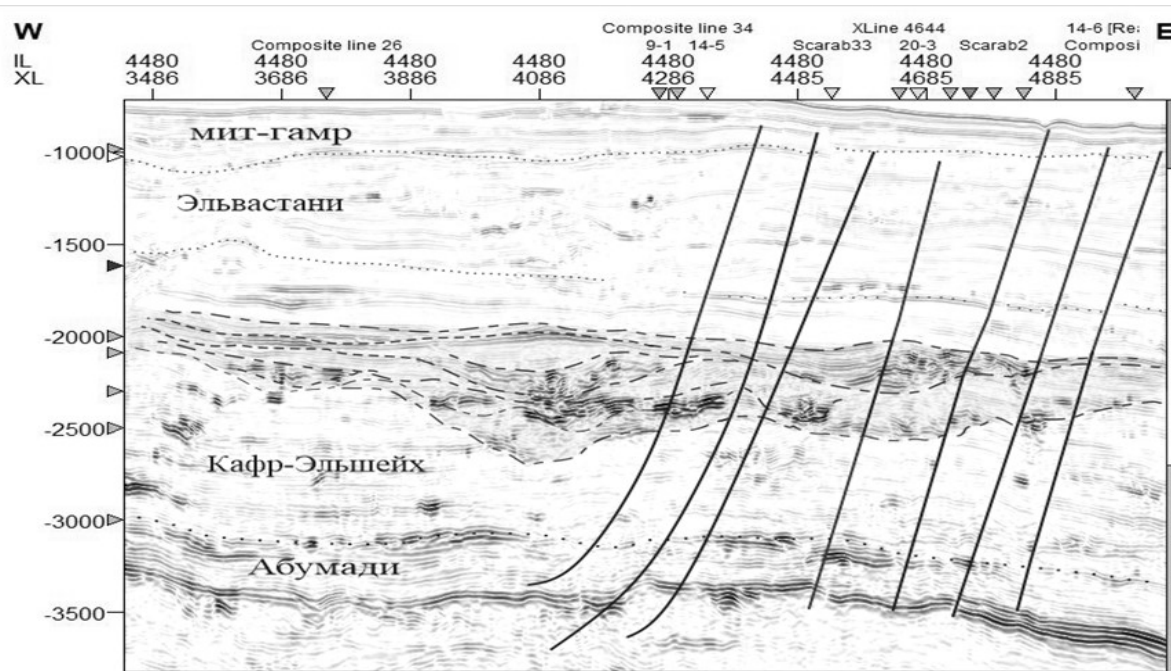


Рис. 2. Подводные каналы линзовидной формы в пределах формации Кафр-эль-Шейх

Эти русла возможно проследить, поскольку они выглядят как яркие пятна на сейсмических профилях и имеют потенциал для обнаружения углеводородов, особенно в премессинском мегакомплексе, на который в последние годы направлены геолого-разведочные работы египетских компаний с целью поиска потенциальных будущих месторождений газа. Интерпретируемая крупная тектоническая структура Антиклиналь Экваториальной Части Дельты Нила может являться структурной ловушкой для углеводородов, а песчаные каналы в качестве литологической ловушки. В районе исследования для постмессинских песчаников формации Кафр-Эль-Шейх потенциальными ловушки являются комбинированные структурно-литологические. Кроме того, песчаные каналы в домессинском мегакомплексе способны скрывать дополнительные ресурсы углеводородов. Следует отметить, что в 2018 году обнаружен газ впервые в премессинском мегакомплексе в формации Абу-Мади в скважине Восточный Севан, что служит свидетельством потенциала этих отложений в регионе.

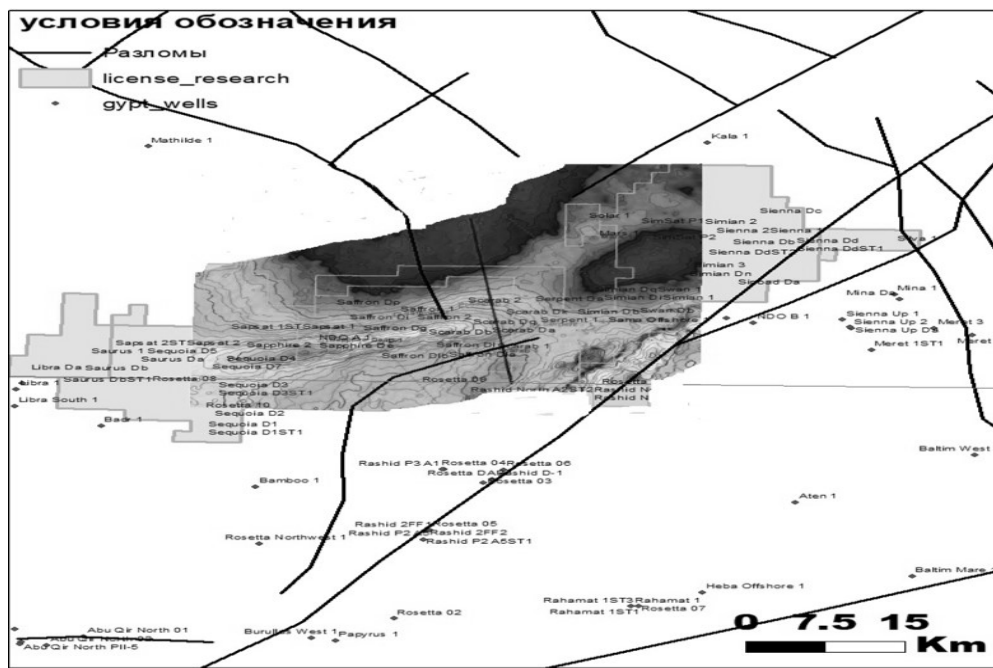


Рис. 3. Карта временной структуры показывает главное антиклинальное поднятие морской части дельты Нила, известное как NDOA, и региональный разлом Розетта.

Литература

1. Aal A.A., El Barkooky A., Gerrits M., Meyer H., Schwander M., and Zaki H., 2000. Tectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Basin and Its Significance for Hydrocarbon Prospectivity in the Ultra-Deep Water of the Nile Delta, The Leading Edge, Vol. 19, 2000, 1088 p.
2. Ali M.A. Abd-Allah, Mohamed H. Abdel Aal, Ahmad Ghandour, 2012. Structural characteristics and tectonic evolution of the northwestern margin of the Nile Delta, Egypt", Journal of African Earth Sciences, Volume 68, 84 p.
3. Barber, P.M., 1981. Messinian subaerial erosion of the proto-Nile delta. Mar. Geol. 44, 254p.
4. Dolson, J.C., Shann, M.V., Matbouly, S., Harwood, C., Rashed, R., Hammouda, H., 2001. AAPG Memoir 74, Chapter 23: The Petroleum Potential of Egypt. 1369 p.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСТРАКТОВ НЕФТЕГАЗОМАТЕРИНСКИХ ТОЛЩ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА

Осипов Константин Олегович

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, аспирант 3 года обучения, г. Москва
e-mail: k.osipov@oilmsu.ru*

Сауткин Роман Сергеевич

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, молодой учёный, г. Москва
e-mail: r.sautkin@oilmsu.ru*

Большакова Мария Александровна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, к.г.-м.н., г. Москва
e-mail: m.bolshakova@oilmsu.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, *Ступакова Антонина Васильевна*

Аннотация: В статье рассматривается методика анализа геохимических данных экстрактов тутлеймской и тюменской нефтегазоматеринских толщ на примере одного из месторождений Краснolenинского свода. В основе методики лежит применение 2 методов машинного обучения – главных компонент и случайного леса, каждый из которых имеет своё назначение при анализе данных, кроме того, первый требует предварительной подготовки данных, второй имеет показатели качества, используемые для оценки применимости этого метода в исследовании. Метод главных компонент позволяет визуализировать и выявлять закономерности в данных, в нашем случае экстракты тутлеймской нефтегазоматеринской толщи явно отличаются от тюменской на диаграмме главных компонент. Для определения геологических причин различия этих толщ использован метод случайного леса, который призван найти из всего набора геохимических свойств те из них, которые легче всего разделяют образцы на тутлеймскую и тюменскую толщ. Выявлено, что различие свойств толщ связано с разницей в зрелости и обстановке осадконакопления.

Ключевые слова: методика, метод главных компонент, случайный лес, экстракты НГМТ, Краснolenинский свод.

APPLICATION OF PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND RANDOM FOREST METHODS FOR STUDY OF SOURCE ROCKS EXTRACTS: THE CASE OF KRASNOLENIN ARCH

Konstantin Osipov,

*Lomonosov Moscow State University, 3^d year Post-graduate Student, Moscow,
e-mail k.osipov@oilmsu.ru*

Roman Sautkin,

*Lomonosov Moscow State University, Young Researcher, Moscow,
e-mail r.sautkin@oilmsu.ru*

Maria Bolshakova,

*Lomonosov Moscow State University, Candidate of Geology and Mineralogy, Moscow,
e-mail m.bolshakova@oilmsu.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, *Antonina Stoupakova*

Abstract: The paper is dedicated to the technique of geochemical data analysis of Tutleim and Tyumen source rocks extracts using one field of the Krasnolenin arch as an example. The approach is based on 2 machine learning algorithms - principal component analysis and random forest, each of them has a different purpose, and in addition, the principal component analysis requires preliminary data preparation while the random forest method has quality parameters used to assess the applicability of this method in the study. Principal component analysis is used to visualize and identify patterns in the data, so in our case extracts of Tutleim source rock clearly differ from the samples of the Tyumen source rock in the diagram of principal components. Then random forest method was used to help us to understand the geological reasons to differentiate between source rocks. By this method, we obtain a better understanding of what are the major properties that differentiate the two source rocks from each other and it was revealed that maturity and depositional environment are key geological factors for the distinction of these two source rocks in Krasnolenin arch.

Keywords: technique, principal component analysis, random forest, extracts of source rocks, Krasnolenin arch.

В качестве исходных данных для отработки методики анализа экстрактов 2 нефтегазоматеринских толщ (НГМТ) - тутлеймской и тюменской - использовано 97 образцов одного из месторождений Красноленинского свода. Для каждого образца имеется ряд геохимических свойств (до 61), таких как пиролитические, изотопия углерода, отношения биомаркерных и небимаркерных показателей (рис. 1). Также для каждого геохимического свойства собраны геологические факторы, которые могут оказывать на них влияние – это зрелость, обстановка осадконакопления и состав НГМТ [1,2,3].

В ходе исследования поставлено 2 задачи: определить наличие или отсутствие объективного различия между 2 НГМТ, а также понять, какие геологические причины привели к их несхожести. Решение задач основано на применении 2 методов машинного обучения – главных компонент и случайного леса (рис. 2). В этой работе сделан упор на методике, поскольку успех применения методов машинного обучения во многом зависит от качественной работы с данными.

Выбор указанных методов сделан не случайно. С учетом того, что имеется большое количество как образцов, так и геохимических свойств, то для облегчения анализа используются методы, позволяющие визуализировать данные на одной диаграмме. В нашем случае для этой цели использован метод главных компонент (рис. 1 и 2). На диаграммах главных компонент оси отражают величину геологических факторов. К сожалению, при построении диаграмм главных компонент мы не знаем, какой геологический фактор представлен на какой оси, но у нас есть инструменты, которые помогают это расшифровать. Это, например, матрица корреляций в центре рисунка 1, а также метод случайного леса. Остановимся на последнем. Метод случайного леса применим, когда данные разделены на группы, которые явно различаются (рис. 2). Наш случай не исключение: на рисунке 1 слева на диаграмме главных компонент явно различаются тюменская и тутлеймская свита. Случайный лес использован для нахождения таких геохимических свойств, по которым толщи различаются лучше всего (рис. 1 справа). Зная, индикатором чего является каждое из отобранных алгоритмом свойств, мы выяснили, что тутлеймская свита отличается зрелостью и обстановкой осадконакопления от тюменской. Таким образом нам удалось выяснить, за что отвечают оси на диаграмме главных компонент и решить 2 поставленные задачи.

Важным в процессе этого решения является предварительная работа с данными. Так для применения метода главных компонент необходимо заранее: 1. удалить образцы и свойства, по которым имеется менее 50% данных, 2. заполнить пустые ячейки в таблице, 3-4. произвести нормализацию и стандартизацию свойств (рис. 3).

Удаление свойств и образцов, для которых имеется менее 50% значений необходимо, так как а. данных мало, чтобы они считались представительными, б. на следующем шаге необходимо заполнить пустые ячейки, то есть чем больше пустых ячеек, тем хуже после заполнения качество данных.

Для заполнения пустых ячеек имеется множество способов, из которых наиболее популярными и рабочими являются методы ближайшего соседа и стохастической регрессии. В работе применен последний. Основой метода является знание о корреляции свойств. То есть, например, имея множество образцов с 2 коррелирующими свойствами пустые ячейки будут заполнены там, где одно из свойств отсутствует. Мы знаем, что корреляция в большинстве случаев не является 100%, то есть существует некоторое отклонение точек на диаграмме от линии тренда (регрессии, корреляции). Этот

разброс также заложен в алгоритм стохастической регрессии. То есть пустые ячейки заполняются согласно как корреляции свойств, так и разбросу от линии корреляции.

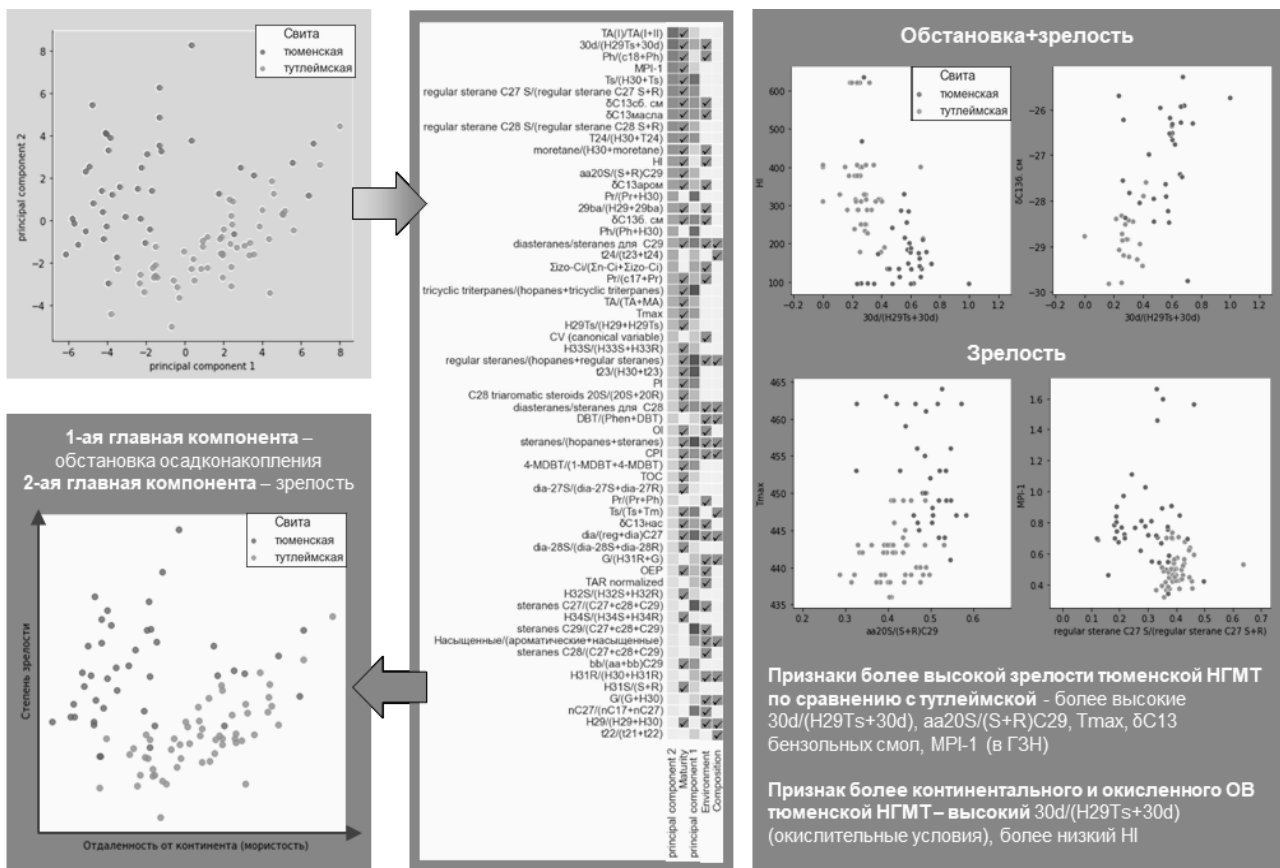


Рис. 1 Выявление геологических факторов, влияющих на различие свойств нефтегазоматеринских толщ с помощью метода главных компонент и случайного леса. В правой части представлены диаграммы свойств, по которым метод случайного леса обнаружил наибольшие различия между нефтегазоматеринскими толщами.

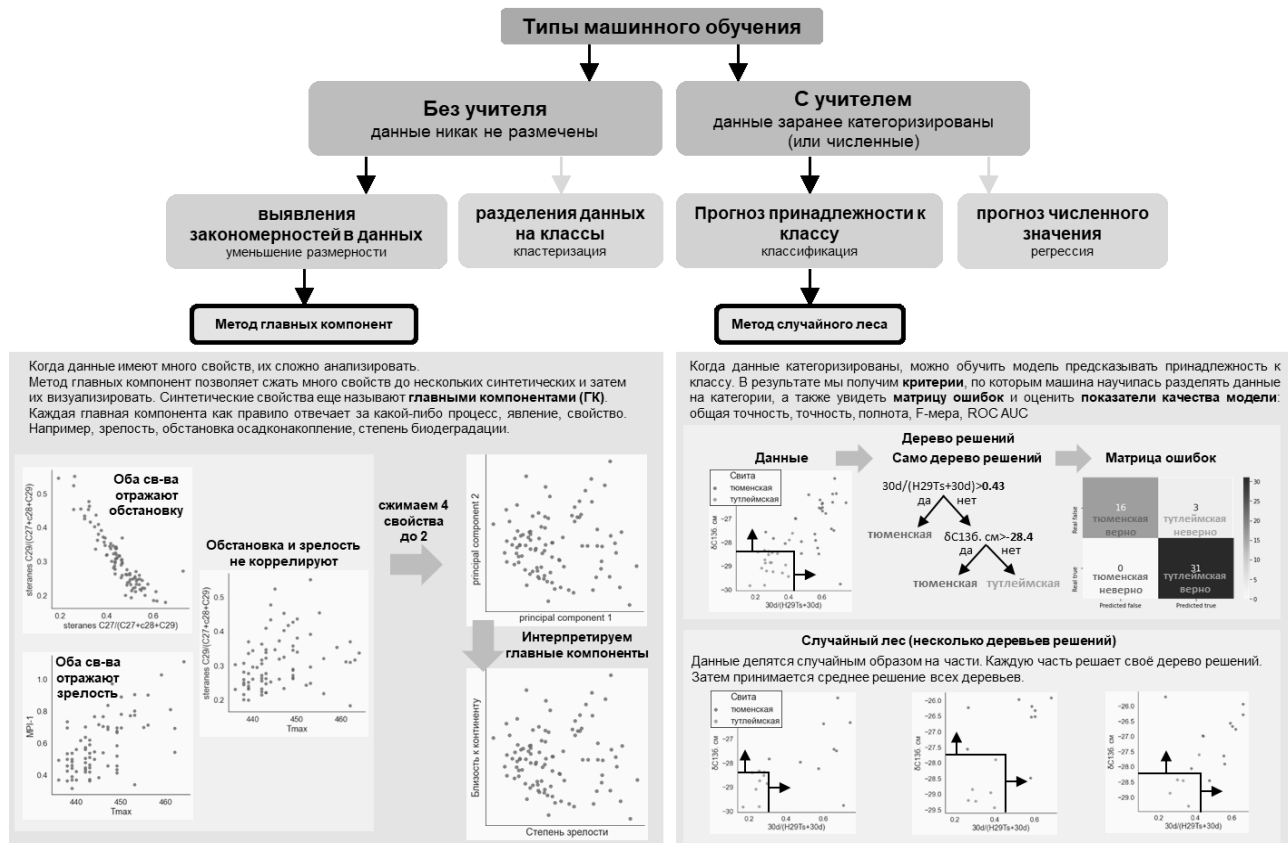


Рис. 2 Обзор методов главных компонент и случайного леса. Их место среди алгоритмов машинного обучения

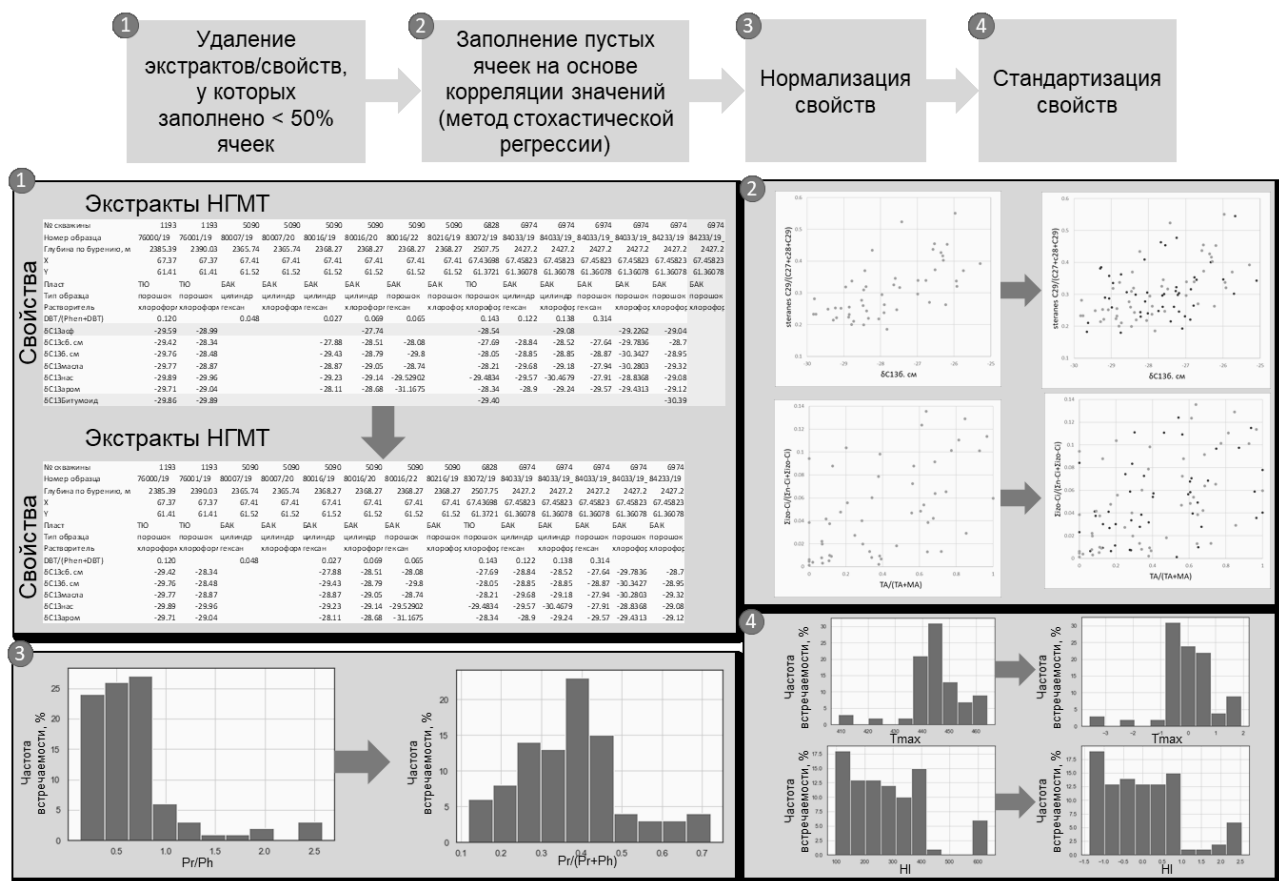


Рис. 3 Предварительная подготовка данных для применения метода главных компонент

Под нормализацией понимается приведения гистограммы распределения свойства к нормальному или близкому к нормальному распределению. Стандартизация – это приведения всех свойств к сопоставимому масштабу (рис. 3). Оба шага критичны, поскольку в идею метода главных компонент заложены метрики - расстояния между образцами в пространстве.

Когда геохимическое свойство имеет распределение сильно отличное от нормального, то расстояние от самых дальних точек до средней сильно различается. Например, большое количество образцов имеют Pr/Ph (рис. 3) в диапазоне от 0 до 1, в то же время всё меньшее кол-во экстрактов имеет значения более 1. Метод главных компонент воспринимает равноценно диапазон от 0 до 1 и от 1 до 2, но это не так. Рассмотрим простой пример, пусть Pr отличается от Ph в 3 раза, тогда у нас получаются 2 случая: Pr/Ph=0.33 (Pr<Ph) и Pr/Ph=3 (Pr>Ph). Мы видим, что когда Pr<Ph значения концентрируются в диапазоне от 0 до 1, в то же время при Pr>Ph значения сильно разбрасываются в сторону увеличения от 1. Таким образом, метод главных компонент практически не видит различий в образцах в диапазоне от 0 до 1 и обращает большее внимание значениям, которые сильно отклоняются от 1, потому необходима нормализация. Для этого мы преобразуем Pr/Ph в Pr/(Pr+Ph).

Когда геохимические свойства имеют разные масштабы значений, то это ведет к большему влиянию свойств, имеющих большие значения, на работу метода главных компонент. Например, Tmax имеет значения порядка 430-500, а Pr/(Pr+Ph) от 0 до 1. Метод главных компонент воспринимает величину 1 в Tmax и 1 в Pr/(Pr+Ph) как одно и то же, тем самым он практически не видит различие в образцах, имеющих разный Pr/(Pr+Ph). Для того, чтобы метод оценивал оба свойства (или как в нашей работе б1 свойство) «на равных», необходима стандартизация свойств (рис. 3).

Хотя выше писалось о том, когда метод случайного леса является применимым, необходимо также иметь представление о показателях качества модели случайного леса для разделения образцов на 2 НГМТ, такие как общая точность, точность, полнота, F-мера, площадь под ROC-кривой. Большинство из показателей рассчитывается на основании матрицы ошибок (рис. 1). Их высокие значения отражают более точное разделение (с меньшим количеством ошибок) образцов тутлеймской и тюменской свиты методом случайного леса, что подтверждает объективное различие 2 толщ. В нашем случае случайный лес обучался на 65% данных (67 образцов – 34 из тутлеймской толщи и 33

из тюменской), а оценивал качество разделения на оставшихся 35% (30 образцов – 21 из тутлеймской и 9 из тюменской). Общая точность на тестовой выборке составила 97%, точность – 100%, полнота – 90%, F-мера – 95%, площадь под ROC-кривой – 97%.

Литература

1. *Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The Biomarker Guide. Second Edition. I. Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History. New York: Cambridge University Press, 2005. 492p.*

2. *Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The Biomarker Guide. Second Edition. II. Biomarkers and Isotopes in Petroleum Systems and Earth History. New York: Cambridge University Press, 2005. 704p.*

3. *Tissot B.P., Welte D.H. Petroleum Formation and Occurrence. Second Revised and Enlarged Edition. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 702p.*

УДК 563.12

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАКОВИН ФОРАМИНИФЕР СОКОЛОВСКОЙ ТОЛЩИ

Трубин Ярослав Сергеевич

Тюменский государственный университет, аспирант 1 года обучения, г. Тюмень

e-mail: iyr-2009@mail.ru

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Смирнов Павел Витальевич

Аннотация: В работе приводятся основные сведения о структуре комплекса бентосных фораминифер из стратотипического разреза соколовской толщи (танетский ярус). Также обобщается информация о поведенческих стратегиях бентосных фораминифер, их относительной численности в разрезе и о некоторых палеоэкологических интерпретациях.

Ключевые слова: Фораминиферы, танетский ярус, Тургайский прогиб, палеоэкология, эпифауна, инфауна.

MORPHOFUNCTIONAL ANALYSIS OF FORAMINIFER FROM THE SOKOLOV FORMATION

Yaroslav Trubin

University of Tyumen, 1st year Post-graduate Student, Tyumen,

e-mail iyr-2009@mail.ru

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Pavel Smirnov

Abstract: The paper provides information on the assemblage of benthic foraminifera from the stratotype section of the Sokolovskaya Formation (Thanetian age). Also, it represents the behavioral strategies of benthic foraminifera, their relative abundance in the cross-section, and some paleoecological interpretations.

Keywords: Foraminifera, Thanetian age, Turgai trough, paleoecology, epifauna, infauna.

Впервые соколовская толща $P_{1t}(skl)$ описана В.Н. Беньямовским [2] и отнесена к танетскому ярусу, в объеме которого для соколовской толщи выделены две зоны по фораминиферам: *Acarinina subsphaerica* и *A. acarinata*. Они сопоставлялись с одноименными зонами бахчисарайского стратотипического разреза (БСР) субтропической области [4]. Позже коллектив авторов под руководством Е.П. Радионовой [20, 21] коррелировали соколовскую толщу только с зоной *A. subsphaerica* БСР. Э.О. Амон и В.А. Маринов [1] предложили выделить местную биостратиграфическую зону *Acarinina subshpaerica*–*Cibicidoides reinholdi*, которая соответствует *Acarinina subsphaerica* БСР и зоне *Globorotalina pseudomenardii* океанической шкалы тропической области [6, 9] – срединная часть танетского яруса. Соколовская толща с размывом залегает на верхнемеловых песках [8] и с несогласием перекрывается опоками и опокovidными глинами «полосатой» толщи [3]. Сама соколовская толща представлена переслаиванием карбонатизированных крупно-среднезернистых песков и песчаников с обломками гравийной размерности. Отложения богаты находками ископаемой фауны: кокколитофориды, диноцисты, фораминиферы, коралловые полипы, остракоды, моллюски и иглокожие [5]. Соколовская толща залегает в виде линзовидного тела в пределах западного склона Тургайского прогиба.

Формировались соколовская толща в мелководных морских обстановках под влиянием как теплого течения Паратетиса, так и холодного течения, происходившего из Западно-Сибирского бассейна, на что указывает характерный смешанный комплекс микрофауны [1]. Транзитное палеогеографическое положение определяет высокую ценность соколовской толщи для

межрегиональной корреляции и требует ее всестороннего изучения. В первую очередь структуры комплексов биостратиграфически важных ископаемых организмов – фораминифер, в том числе с палеоэкологической и экостратиграфической позиций.

Целью настоящей работы является анализ основных черт структуры комплекса бентосных фораминифер и их морфофункциональных адаптаций к определенным поведенческим стратегиям: эпифаунные неподвижные, эпифаунные подвижные и инфаунные организмы.

Образ жизни фораминифер, как показали многочисленные исследования [11, 16, 23], находит свое отражение в морфологии раковин. Анализ функционального назначения морфологических адаптаций фораминифер и их поведенческих стратегий представляет собой ценный инструмент для восстановления основных черт древних морских экосистем. Поведенческие стратегии и относительная численность соответствующих морфотипов фораминифер могут меняться в ответ на колебания кислорода в придонных водах и в осадке [17, 18, 22], изменение гидродинамического режима [12, 15], доступа к питательным веществам [24] и активности хищников [10, 25]. Также, анализ поведенческих стратегий часто используется для экостратиграфических построений и обоснования зонального расчленения разреза [19]. Более того, использование морфогрупп является средством для сравнения морских сообществ разного возраста за счет преодоления проблемы таксономических различий [11].

Материалами для исследования послужили образцы из стратотипического разреза соколовской толщи, отобранные в рамках полевых работ в 2019 году на севере Казахстана под руководством О.Н. Васильевой (УроРАН). Лабораторная обработка проб проводилась по стандартной методике [7].

В составе комплекса фораминифер доминируют представители семейства Cibicididae: *Cibicides reinholdi*, *C. lectus* и *Cibicidoides favorabilis* и *C. proprius*. Также в комплексе доминируют представители Buliminida – *Reussella paleocenica*. К акцессорным формам можно отнести следующие виды: *Pullenia quinqueloba*, *Polymorphina pulchella*, *Nodosaria spinulosa*, *Dentalina communis*, *Oolina apiculate*, *Lenticulina degolyeri*, *Protoglobulina ovata* и *Globulina minuta*, *Bulimina rosenkrantzi* и *Loxostoma applinae*.

В структуре бентосного комплекса фораминифер можно выделить четыре наиболее представительных морфологических группы с адаптациями к разным образам жизни. (1) К первому морфотипу с пирамидальной многокамерной вытянутой раковинной относятся ведущие инфаунный образ жизни виды *Reussella paleocenica* [22]. (2) Второй морфотип с планиспиральной, реже почти симметричной трохоспиральной раковинной с многочисленными порами как на спинной, так и на брюшной сторонах предполагает также инфаунный образ жизни [14, 15]. К нему относятся два вида – *Cibicidoides simplex* и *C. proprius*. (3) Третий морфотип обладает трохоспиральной раковинной с пористой выпуклой, реже уплощенной брюшной стороной, что является лучшей адаптацией для колонизации поверхности субстрата и активному перемещению по нему [13], и включает два вида – *C. favorabilis* и *Eponides lunatus*. (4) Четвертый морфотип объединяет виды *Cibicides reinholdi* и *C. lectus* с низким трохоспиральными раковинными с уплощенной или вогнутой пористой спинной стороной, что наилучшим образом адаптировало указанные организмы для прикрепления к поверхности дна или его элементам (крупным обломкам горных пород, водорослям или выростам зообионтов) [15, 19, 22]. Наиболее распространенными являются морфотипы с адаптацией к инфаунному образу жизни и подвижному эпифаунному. В меньшей мере в осадке представлены виды, крепящиеся ко дну или его элементам (рис. 1).

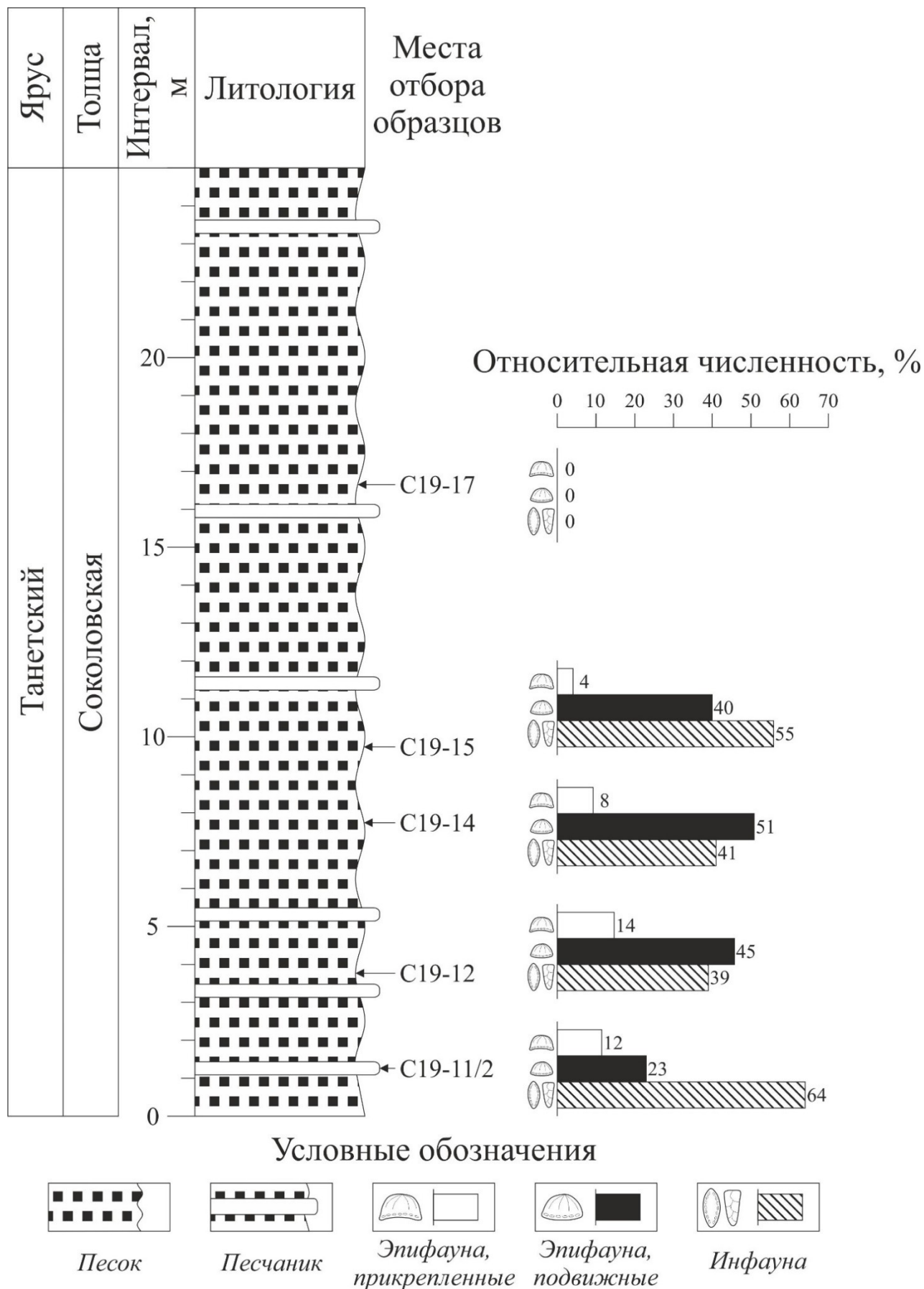


Рис. 1. Относительная численность морфотипов бентосных фораминифер с характерными поведенческими стратегиями в стратотипическом разрезе соколовской толщи

Высокая плотность популяции и разнообразие видов комплекса свидетельствует в пользу обилия пищевого потока и открытого доступа к нему. Доминирование инфаунных организмов

указывает на хорошую аэрацию придонного слоя и достаточное присутствие кислорода в осадке [17, 22]. Также нахождение эпифаунных подвижных раковин с уплощенной формой и характерным килем является адаптацией к высокоэнергичному гидродинамическому режиму [11, 12]. Причины небольшого количества эпифаунных прикрепленных фораминифер в структуре комплекса менее однозначны. Наиболее вероятными причинами могут быть их неприспособленность к высокоэнергичным обстановкам [12] и активность хищников [10, 25]. На последнее указывают следы хищничества в виде крупных отверстий на стенках раковин.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках государственного задания FEWZ-2020-0007 «Фундаментальные закономерности развития природной среды юга Западной Сибири и Тургай в кайнозое: седиментология осадочных толщ, абиотические геологические события и эволюция палеобиосферы» Исследования выполнены с использованием оборудования ЦКП «Биокосные системы криосферы», Тюменский научный центр СО РАН.

Автор выражает искреннюю признательность П.В. Смирнову за ценные профессиональные советы и комментарии к работе, В.А. Маринову за помощь в диагностике фораминифер, помощь в подборе литературы и обсуждение результатов, а также О.Н. Васильевой и Т.П. Малышкиной за возможность принять участие в полевых работах на севере Казахстана, в рамках которых были собраны материалы для подготовки настоящей работы.

Литература

1. Амон Э.О., Маринов В.А. Фораминиферы танетского яруса палеоцена Западной Сибири – корреляционные аспекты // Литосфера. 2011. № 6. С. 55–70
2. Беньямовский В.Н., Левина А.П., Пронин В.Г., Табачникова И.П. Палеоценовые отложения в Тургайском прогибе // Изв. Вузов. Геология и разведка. 1989. № 10. С. 3–14.
3. Беньямовский В.Н., Васильева О.Н., Левина А.П., Пронин В.Г. Палеоцен Южного Зауралья. Статья II. Палеоген в центральной, северной частях Тургайского прогиба и в Курганском Зауралье // Изв. вузов. Геология и разведка. 1995. № 2. С. 3–7.
4. Беньямовский В.Н. Обоснование детальной стратиграфической схемы нижнего палеогена Крымско-Кавказской области // Пути детализации стратиграфических схем и палеогеографические реконструкции. М.: геос, 2001. С. 210–223.
5. 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.
6. Крашенинников В.А., Басов И.А. Стратиграфия палеогеновых отложений Мирового океана и корреляция с разрезами на континентах // М.: Научный мир. 2007. 316 с.
7. Практическое руководство по микрофауне. Т. 8. Фораминиферы кайнозоя // СПб.: ВСЕГЕИ. 2005. 324 с.
8. Рудмин М.А., Мазуров А.К., Капанов А.С., Соктоев Б.Р., Буяков А.С. Глауконит из верхнемеловых пород Варваринского месторождения (Тургайский прогиб, северный Казахстан) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 2. С. 104–117
9. Berggren IV.A., Kent D.V., Swisher III C.C., Aubry M.-P. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. Geochronology time scale and global stratigraphy and chronostratigraphy. Geochronology time scale and global stratigraphy correlation // SEMP Special Publication. №54. 1995. P. 129-212.
10. Culver, S.J., Lipps, J.H. Predation on and by foraminifera. In: Kelley, P.H., Kowalewski, M., Hansen, T.A. (Eds.), Predator–Prey Interactions in the Fossil Record. Kulwer Academic/Plenum Publisher, New York. 2003. P. 7–32.
11. Dubicka Z., Zlotnik M., Borszcz T. Test morphology as a function of behavioral strategies – Inferences from benthic foraminifera // Marine Micropaleontology. 2005. № 116. P. 38-49.
12. Dumitriu S.D., Dubicka Z., Ionesi V. The functional significance of the spinose keel structure of benthic foraminifera: inferences from *Miliolina cristata* Millett, 1898 (*Miliolida*) from northeast Romania // Journal of Micropalaeontology. 2018. № 37, P. 153–166.
13. Glock, N., Schönfeld, J., Mallon, J. The functionality of pores in benthic foraminifera and bottom water oxygenation: a review. In: Altenbach, A.V., Bernhard, J.M., Seckbach, J. (Eds.), Evidence for

Eukaryote Survival and Paleontological Strategies. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology 21 // Springer, Netherlands. 2012. P. 537–552.

14. Gooday, A.J., Benthic foraminifera (Protista) as tools in deep-water paleoceanography: environmental influences on faunal characteristics // Adv. Mar. Biol. 2003. № 46. P. 3–90.

15. Hottinger, L., Functional morphology of benthic foraminiferal shells, envelopes of cells beyond measure // Micropaleontology. 2000. № 46. P. 57–86.

16. Jones, R.W., Charnock, M.A. “Morphogroups” of agglutinating Foraminifera. Their life positions and feeding habitats and potential applicability in (paleo)ecological studies // Rev. Paléobiol. 1985. № 4. P. 311–320.

17. Kuhnt T., Schiebel R., Schmiedl G., Milker Y., Mackensen A., Friedrich O. Automated and manual analyses of the pore density-to-oxygen relationship in Globobulimina turgida (bailey) // Journal of Foraminiferal Research. 2014. V. 44, № 1. P. 5–16.

18. Moodley, L., Hess, C. Tolerance of infaunal benthic foraminifera for low and high oxygen concentrations // Biol. Bull. 1992. № 183. P. 94–98.

19. Nikitenko B.L., Reolid M., Glinskikh L. Ecostratigraphy of benthic foraminifera for interpreting Arctic record of Early Toarcian biotic crisis (Northern Siberia, Russia) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. № 376. P. 200–212

20. Radionova E.P., Khokhlova I.E., Beniamovskii V.N. et al. Paleocene/Eocene transition in the north-eastern Peri-Tethys area: Sokolovskii key section of Turgay passage (Kazakhstan) // Bull. Soc. Geol. France. 2001. V. 172, № 2. P. 245–256.

21. Radionova E.P., Beniamovski V.N., Iakovleva A.I., Muzylöv N.G., Oreshkina T.V., Shcherbinina E.A., Kozlova G.E. Early Paleogene transgressions: Stratigraphical and sedimentological evidence from the northern Peri-Tethys // Geological Society of America Special Papers. 2003. № 369. P. 239–261.

22. Reolid M., Nikitenko B.L., Glinskikh L.A. The record of Toarcian Oceanic Anoxic Event by agglutinated foraminiferal morphogroups from Northern Siberia // Ninth International Workshop on Agglutinated Foraminifera. 2012. Abstract Volume. P. 80–83.

23. Reolid M., Nikitenko B.L., Glinskikh L.A. Trochammina as opportunist foraminifera in the Lower Jurassic from north Siberia // Polar Research. 2014. № 33. P. 1–14

24. Schmiedl, G., de Bovée, F., Buscail, R., Charrière, B., Hemleben, C., Medernach, L., Picon, P. Trophic control of benthic foraminiferal abundance and microhabitat in the bathyal Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. Mar // Micropaleontol. 2000. № 40. P. 167–188.

25. Sliter, W.V. Predation on benthic foraminifers // J. Foraminifer. Res. 1971. № 1. P. 20–29.

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Карабута Екатерина Витальевна

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», студент 4 курса

2017-2022, г. Оренбург

e-mail: katty.karabuta@inbox.ru

Научный руководитель: преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра

Кузьмина Виктория Валерьевна

Аннотация: Время идет, и искать и добывать углеводороды становится все труднее. Во всю изучаются альтернативные методы поиска нефти и газа и способы их разработки. Изучение процесса миграции углеводородов – возможно одно из решений данной проблемы. Выводы, сделанные с данной статье, послужат хорошим началом для новых открытий.

Ключевые слова: Углеводороды, миграция, вертикальная миграция, миграция вниз, давление.

FEATURES OF HYDROCARBON MIGRATION

Ekaterina Karabuta

Orenburg State University, 4th year student

2017-2022, Orenburg

e-mail: katty.karabuta@inbox.ru

Research Supervisor: lecturer of the Department of geology, geodesy and cadaster, Victoria

Kuzmina

Abstract: As time goes on, it becomes more and more difficult to search for and produce hydrocarbons. Alternative methods of prospecting for oil and gas and methods of their development are being fully explored. Studying the process of hydrocarbon migration is perhaps one of the solutions to this problem. The conclusions drawn from this article will serve as a good start for new discoveries.

Keywords: Hydrocarbon, migration, vertical migration, migration down, pressure.

В современное время поиски и разработка углеводородов ведутся все сложнее и сложнее. С каждым годом дебиты нефти и газа уменьшаются, что побуждает нас искать новые альтернативные способы извлечения их из недр Земли. Изучение данной темы поможет посмотреть на процесс миграции углеводородов с другой стороны, детально углубиться в ее особенности и сделать интересные выводы.

Миграцией углеводородов называется перемещение нефти или газа в осадочной оболочке в разных агрегатных состояниях по трещинам и порам в горных породах, по поверхностям наслоений, стратиграфическим несогласиям и разрывным нарушениям.

Таблица

Виды миграции

По отношению к резервуарам

По отношению к резервуарам	
<p>Внутрипластовая (внутрирезервуарная) миграция – миграция, которая происходит в теле осадочной толщи или одного пласта и осуществляется по внутренним порам и трещинам.</p>	<p>Межпластовая (межрезервуарная) миграция – миграция, происходящая в теле осадочной толщи или одного пласта. Она осуществляется по стратиграфическим несогласиям и разрывным нарушениям из одного природного резервуара в другой.</p>

По направлению движения флюида		
Боковая миграция происходит вдоль напластования по латерали. Поэтому ее еще называют латеральной миграцией. Она осуществляется по зонам наименьшего фильтрационного или капиллярного сопротивления, по восстанию проницаемого пласта в его кровельной части по породам, которые имеют наибольшую проницаемость, до тектонического перегиба (антиклинали, дизъюнктивного нарушения) или литологического экрана (выклинивание, фациальное замещение).	Вертикальная (восходящая) миграция осуществляется вертикально к напластованию. Обычно она происходит через слабопроницаемые покровы по зонам повышенной трещиноватости. Флюиды могут мигрировать вкост напластования, как снизу-вверх, так и сверху вниз, в зависимости от местоположения зоны пониженного гидравлического потенциала.	
По характеру движения и в зависимости от физического состояния углеводородов		
Молекулярная миграция характеризуется перемещением углеводородов вместе с водой в растворенном состоянии, в истинных коллоидных растворах или эмульсиях.	При фазовой миграции происходит перемещение в фазово-обособленном, свободном состоянии и путем диффузии. В последнем случае углеводороды могут находиться в газообразном (газ) и жидком (нефть) состояниях.	При комбинированной миграции перемещение углеводородов осуществляется в виде парообразного газонефтяного или газоконденсатного растворов. В процессе миграции формы в зависимости от изменения условий меняются, переходят одна в другую. Газ из водорастворенного состояния выделяется в свободную фазу; газоконденсатная система распадается на газовую и жидкую фазы (дериватная нефть); смешение в определенных соотношениях свободных нефти и газа приводит к возникновению газоконденсатной системы. В то же время происходит изменение свойств мигрирующих компонентов, что тоже оказывает влияние на изменение формы и скорости их миграции.
По отношению к нефтегазоматеринским толщам		
Первичная миграция – объединение процессов отделения микронепти (отдельных рассеянных углеводородов) и газа от материнского органического вещества и перемещение по нефтематеринским и газоматеринским свитам до ухода из них.	Вторичная миграция – миграция нефти и газа, которая происходит вне материнских пород и приводит как к формированию залежей, так и к их расформированию.	

Отделение или десорбция нефти происходит на всех стадиях преобразования рассеянного органического вещества, но более интенсивно осуществляется в период, когда материнское органическое вещество достигает главной фазы нефтеобразования. В этих условиях происходит массовое образование микронепти, сопровождаемое большим количеством газообразных продуктов, ростом давления вокруг частиц рассеянного органического вещества и выбросами новообразованных

продуктов. В следствие этого микронепфть начинает перемещаться внутри нефтематеринской породы. Вода, которая заключается в нефтематеринских породах, как правило изначально находится в связанном состоянии в глинистых минералах и высвобождается в процессе катагенеза пород. По сравнению со свободной поровой водой она имеет большую растворяющую способность и, отжимаясь из материнской породы, выносит с собой молекулы углеводородов. Основную роль в первичной миграции углеводородов играют градиенты давления, процессы выравнивания концентрации новообразованных углеводородов, капиллярные, электрокинетические и другие явления. Их влияние сильно проявляется на ранних стадиях первичной миграции. Когда материнская порода переходит к породе-коллектору, завершается первичная миграция нефти и газа. В единичных случаях сами материнские породы в результате литогенетических процессов приобретают довольно высокие фильтрационно-емкостные свойства, что позволяет содержать внутри нефть и газ и отдавать их при разработке (то есть материнские породы сами превращаются в коллекторы). В таком случае первичная миграция ограничивается лишь небольшими перемещениями углеводородов. [2]

Особое внимание хочется уделить вертикальной миграции. Неоднократно мы слышим, что углеводороды могут двигаться только вверх по разрезу, но не исключаются те случаи, когда миграция может происходить и к нижележащим комплексам.

В глинистых породах, которые достаточно хорошо уплотнены, давление начинает уменьшаться к поверхности земли, соответственно в этом направлении двигаются флюиды. В этом случае необходимо еще и удаление поровой воды. Для извлечения флюидов из глин, а также равновесного уплотнения осадков с глубиной нужен хороший дренаж. Если из-за низкой гидравлической проводимости пород воду быстро удалить не получается, то нагрузка будет переключаться на воду, а уплотнение будет задерживаться. Это приводит к тому, что давление флюидов становится больше гидростатического, а пористость глин превышает пористость, которая должна быть на определенной глубине при правильном распределении давления. Как раз при неравновесном уплотнении могут возникать области высокого давления, которые способствуют вертикальной миграции вниз.

Примером может служить исследование девонского терригенного нефтегазоносного комплекса на юге Пермского края. Установлено, что формирование залежей этого комплекса, скорее всего, происходило за счет миграции углеводородов из вышележащего верхнедевонско-турнейского НГК. Из-за низкой плотности эмиграции углеводородов в терригенном девоне основная часть генерированных углеводородов рассеялась и не могла участвовать в формировании открытых в этом комплексе залежей. Проведение генетических корреляций позволило выявить генетическую связь нефтей девонского-терригенного НГК южных районов Пермского края с нефтями верхнедевонско-турнейского НГК. Распределение разрабатываемых залежей по стратиграфическим подразделениям указывает на их максимальную концентрацию в тиманских отложениях, то есть у подошвы нефтематеринских свит. Результаты указывают, что наиболее вероятно формирование залежей углеводородов терригенного девона проходило за счет миграции вниз из нефтематеринских свит вышележащего верхнедевонско-турнейского нефтегазоносного комплекса. [1]

При проведении полевых исследований майкопских глин Западно-Кубанского краевого прогиба, проведенных П.Ф. Телесенко и Б.С.Коротковым, тоже замечены разновозрастные глины в одинаковых тектонических условиях и гипсометрических отметках, но имеющие разную степень уплотнения в зависимости от количества и мощности высокопроницаемых слоев в разрезе. Ученые установили, что на одних и тех же глубинах пористость тонких глинистых слоев, чередующихся со слоями проницаемых пород, гораздо меньше пористости мощных глинистых пластов, залегающих на большом расстоянии от пористых пород. [1]

К. Магара при изучении кривых электропроводности миоценовых глин равнины Нагаока в Японии установил интервалы с высокой пористостью, соответствующие неуплотненным глинам с барьерами давления. Исследователь независимо от других ученых пришел к выводу о формировании некоторых залежей углеводородов в результате миграции флюидов вниз из вышележащих материнских пород. [1]

Неравновесное уплотнение в глинистых породах можно наблюдать на примере отложений формации Пария [1], развитых в дельте реки Ориноко, Венесуэла [3]. (рис. 1).

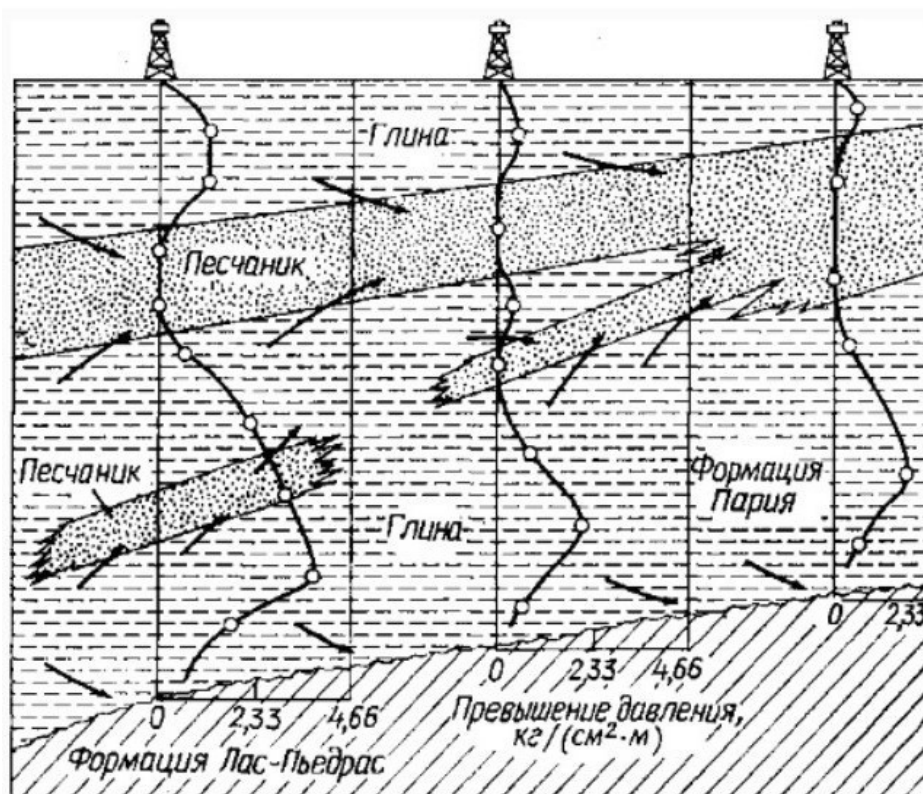


Рис.1. Направление движения флюидов, отжимаемых при уплотнении отложений формации Пария, развитых в дельте Ориноко

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что миграция углеводородов действительно может происходить не только вертикально вверх, но и вниз. Детальное изучение этой темы в дальнейшем, возможно поможет расширить площади поисков углеводородов на территории России. При этом, от полученных знаний при изучении данной темы зависит и успешность проведения геолого-разведочных работ. Т.к. открыто уже множество месторождений и для восполнения топливно-энергетических ресурсов есть потребность для обнаружения новых месторождений нефти и газа. Для этого недостаточно традиционных поисков нефти и газа, а необходим многостадийный комплекс исследований, включающий изучение нефтематеринских толщ и путей миграции углеводородов к ловушкам.

Литература

1. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]/ режим доступа: <https://www.sardtravel.ru/countries/venezuela/cities/delta-reki-orinoko> - свободный.
2. Геология и геохимия нефти и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Е. Кожевникова; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 2,25 Мб; 90 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/kozhevnikova-geologiya-i-geoximiya-nefti-i-gaza.pdf>. – Заглавие с экрана.
3. Кожевникова, Е. Е. Проблемы миграции углеводородов из нефтематеринских свит / Е. Е. Кожевникова, Т. В. Карасева // Геология, геофизика, бурение. — 2014. — Т. 12, № 1.
4. Основы геологии нефти и газа: учебное пособие / О.С. Чернова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 372 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДОИЗУЧЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ НА ВЫЯВЛЕНИЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ И БИТУМИНОЗНЫХ НЕФТЕЙ ПЕРМСКОГО ВОЗРАСТА

Кузьмина Виктория Валерьевна

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», молодой ученый,
г. Оренбург
e-mail: vvkuzmina056@yandex.ru*

Швырев Александр Павлович

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», студент 5 курса,
г. Оренбург
e-mail: a.p.shvyrev@bk.ru*

Даньшина Анастасия Павловна

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», студент 3 курса,
г. Оренбург
e-mail: nastia090954@gmail.com*

Аннотация: В статье рассмотрены мировые геологические ресурсы высоковязкой нефти и природных битумов, их физико-химические свойства. Российская Федерация обладает значительными ресурсами нетрадиционных углеводородов. На территории севера Оренбургской области возможна промышленная добыча СВН и ПБ. Наиболее перспективными для промышленного освоения являются залежи в терригенных породах уфимского яруса перми. Для эффективной добычи необходимо активно внедрять научные исследования в области добычи, транспортировки и переработки трудноизвлекаемых углеводородов.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, природные битумы, нетрадиционные ресурсы, Татарский свод, уфимский ярус, пермские отложения.

PROSPECTS OF GEOLOGICAL EXPLORATION OF TRADITIONAL OIL DEPOSITS IN THE NORTHERN PART OF ORENBURG REGION FOR IDENTIFICATION OF HIGH-VISCOSITY AND BITUMINOSE OILS OF THE PERM AGE

Victoria Kuzmina

*Orenburg State University, Young Researcher,
Orenburg
e-mail: vvkuzmina056@yandex.ru*

Alexander Shvyrev

*Orenburg State University, 5st year Student,
Orenburg
e-mail: a.p.shvyrev@bk.ru*

Anastasia Danshina

*Orenburg State University, 3^d year Student,
Orenburg
e-mail: nastia090954@gmail.com*

Abstract: The article deals with the world's geological resources of high-viscosity oil and natural bitumen, their physical and chemical properties. The Russian Federation possesses significant resources of unconventional hydrocarbons. In the north of the Orenburg region, industrial production of EHV and PB is possible. The most promising for industrial development are deposits in terrigenous rocks of the Ufa stage of the Permian. For efficient production, it is necessary to actively implement scientific research in the field of production, transportation and processing of hard-to-recover hydrocarbons.

Keywords: high-viscosity oil, natural bitumen, unconventional resources, Tatar arch, Ufa stage, Permian deposits.

Основой топливно-энергетической базы мира являются нефть и газ и это положение не изменится в обозримом будущем. В связи с постоянно растущими потребностями человечества объемы добычи этого углеводородного сырья неуклонно возрастают.

Одновременно с ростом добычи углеводородов в мире прирост их запасов уже длительное время не компенсируется, истощается наиболее качественная часть ресурсов, в частности легкие нефти. [1].

В России, как и во всем мире, практически не осталось «легкодоступной» нефти, вследствие чего многие крупные нефтяные компании отдают все большее предпочтение изучению способов добычи альтернативных источников углеводородного сырья, к которым большинство исследователей относят высоковязкие нефти и природные битумы. [2].

Согласно данным организации объединенных наций, мировые геологические ресурсы нетрадиционных нефтей составляют 1,3-1,4 трлн. т, а природных битумов – около 260 млрд. т. На нижеприведенном рисунке отражено их распределение по регионам мира (рис. 1). В то же время согласно ежегодному отчету BP Statistical Review of World Energy 2020 года общий объем разведанной традиционной нефти в мире составил 0,232 трлн т.

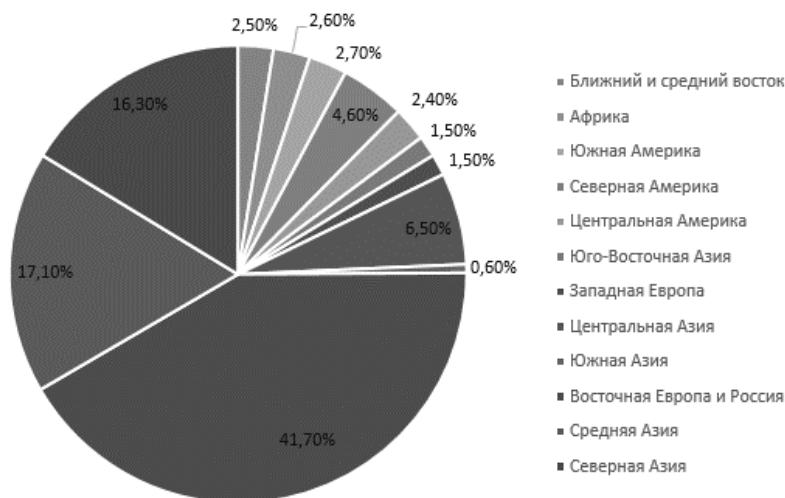


Рис. 1. Распределение тяжелых нефтей и битума по регионам мира

Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Анализ воспроизводства минерально-сырьевой базы РФ в 2015–2019 годах» гласит, что разведанных запасов на разрабатываемых традиционных месторождениях нефти в России хватит на ближайшие 35 лет добычи. Следовательно, для поддержания и наращивания уровня добычи углеводородов, необходимо увеличить удельный вес высоковязких и трудноизвлекаемых нефтей, а также природных битумов в общем балансе минерально-сырьевой базы РФ.

Высоковязкая нефть – это полезные ископаемые с первичной углеводородной основой, залегающие в недрах в твердом, вязком и вязко-пластичном состояниях. К ним относятся естественные производные нефти, образующиеся при нарушении консервации её залежей в результате химического и биохимического окисления. Для залежей таких нефтей характерно более сложное геологическое строение по сравнению с легкими нефтями, что выражается в неравномерном насыщении пласта-коллектора, присутствии внутри него водоносных пропластков, в нечеткой выраженности ВНК и др. [3].

Под природными битумами понимаются вязкие и сверхвязкие дегазированные нефти, образовавшиеся в результате гипергенных преобразований.

В международном сообществе тяжелые нефти и битумы принято классифицировать в зависимости от следующих от физико-химических показателей (табл.):

Таблица

Международная классификация тяжелых нефтей и битумов

Класс	Нефть (вязкость <10 Па*с)					Битумы (>10 Па*с)
	обычная	средняя	полутяжелая	тяжелая	экстратяжелая	
Плотность, кг/м ³	<904	904-934	934-966	966-1000	>1000	>1000
Содержание асфальтенов	-	-	7-2	15-6	27-7	

На территории РФ основные ресурсы такой нефти приурочены к следующим нефтегазоносным провинциям: Волго-Уральской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской (рис. 2). Сегодня на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции разрабатывается около 25% залежей высоковязких нефтей, на территории Тимано-Печорской – примерно четверть залежей. На территории Волго-Уральской провинции разрабатывается около 40% залежей СВН и ПБ.

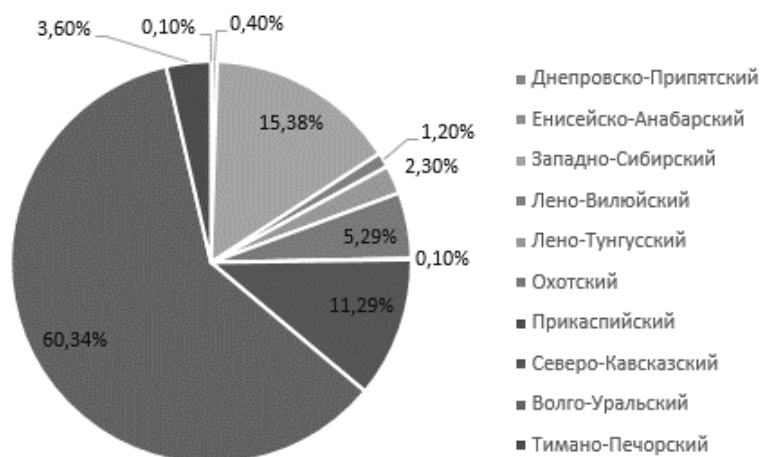


Рис. 2. Распределение тяжелых нефтей и битума России по бассейнам

Основные перспективы поиска новых месторождений СВН и ПБ в России связаны с Волго-Уральской нефтегазоносной провинцией, а именно с породами пермских отложений ее центральной и южной части. [2].

Наиболее перспективными для промышленного освоения являются ресурсы уфимского терригенного комплекса, как по состоянию их подготовленности, так и по количественным параметрам. Отложения представлены толщей неравномерно переслаивающихся глин красноцветных, песчаников, алевролитов, аргиллитов, мергелей с прослоями серых, светло-серых известняков и доломитов. Средняя их мощность варьируется в пределах 200-300 м. В общей структуре по стратиграфическим комплексам ресурсы распределены следующим образом: уфимский – 76%, нижнеказанский – 12%, верхнеказанский – 10%, нижнепермский 1%. [4].

В центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (территории Республики Татарстан, Ульяновской, Самарской и Оренбургской областей (рис. 3) в отложениях пермской системы, установлены значительные ресурсы сверхвязких нефтей.

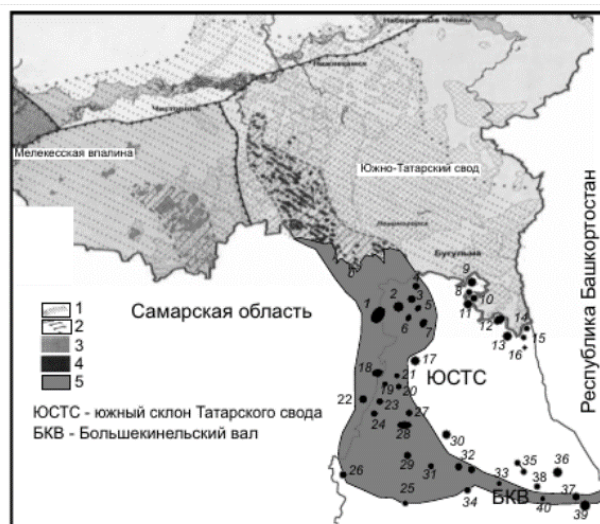


Рис. 3. Прогнозная схема нефтеносности отложений перми

Территории на месторождения сверхвязких нефтей в отложениях перми в Республике Татарстан:

- 1 – перспективные, 2 – высокоперспективные; месторождения свехвязких нефтей в отложениях ярусов:
 3 – казанского, 4 – уфимского; 5 – зона прогнозной нефтегазонасности отложений уфимского яруса на севере Оренбургской области (В. О. Кутеев, 2018 г.). Месторождения Оренбургской области: 1 – Байтуганское, 2 – Сокское, 3 – Черновское, 4 – Домосейкинское, 5 – Пашкинское, 6 – Обручальное, 7 – Исайкинское, 8 – Кирсановское, 9 – Бавлинское, 10 – Алексеевское, 11 – Подгорное, 12 – Тат-Кандызское, 13 – Шалтинское, 14 – Восточно-Шалтинское, 15 – Медовое, 16 – Родниковое, 17 – Северо-Алпаевское, 18 – Саврушинское, 19 – Херсонское, 20 – Ново-Кудринское, 21 – Каменское, 22 – Западно-Степановское, 23 – Карповское, 24 – Бугурусланское, 25 – Ивановское, 26 – Садкинское, 27 – Северо-Красноярское, 28 – Красноярское, 29 – Султангулово-Заглядинское, 30 – Кислинское, 31 – Южно-Султангуловское, 32 – Тарханское, 33 – Ашировское, 34 – Березовское, 35 – Школьное, 36 – Спасское-Зыковское, 38 – Ефремово, 39 – Самодуровское, 40 – Пономарёвское

По экспертной оценке, геологические ресурсы высоковязких и сверхвязких нефтей севера Оренбургской области составляют 800 млн т, а извлекаемые 200 млн т [4].

По структуре плитного комплекса осадочного чехла упомянутая территория расположена в пределах моноклинали (южный склон Южно-Татарского свода), осложненной флексурами, грабенообразными прогибами и структурными зонами, погружающийся в юго-западном направлении. На фоне моноκлиального погружения выделяется ряд террасовидных структурных зон, осложненных небольшими, разнообразными по форме, размерам и амплитуде поднятиями. [3].

На описываемой территории в 1930-1940 годы активно проводились геологоразведочные работы, направленные на выявление продуктивных залежей нефти и газа в пермских отложениях, нефтегазонакопление которых происходило за счет вертикальной миграции углеводородов из нижележащих пород каменноугольного возраста с последующей их деградацией. Эти залежи находятся на небольшой глубине, но относятся к трудноизвлекаемым из-за сложного геологического строения и высокой аномальной вязкости нефти, и как следствие этого, малой подвижности в пластовых условиях.

В результате проведения этих работ на многих перспективных поднятиях были получены слабые притоки сверхвязкой нефти (2-5 м³/сут), которые в дальнейшем были признаны, как непромышленные. [3].

Но в то же самое время бурение нижележащих пород девона позволило открыть большое количество традиционных нефтяных месторождений. На сегодняшний день их разработка ведется на третьей (завершающей стадии). Для поддержания уровня добычи разрабатываемых месторождений необходимо проведение поисково-оценочных работ для выделения зон локализации СВН и ПБ с оценкой их запасов в сумме категорий С2 и частично С1, а также подбор наиболее перспективного способа извлечения углеводородного сырья из пермских отложений. [1].

Для дальнейшей разработки таких нетрадиционных залежей можно применить ряд методов, активно использующихся на сопредельной территории Республики Татарстан. Такие методы можно условно разделить на «холодные» и «горячие».

Среди способов «холодной» добычи СВН и ПБ на исследуемой территории наиболее экономически целесообразен метод VAPEX.

Метод характеризуется закачиванием растворителя в пласт в режиме гравитационного дренажа. Здесь используются две горизонтальные скважины. В результате применения этого метода нефть

разжижается и стекает по границам камеры к добывающей скважине под действием гравитационных сил. Стоит отметить, что КИН доходит до 60%.

В то же время на территории республики Татарстан с практической точки зрения зарекомендовали себя тепловые методы разработки СВН и ПБ, которые можно объединять в три группы: внутрислоевого горения, паротепловая обработка призабойных зон скважин и закачка в пласт теплоносителей – пара или горячей воды (неизотермическое вытеснение).

Под действием высокой температуры уменьшается вязкость нефти, происходит термический крекинг, выпаривание легких фракций нефти и пластовой воды. Нефть из пласта извлекается путём вытеснения её образовавшейся смесью углеводородных и углекислых газов, азота, пара и горячей воды [5].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующий вывод: в нашей стране назрела необходимость ускоренного освоения месторождений нетрадиционных ресурсов, к которым относятся как сверхвязкие нефти, так и природные битумы, как надежного источника восполнения минерально-сырьевой базы УВ сырья. Залежи таких углеводородов на территории северной части Оренбургской области следует рассматривать, как объект промышленной добычи нефти. Для эффективной добычи необходимо активно внедрять научные исследования в области добычи, транспортировки и переработки трудноизвлекаемых углеводородов.

Литература

1. Ибатуллин Р.Р. Технологические процессы разработки нефтяных месторождений. – М.: ВНИИОЭНГ. 2011. 304с. – С. 226-243.

2. Макаревич В. Н., Искрицкая Н. И., Богословский С. А. Ресурсный потенциал месторождений тяжелых нефтей Европейской части Российской Федерации // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИГРИ», 2012. – 78 с.

3. Пантелеев А. С., Козлов Н. Ф. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. – Оренбург: ОНАКО, 1997.

4. Политыкина М. А., Тюрин А. М., Дроздов В. В. Углеводородное сырье нетрадиционных источников – перспектива развития ООО «Газпром добыча Оренбург» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 12. – С. 48–51.

5. Хисамов Р.С., Султанов А.С., Абдулмизитов Р.Г., Зарипов А.Т. Геологические и технологические особенности разработки залежей высоковязких сверхвязких нефтей. – Казань: ФЭН. 2010. 335 с. - С. 272-316.

УДК 550.8.053, 551.7.022

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НЕФТЕНОСНОГО ПЛАСТА BS МЕСТОРОЖДЕНИЯ Z ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НГБ

Ахмадуллина Юлия Альфитовна

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, студент 4 курса, г. Казань
e-mail: julia.akhmadullinaa@gmail.com*

Научный руководитель: д.г.-м.н. Нургалиева Нурия Гавазовна

Аннотация: в данной работе применен метод электрометрических фаций с целью реконструкции условий формирования нефтеносного пласта BS поздневаланжинского возраста месторождения Z.

Ключевые слова: верхневаланжинские отложения, Западная Сибирь, породы-коллекторы, морские и переходные обстановки осадконакопления, метод электрометрических фаций.

FEATURES OF THE GEOLOGICAL COMPOSITION OF OIL-PRONE BEDSET BS, DEPOSIT Z OF WEST SIBERIAN PETROLEUM BASIN

Yuliya Akhmadullina

*Kazan (Volga region) Federal University, 4th year Student, Kazan,
e-mail: julia.akhmadullinaa@gmail.com*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Reader, Nouria Nourgaliyeva

Abstract: in this work bedset BS was reconstructed using electro-facial analysis to reveal the bedset's facial features.

Keywords: the Upper Valanginian substage, Western Siberia, reservoir rocks, marine and transitional environments of sedimentation, electro-facial analysis.

Актуальность. Меловые отложения Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна характеризуются высокой степенью сложности фациального строения, определяющей и сложный характер распределения углеводородов в этих отложениях и особенности их дальнейшего освоения, что актуализирует фациальные исследования сложнопостроенных природных резервуаров углеводородов.

Целью данной работы является создание фациальной реконструкции продуктивного пласта BS поздневаланжинского возраста месторождения Z.

В физико-географическом отношении изучаемое месторождение располагается в Тюменской области. В тектоническом отношении месторождение связано с моноклиналью, погружающейся с северо-запада на юго-восток в направлении Ярсомовского прогиба, в зоне сочленения Сургутского и Нижневартовского сводов. На южном погружении моноклинали выделяется зона, осложненная небольшими локальными куполами, к которым приурочено месторождение. В литологическом отношении пласт BS сложен песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов.

Согласно палеографической схеме верхневаланжинских отложений Западной Сибири (рис. 1), изучаемая территория состояла из глубокого и мелкого морей, глубины которого варьировались от 400 до 200 и от 100 до 25 метров соответственно [3].

Для реализации поставленной цели выбран метод электрометрических фаций Муромцева В.С. [2].

Электрофациальный анализ, ввиду ограниченного объема кернового материала при бурении глубоких скважин, является одним из широко используемых методов фациальных исследований в

нефтяной геологии. В основу метода положено изучение форм кривых каротажа, отражающих изменение размера зерен в кластических системах [1,2]. К таким кривым относятся кривые потенциала самопроизвольной поляризации (ПС). Согласно [2] кривая ПС отражает палеогидродинамику среды седиментации, и, следовательно, последовательность палеогидродинамических уровней как по разрезу, так и на площади. Это дает возможность устанавливать и прослеживать по данным каротажа пространственное размещение терригенных фаций в различных обстановках осадконакопления [2].



Рис. 1 Палеографическая схема верхневаланжинских отложений Западной Сибири. Условные обозначения: 1 – схематический контур месторождения; 2 – глубокое море, 200-400 м; 3 – глубокое море, 100-200 м; 4 – мелкое море, 25-100 м; 5 – мелкое море, < 25 м; 6 – переходные среды (прибрежная равнина, периодически затопляемая морем) [3]

Электрометрические модели фаций представляют собой определенной формы аномалии кривой ПС, образованные рядом элементов (знак отклонения кривой ПС, кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии и т.д.). Каждый такой элемент выполняет ту же функцию, что и первоначальные признаки при установлении генезиса осадка по естественным обнажениям и керну скважин [1,2].

Материалом исследования послужили кривые ПС по трем скважинам, расположенным в пределах наиболее изученной части месторождения Z в направлении с запада на восток. С целью исключения влияния различных факторов, главным образом изменения химического состава буровых растворов и масштабов записи, рассчитаны α ПС [2]. На основе системы классификации электрометрических фаций по каждой скважине проведена интерпретация сигнатур кривых по каждой скважине и проведено их сопоставление (рис. 2).

В ходе исследования была произведена фациальная реконструкция продуктивного пласта BS поздневаланжинского возраста при помощи электрофациального анализа. По результатам проведенных работ было установлено, что сигнатуры α ПС отражают формирование отложений в морских условиях с высокой энергией седиментационных процессов: в обстановках устьевых баров и пляжей, барьерных островов. В изучаемых разрезах эти фации завершают проградационную

фациальную последовательность. Снизу-вверх фации дельтовых систем, сложенные в большей степени глинистыми отложениями, сменяются фациями забаровых лагун и вдольбереговых промоин, те в свою очередь сменяются фациями разрывных течений, которые в последствии сменяются фациями вдольбереговых баров. Хорошие коллекторские свойства могут быть отмечены в песчанистых отложениях вдольбереговых регрессивных и трансгрессивных фаций.

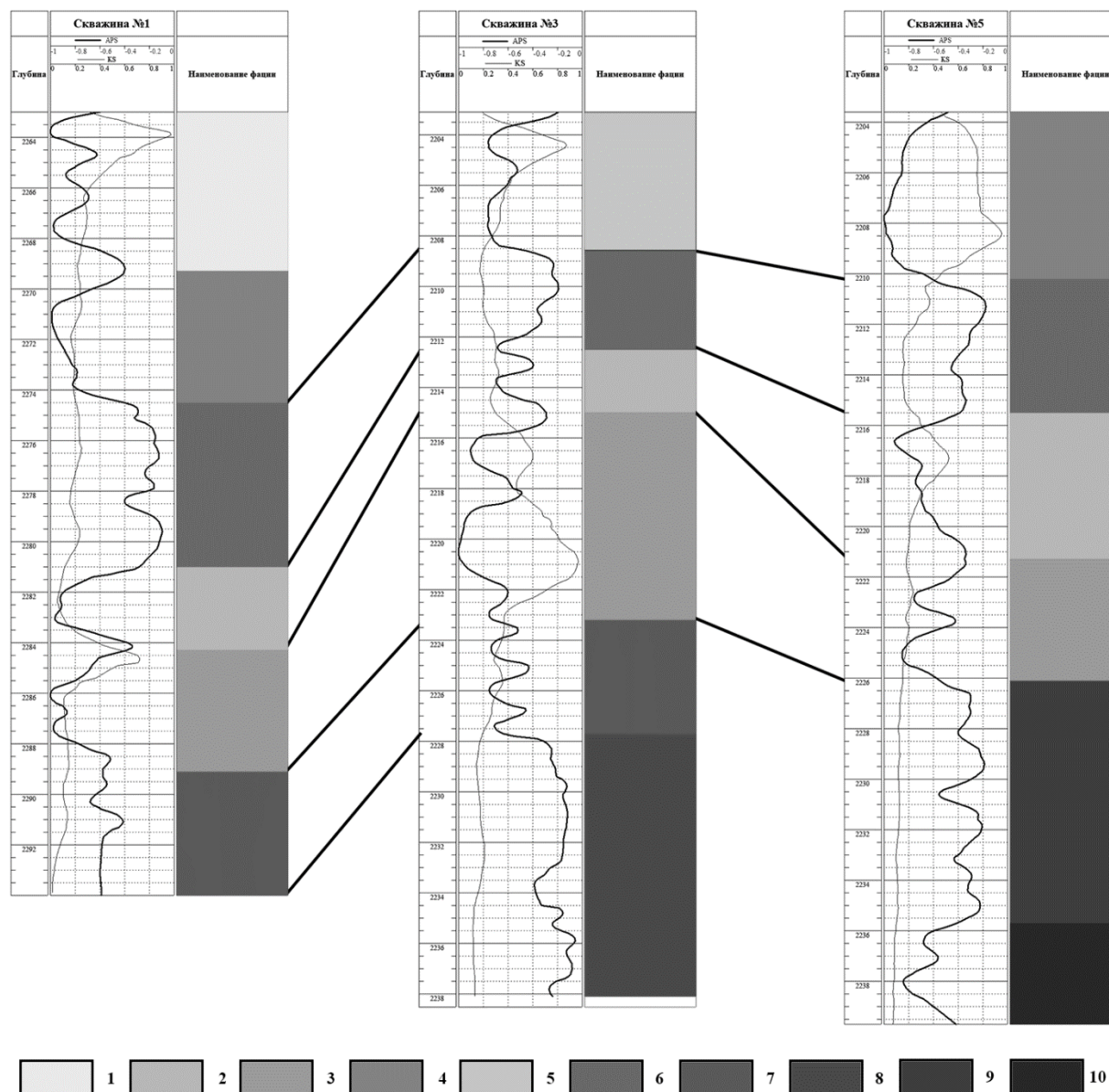


Рис. 2 Схема корреляции электрометрических фаций верхневаланжинских отложений пласта BS месторождения Z. Условные обозначения: 1 – пляж; 2 – вдольбереговые бары (регрессивные) и прибрежные валы; 3 – вдольбереговые бары (трансгрессивные) и прибрежные валы; 4 – барьерные острова; 5 – промоины разрывных течений; 6 – забаровые лагуны и вдольбереговые промоины; 7 – средняя часть дельты; 8 – дистальная часть дельты; 9 – продельта; 10 – гребни штормовых волн и приливных течений

Литература

1. Белозеров В.Б. Роль седиментационных моделей в электрофациальном анализе терригенных отложений // Известия Томского политехнического университета: Геология нефти и газа. Томский политехнический университет, 2011. С. 116 – 123.
2. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа // Л.: Изд-во Недр, 1984. 260 с.
3. Kontorovich A.E. Cretaceous paleogeography of the West Siberian sedimentary basin // ScienceDirect. Russian Geology and Geophysics. Vol 55. 2013. pp. 582–609.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ДЕВОНСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ВЕРХНЕКАМСКОЙ ВПАДИНЫ

Исупова Полина Александровна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, магистрант 1
года обучения,
г. Пермь
e-mail: polina-isupova2012@yandex.ru*

Борисова Диана Дмитриевна

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, студент 5курса,
г. Пермь
e-mail: borisovadianad@gmail.com*

Научный руководитель: *к.г.-м.н. Габнасыров Алексей Василевич*

Аннотация: Отложения девонского терригенного нефтегазоносного комплекса (НГК) являются одним из перспективных источников углеводородов в Пермском крае, не смотря на это, остаются неравномерно и недостаточно изученными, в связи со сложным геологическим строением по сравнению с вышележащими отложениями. В данной статье на основании имеющихся данных и особенностей геологического строения девонского терригенного НГК проведен анализ прогноза нефтегазоносности выделенной территории на Верхнекамской впадине, выделены перспективные структуры и посчитаны предполагаемые ресурсы с применением метода Монте-Карло для подсчетных параметров месторождений-аналогов с помощью программы Crystal Ball.

Ключевые слова: девонский терригенный комплекс, нефтегазоносность, Монте-Карло.

ASSESSMENT OF THE PROSPECTS OF DEVONIAN TERRIGENOUS DEPOSITS IN THE SOUTHERN PART OF THE UPPER KAMA BASIN

Polina Isupova

*Perm State National Research University, 1st year Master's Degree Student,
Perm,
e-mail: polina-isupova2012@yandex.ru*

Diana Borisova

*Perm National Research Polytechnic University, 5st year Student,
Perm,
e-mail: borisovadianad@gmail.com*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy Aleksey Gabnasyrov*

Abstract: The deposits of the Devonian terrigenous oil and gas complex (OGC) are one of the most promising sources of hydrocarbons in the Perm Region. Despite this, they remain unevenly and insufficiently studied, due to the complex geological structure compared to the overlying sediments. In this article, based on the available data and the features of the geological structure of the Devonian terrigenous OGC, the analysis of the forecast of the oil and gas content of the allocated territory in the Verkhnekamskaya Depression is carried out. Prospective structures were identified and estimated resources were calculated using the Monte Carlo method for calculating the parameters of analog deposits with the Crystal Ball program.

Keywords: terrigenous Devonian, oil and gas potential, Monte Carlo.

Первые геологические исследования девонских терригенных отложений начинаются в 30-е годы с первой пробуренной скважины в Краснокамском районе. По состоянию на 2020 г. На территории Пермского края открыто 42 месторождения нефти с залежами в данном нефтегазоносном комплексе, большинство из которых располагаются на юге, в пределах Башкирского свода и прилегающих территориях.

Промышленная нефтеносность установлена в алеврито-песчаных пластах живетского возраста – пласт Д2, породах пашийского возраста – пласт Д1 и тиманских – Д0.

На севере Пермского края НГК изучен значительно хуже, чем в центральной и южных частях. Толщина комплекса и полнота разреза уменьшаются от центра на юго-восток с резким ухудшением качества и снижением объема коллекторов [1]. Что связано с погружением палеоморского дна к центральной части Пермского края.

Региональной покрывкой данного комплекса является терригенная часть тиманского горизонта, которая представлена глинистыми породами с прослоями известняков и алевролитов.

Живетское время характеризуется трансгрессией моря, когда накапливались наземные осадки с остатками растений и пески, заполнявшие русла водотоков. Русловые потоки, приносившие с континента отсортированный песчаный материал, формировали мощные хорошо отсортированные коллекторы. На территории происходило отложение осадков в условиях прибрежных равнин, временами затопляемых морем [2].

Для пашийского времени характерно распространение затопляющейся низины, неустойчивое положение береговой линии, что привело к формированию отложений небольшой мощности.

Тиманское время характеризуется трансгрессивной фазой, когда терригенно-глинистое осадконакопление сменилось мелководным карбонатным.

Наилучшими коллекторскими свойствами обладают русловые тела, формирование которых происходило в условиях прибрежно-морского мелководья. Наибольший интерес представляет юго-западная часть, с которой связаны увеличенные толщины песчаников и при благоприятном структурном факторе, способные формировать залежи шнуркового типа.

На юге Пермского края выделяются фациальные зоны русел (лучшие ФЕС), береговых валов (средние ФЕС) и поймы (плохие ФЕС). Палеорусла имеют прямолинейное направление с юго-востока на северо-запад, что говорит о большом уклоне палеорельефа и облегчает задачу прогнозирования.

Изучаемая территория располагается на юго-востоке Верхнекамской впадины, в фациальной зоне, характеризующаяся как заболоченная межпроточная равнина с дельтовыми протоками. Территория также на 75% покрыта 2D сейсморазведкой. На западе и на юге открыты залежи нефти в девонских терригенных отложениях.

Месторождения ВКВ характеризуются высокой площадной неоднородностью, небольшими нефтенасыщенными толщинами (в среднем 3,2 м), неоднородностью коллекторских свойств [3]. Нефтенасыщенные толщины на выделенной территории колеблются от 0,5 до 3,8 м, значения пористости – от 14 до 19 %.

На основании имеющихся данных, таких как мощность коллекторов, выделенных по данным ГИС скважины № 154, и региональным закономерностям, было обозначено предполагаемое расположение палеорусел. По данным 2D сейсморазведки выделяются структуры, к которым предположительно приурочены коллекторы, обусловленные расположением палеорусел (рис.1). Также на основании подсчетных параметров с месторождений-аналогов производится оценка ресурсов на данных структурах методом Монте-Карло.

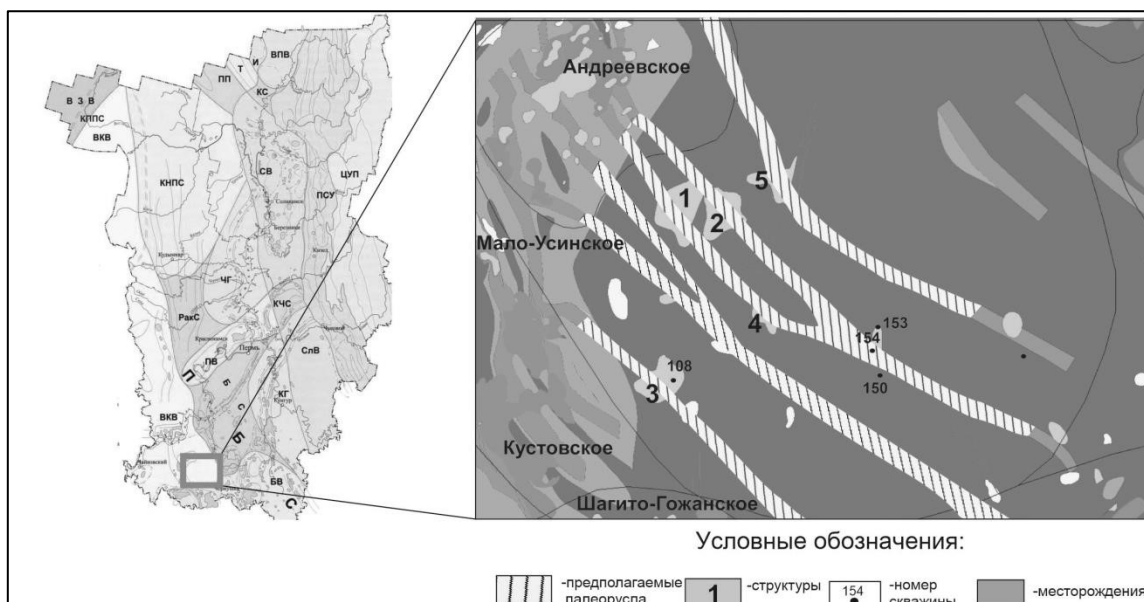


Рис. 1. Схема расположения предполагаемых палеорусел и выделенных структур

Вероятностно-статистический метод подсчета ресурсов нефти производился на основе объемного метода, где каждый параметр, участвующий в формуле подсчета ресурсов, рассматривался как случайная величина, а значения ресурсов – как функция этих случайных параметров. Для оценки ресурсов по методу Монте-Карло подсчетные параметры (предполагаемая площадь русловых отложений на данной структуре, толщина, пористость, нефтенасыщенность) задавались в виде распределения, то есть набором значений с разной вероятностью. Параметры и тип распределений обосновывался фактическими данными по близрасположенным месторождениям (Андреевское, Мало-Усинское, Кустовское, Шагито-Гожанское).

Для расчета была использована программа Crystal Ball, в которой были получены результаты в виде гистограмм распределения вероятностных значений ресурсов, с вероятностями P90, P50, P10. Минимально оцененная величина ресурсов P90, подтверждается с вероятностью 90 % (низкая степень риска), P50 – это оптимальная или базовая величина ресурсов с вероятностью 50 %, P10 – это оцененная величина ресурсов с вероятностью 10 % (высокая степень риска).

Согласно вероятностно-статистической оценке по методу Монте-Карло, извлекаемые ресурсы нефти на 1-ой структуре, с наибольшими значениями, с вероятностью 10% составят 407 тыс. т, с вероятностью 50% – 240 тыс. т, с вероятностью 90% – 165 тыс. т. (рис.2).

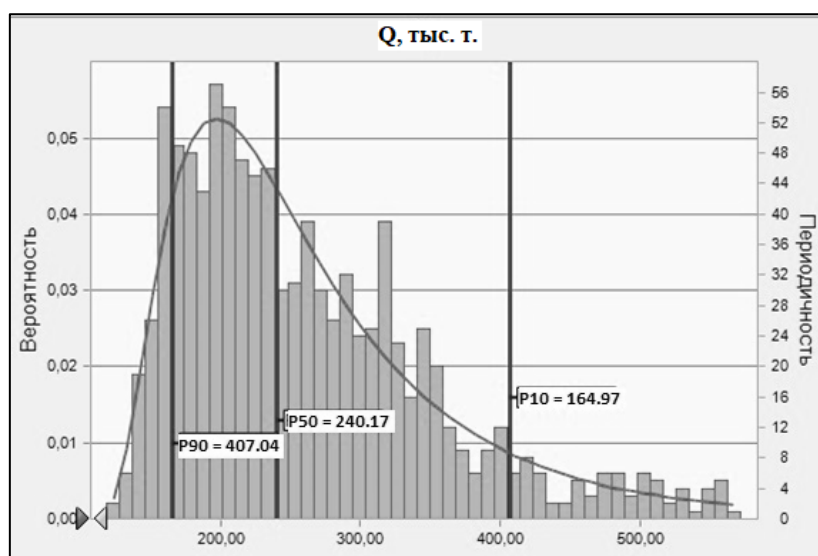


Рис. 2. Гистограмма распределения извлекаемых ресурсов для 1-ой структуры

В таблице приведено количественное соотношение ресурсов по вероятностям.

Таблица

Количественное соотношение ресурсов по вероятностям

Структура	Геологические ресурсы, тыс. т			Извлекаемые ресурсы, тыс. т		
	P10	P50	P90	P10	P50	P90
1	1269	751	516	407	240	165
2	933	552	380	299	177	121
3	724	428	294	232	137	94
4	411	243	167	132	78	53
5	1017	602	414	326	193	132
Сумма	4354	2576	1771	1396	825	565

На основании приведенной оценки ресурсов, данный участок является перспективным для постановки ГРП на девонский терригенный НГК. Суммарные геологические ресурсы составят 2576 тыс.т, а извлекаемые – 825 тыс.т с вероятностью 50%. Исходя из этого, рекомендуется провести комплекс поисково-оценочных работ, в первую очередь, 3D сейсморазведку для уточнения размера, амплитуды и положения структур.

Литература

- 1. Иванов А.И. Влияние особенностей геологического строения на эффективность разработки месторождений нефти юго-востока Татарстана: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Уфа, 2005 – 26 с*
- 2. Кожевникова Е. Е. Оценка перспектив нефтегазоносности девонских терригенных отложений южных районов Пермского края: дис. ... канд. геол.-мин. Наук: 25.00.12: 26.06.2014 Кожевникова Елена Евгеньевна; Пермь, 2014.- 138 с.*
- 3. Эбзеева О.Р. Обобщение опыта разработки объектов терригенного девона // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело:2016, Т15, №18. С53-60.*

ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ НЕБОЛЬШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА

Гиниятуллин Радель Рамилевич

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, студент 4 курса
г. Казань*

e-mail:radel0099@gmail.com

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Мухаметшин Рустам Закиевич

Аннотация: Юго-восточный склон Южно-Татарского свода Волго-Уральской нефтегазоносной провинции является одним из перспективных участков для проведения геологоразведочных работ с целью нахождения новых месторождений углеводородов. Промышленная нефтеносность этого района связана с отложениями верхнего девона и нижнего карбона. В данной статье анализируются геологическое строение района и особенности поиска и разведки залежей углеводородов на изучаемой территории.

Ключевые слова: Южно-Татарский свод, Албайское месторождение, геологоразведочные работы, сейсморазведка, проектирование разведочных скважин, продуктивный пласт, верхний девон, нижний карбон.

FEATURES OF EXPLORATION OF SMALL OIL DEPOSITS OF THE SOUTH-EASTERN SLOPE OF THE SOUTH TATAR ARCH

Radel Giniyatullin

Kazan (Volga region) Federal University, 4th year student

Kazan city

e-mail:radel0099@gmail.com

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Rustam Mukhametshin

Abstract: The south-eastern slope of the South Tatar arch of the Volga-Ural oil-gas province is one of the most promising areas for exploration in order to find new hydrocarbon deposits. The industrial oil-bearing capacity of this region is associated with the deposits of the Upper Devonian and Lower Carboniferous. This article analyzes the geological structure of the area and the features of the search and exploration of hydrocarbon deposits in this territory.

Keywords: South Tatar arch, Albaiskoe field, geological exploration, seismic exploration, engineering of exploration wells, productive formation, Upper Devonian, Lower Carbon.

Южно-Татарский свод Татарской нефтегазоносной области относится к старым нефтедобывающим районам и геологическая изученность недр здесь выше, чем на других территориях Урало-Поволжья. Нефтегазоносность приурочена к отложениям девонской, каменноугольной и пермских систем. Основная часть месторождений разрабатывается с 50-70-х годов прошлого столетия и сейчас находится на поздней стадии разработки. Степень разведанности начальных суммарных ресурсов нефти в Республике Татарстан на 01.01.2019 г. составляет 83,8 %, степень выработанности выявленных запасов - 78,8 % [5].

Очевидно, что ресурсный потенциал крупных нефтяных месторождений постепенно сокращается. В связи с этим в последние годы как крупные, так и малые нефтяные компании уделяют огромное внимание проведению геологоразведочных работ с целью восполнения запасов нефти и открытия новых месторождений.

В настоящее время поисково-разведочный процесс на данной территории осуществляется в условиях очень высокой степени освоенности начальных суммарных ресурсов нефти. В силу повышения изученности территории в нынешнее время основными объектами поиска и разведки становятся месторождения, характеризующиеся небольшими размерами, часто контролируемые малоамплитудными локальными поднятиями, которые по геологическому строению являются сложнопостроенными. Задача эффективного освоения залежей с малыми запасами (ЗМЗ) особенно актуальна для нефтедобывающих районов со снижающейся добычей нефти [4].

Наиболее перспективные участки для поисково-разведочных работ относятся к южному и юго-восточному склонам Южно-Татарского свода. Месторождения этого района содержат залежи нефти, приуроченные преимущественно к одному-двум нефтегазоносным комплексам верхнего девона и нижнего карбона. Промышленная нефтеносность преимущественно связана с карбонатными коллекторами турнейского яруса карбона и фаменского яруса верхнего девона, а также терригенными коллекторами бобриковского горизонта нижнего карбона и пашийского горизонта верхнего девона.

Мелкие и средние месторождения этого района имеют характерные для них особенности строения: преобладание запасов в карбонатных коллекторах, значительная изменчивость ФЕС, повышенная плотность и вязкость нефтей, а также значительная доля запасов водонефтяной зоны в терригенных пластах, часто с активными подошвенными водами.

Основными направлениями повышения эффективности ГРП на данной территории, исходя из особенностей размеров месторождений и их особенностей, являются:

- а) поиск залежей нефти в отложениях верхнего девона и нижнего карбона путем бурения поисковых и разведочных скважин;
- б) проведение детальных сейсморазведочных работ МОГТ-2D и 3D-модификации;
- в) комплексирование методов сейсморазведки с другими геофизическими методами;
- г) переинтерпретация геофизических данных с учетом уточнения скоростной картины интервалов осадочного чехла;
- д) цифровое моделирование месторождений;
- е) привлечение методов локального прогноза нефтегазоносности.

Методика разведки малоразмерных залежей значительно отличается от применяемых на крупных месторождениях. Методики ГРП, ориентированные на поиски крупных месторождений, являются непригодными для поиска более мелких месторождений. Большие расстояния между разведочными скважинами и редкая сеть сейсмопрофилей не позволяют минимальным метражом оконтурить малоразмерные месторождения [3].

Причины низкой эффективности разведки таких залежей могут быть разделены на две группы:

- а) низкое качество подготовки структур к поисково-разведочному бурению;
- б) недостатки методики разведки, выражающиеся в нерациональной системе размещения разведочных скважин [6].

Основной причиной отрицательного результата бурения поисковых скважин является структурный фактор, т.е. поднятие, определенное по данным сейсморазведки, не подтвердилось бурением.

Основным и едва ли не единственным методом подготовки локальных структур по поисково-оценочное бурение является сейсморазведка методом ОГТ. Подготовку структур сейсморазведкой под поисково-оценочное бурение рационально производить в два этапа: а) поисково-площадной, который позволяет выявить приподнятые участки рельефа либо зоны перегиба слоев продуктивного горизонта; б) детализационно-поисковый (плотность профилей свыше 4 км²/км), который завершается составлением паспорта структуры [4]

В пределах склонов ЮТС, в условиях сложного сейсмогеологического строения, рекомендуется проведение сейсморазведочных работ с плотностью сейсмического профилирования до 2,5-3 пог. км/км². Соответствие структур кондиционным значениям изученности повышает успешность бурения.

При анализе плотности сейсморазведочных работ на структурах в пределах юго-восточного и восточного склонов отмечено, что 45 % структур, на которых получены притоки нефти, подготовлены с использованием МОГТ-3D [1]. Этот метод имеет большую достоверность при уточнении структурных планов за счет высокой детальности исследований путем значительного повышения плотности и равномерности сетки профилей, дающих информацию для формирования трехмерного сейсмического куба. Следовательно, подготовка структур с помощью сейсморазведки МОГТ-3D значительно повышает успешность последующего бурения.

Эффективность разведки мелких залежей значительно увеличивается при комплексировании сейсморазведочных данных с результатами как традиционных методов, таких как гравиразведка и аэромагниторазведка, так и с результатами интерпретации новейших методов. В частности, одним из таких методов является комплекс геофизико-геохимических методов (ГГХМ). Этот метод базируется на следующей схеме: миграция углеводородов и других компонентов залежи создает на дневной поверхности геохимические и геофизические (магнитно-теллурические, электрические, радиоактивные) аномалии и изменяет минеральный состав приповерхностных пород [2]. Это является обоснованием комплексного применения геохимических исследований с методами полевой геофизики (магниторазведка, электроразведка, радиометрия). Данный метод дает возможность более определенно подходить к оценке перспектив нефтеносности подготовленных к бурению структур. Эта методика является относительно дешевой в производстве, что позволяет исследовать значительные площади с минимальными затратами. Опыт применения ГГХМ в Волго-Уральской провинции показал его достаточно высокую эффективность.

Одной из особенностей разведки на малоразмерных залежах является необходимость экономного расходования объемов бурения, т.к. каждая последующая скважина резко ухудшает геолого-экономические показатели разведки.

Основным принципом при проведении разведочного бурения должно быть заложение скважин на участках, обеспечивающих получение максимальной геологической информации о залежи. В связи с этим следует максимально использовать поисково-разведочную скважину, т.е. в ней необходимо проводить полный и качественный комплекс ГИС и гидродинамических исследований, обеспечить достаточный вынос керна из продуктивных горизонтов, отбор проб нефти и воды и т.д.

В качестве объекта анализа особенностей разведки мелких месторождений принято Албайское нефтяное месторождение Северного района Оренбургской области.

В его геологическом строении принимают участие породы кристаллического фундамента, девонской, каменноугольной, пермской и четвертичной систем. В тектоническом плане Албайское месторождение расположено на юго-восточном склоне Волго-Уральской антеклизы, в зоне сочленения южного склона Южно-Татарского свода и Серноводско-Абдулинского авлакогена, северный борт которого осложнен Пашкинско-Фоминовским выступом.

Месторождение было открыто в 2014 г. бурением поисково-оценочной скважины № 2, вскрывшей три нефтяные залежи, приуроченные к пластам C_{1kz} кизеловского горизонта турнейского яруса нижнего карбона и пластами D_{3zv1} и D_{3zv2} заволжского горизонта фаменского яруса верхнего девона. Наличие продуктивных пластов в разрезе скважины № 2 определялось по материалам ГИС и подтверждалось результатами опробования.

Продуктивные пласты представлены карбонатными коллекторами – органогенно-детритовыми известняками с редкими маломощными прослоями аргиллитов.

Месторождение находится на поисково-оценочном этапе ГРП. Запасы нефти залежей месторождения посчитаны по категориям C_1 и C_2 .

В пределах изучаемого лицензионного участка проведены сейсморазведочные работы МОГТ-2D с целью подготовки объектов под поисковое бурение и оценки нефтегазоносности.

Албайское месторождение приурочено к Диковской структуре, подтвержденной по кровлям девонских и каменноугольных отложений. Структура представляет собой брахиантеклинальную складку субмеридионального простирания с двумя вершинами.

Однако, можно заметить, что северный купол структуры подтвержден сейсмическими профилями гораздо достовернее (плотность сети сейсмопрофилей около 2-2,1 пог. км/км²), нежели южный купол. В связи с этим встает вопрос о проведении дополнительных геологоразведочных работ в южной части структуры.

Как отмечалось выше, уплотнение сетки сейсмопрофилей является одним из методов повышения эффективности ГРП. Проанализировав результаты ранее проведенных сейсморазведочных работ предлагается проектирование дополнительного сейсмического профиля между профилями 09A10-8 и 09A10-12 (профиль А), а также проведение двух параллельных профилей южнее профиля 09A-10-18 (профили Б и В) (рис. 1).

Кроме этого, применение комплексного анализа результатов сейсморазведки с другими геофизическими методами позволит детализировать структурные планы месторождения, уточнить контуры верхнедевонских и нижнекаменноугольных залежей, повысив эффективность ГРП.

Результаты предлагаемых дополнительных сейсмопрофилей в комплексе с результатами ранее проведенных работ послужат основанием для выбора координат заложения новых разведочных скважин. Так, в пределах изучаемого месторождения предлагается проектирование двух разведочных

скважин № 3 и № 4 на северном куполе (западнее ранее пробуренной скважины № 2) и в центральной части южного купола Диковской структуры (рис. 1).

Целью бурения этих скважин является: поиск и разведка залежей в продуктивных горизонтах верхнего девона и нижнего карбона; уточнение контуров и положения контактов залежей кизеловского и заволжского горизонта; уточнение фильтрационно-емкостных характеристик коллекторов; уточнение физико-химических свойств флюидов; приращение запасов нефти категории C_2 и C_1 , а также подготовка адекватной геолого-гидродинамической модели для составления технологического документа на разработку месторождения.

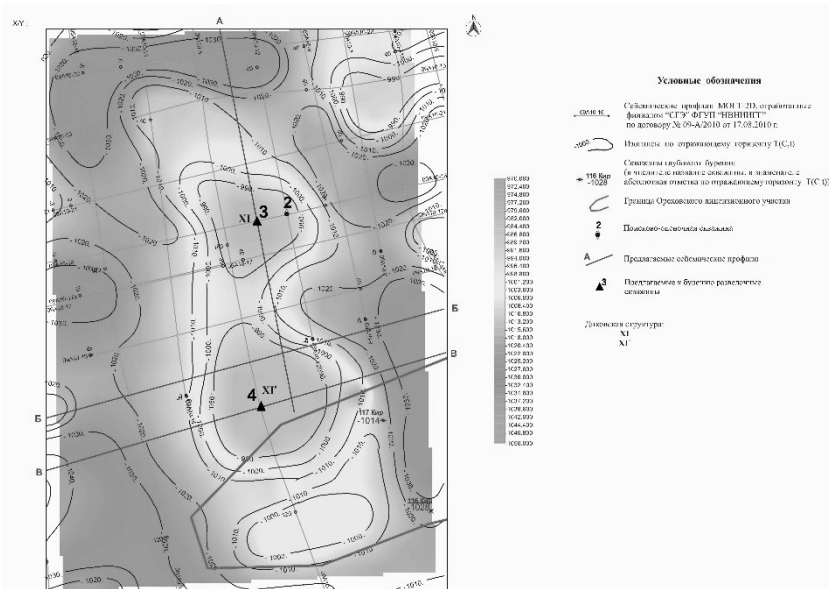


Рис. 1 Структурная карта Диковской структуры по отражающему горизонту Т(С1t) с предлагаемыми сейсмическими профилями и проектными скважинами.

Поисково-оценочная скважина № 2 закладывалась с целью поисков залежей углеводородов в тульско-бобриковских, турнейских, заволжских, данково-лебедевских и пашийских отложениях. По итогу, скважина вскрыла три нефтяные залежи: одну в кизеловском горизонте, две – в заволжском.

Одним из методов получения геологической информации и оценки перспектив продуктивных пластов при поиске новых месторождений является анализ геологического строения и нефтеносности ближайших месторождений. В непосредственной близости от Албайского месторождения находятся мелкие месторождения – Кирсановское, Пашкинское, Алданское; более крупное Алексеевское месторождение располагается немного дальше – восточнее Кирсановского месторождения.

В результате анализа состояния запасов соседних месторождений можно отметить, что промышленная нефтеносность соседних месторождений связана, помимо кизеловских и заволжских отложений, с коллекторами бобриковского и данково-лебедевского горизонтов (рис. 2). Интерпретация материалов ГИС, проведенных в скважине № 2, также подтверждает, что в интервалах глубин залегания этих горизонтов имеются пропластки, слабонасыщенные нефтью.

Анализ материалов ГИС, проведенных в ближайших разведочных скважинах соседних месторождений, показал, что терригенные отложения пашийского горизонта являются водоносными. Однако промышленные залежи нефти пласта Д1 пашийского горизонта установлены на Фоминовском поднятии Алексеевского месторождения. В связи с этим, в пределах изучаемой территории рекомендуется продолжить поиски залежей нефти в пашийских отложениях.

Таким образом, вышеперечисленные факты являются обоснованием для более детального изучения верхнего девона и нижнего карбона в предлагаемых к бурению разведочных скважинах.

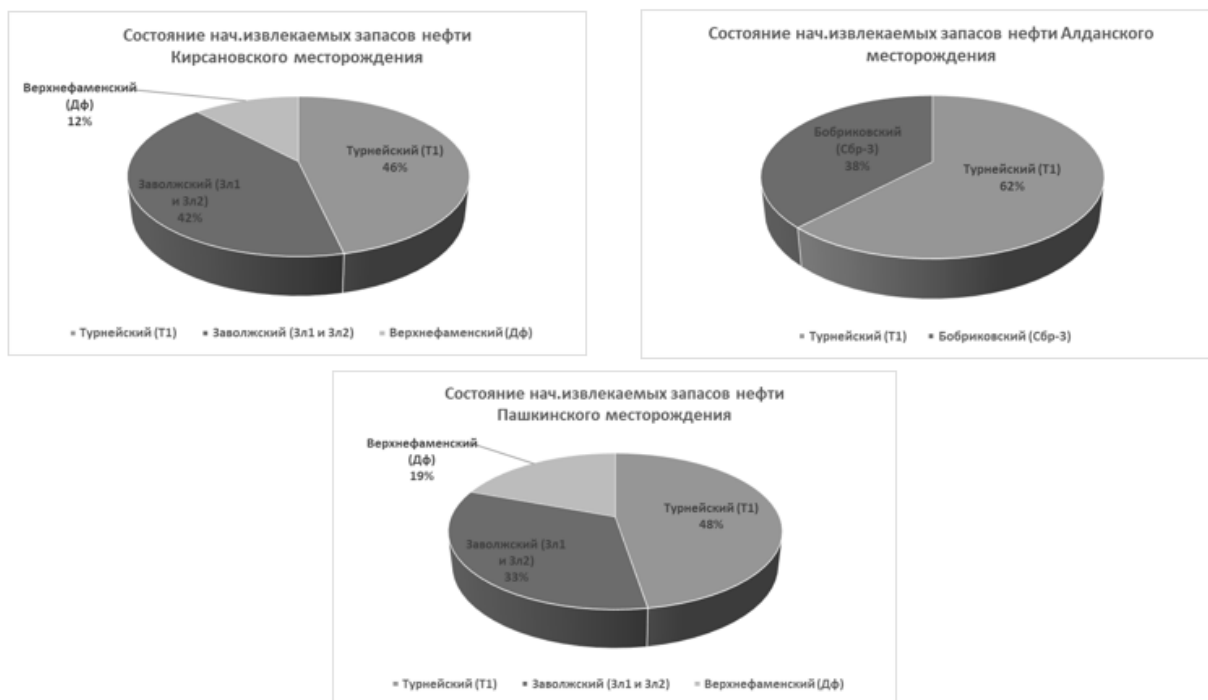


Рис. 2 Состояние начальных извлекаемых запасов месторождений Ореховского лицензионного участка

На базе изучения геологического строения соседних месторождений и данных бурения скважины-первооткрывательницы становится возможным составление усредненного проектного разреза с определением интервалов отбора керна и более детального изучения методами ГИС.

Сплошной отбор керна рекомендуется проводить в интервалах глубин залегания бобриковских, кизелово-черепетских коллекторов (абс. отм. минус 965 ÷ 1025 м), а также заволжских и данково-лебедянских горизонтов (абс. отм. минус 1060 ÷ 1185 м) с целью доизучения литолого-физических и фильтрационно-емкостных характеристик пластов. Интервалы отбора керна должны уточняться по данным ГИС, станции ГТИ и результатам отобранного шлама.

В процессе бурения при подтверждении продуктивности вскрытых отложений керновым материалом, шламом, ГТИ, необходимо провести опробование испытателем пластов на трубах. Опробование производится пластоиспытателем КИИ-146 в открытом стволе. При получении притоков пластовых флюидов при вторичном вскрытии производятся традиционные гидродинамические исследовательские работы в соответствии с планом, предусматривающим замеры дебитов, пластового и забойного давлений, температуры, газового фактора, динамических и статических уровней, снятие кривых восстановления давления (КВД), отбор поверхностных и глубинных проб и т.д. Подтверждение залежей нефти в продуктивных горизонтах верхнего девона и нижнего карбона позволит прирастить запасы углеводородов по категориям C_1 и C_2 .

Выводы. Основными направлениями поиска нефтяных месторождений на территории юго-восточного склона Южно-Татарского свода являются поиск залежей в отложениях верхнего девона и нижнего карбона, проведение детализационных сейсморазведочных работ, а также комплексирование их результатов с другими геофизическими методами.

В качестве примера рассматривалось Албайское нефтяное месторождение, находящееся в Оренбургской области. В ходе анализа ранее проведенных работ, предложено повышение плотности сетки сейсмических профилей МОГТ-2D, а также бурение двух разведочных скважин с проведением полного комплекса ГИС и гидродинамических исследований, отбором и исследованием керна в интервале продуктивных горизонтов. Выполнение предложенных мероприятий позволит доизучить геологическое строение месторождения, уточнить фильтрационно-емкостные характеристики пластов, прирастить запасы категорий C_1 и C_2 , а также подготовить геолого-геофизическую информацию для составления технологической схемы разработки месторождения.

На наш взгляд, основными элементами проектирования разведки являются:

1. Обоснование числа этажей разведки и системы разведки в целом;
2. Объем и положение дополнительных сейсмопрофилей;
3. Переинтерпретация данных сейсморазведки и комплексирование их с данными «легких» методов разведочной геофизики, например, ГГХМ;

4. Обоснование рационального числа скважин и объемов исследований в них;
5. Выбор оптимальной системы размещения скважин и порядок их бурения по принципу от известного к неизвестному.

Литература

1. Базаревская В.Г., Тарасова Т.И., Троицкая А.Н. и др. Основные направления повышения эффективности геологоразведочных работ в пределах Южно-Татарского свода // Нефтяное хозяйство. 2012. №8. С. 102-104.

2. Муслимов Р.Х., Абдулмазитов Р.Г., Хисамов Р.Б. и др. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2007. Т. 1. – 316 с.

3. Мухаметшин Р.З., Чегесов В.К., Арутюнов В.А. Особенности освоения месторождений с малыми запасами нефти в Калининградской области // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. №8. С. 60-64

4. Нурғалиев Д.К., Швыдкин Э.К. Перспективы сейсмических методов при оценке нефтегазоносности структур // Георесурсы. 1999. №1(1). С.35-37.

5. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Татарстан. Санкт-Петербург: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2019. – 11 с.

6. Сулейманов И.Р. Методика разведки небольших нефтяных месторождений Юго-восточного склона Южно-Татарского свода: автореф. ... кандидата г.-м. наук. М., 1991. 33 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кочнев Александр Александрович

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, молодой ученый,
г. Пермь
e-mail: sashakoch93@gmail.com*

Козырев Никита Дмитриевич

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, аспирант 4
года обучения, г. Пермь
e-mail: nikitonkozyrev@gmail.com*

Научный руководитель: *д.г.-м.н., профессор, Галкин Сергей Владиславович*

Аннотация: В условиях падающей добычи нефти и значительного обводнения фонда скважин на основных нефтяных месторождениях России активно применяются различные геолого-технические мероприятия. На эффективность мероприятий значительное влияние оказывают геолого-физические условия разрабатываемого объекта. В ходе исследования разработан подход к прогнозу эффективности прироста дебита нефти от мероприятий на основе геолого-физических и технологических параметров с использованием алгоритмов машинного обучения.

Ключевые слова: геолого-технические мероприятия, геолого-физические параметры, машинное обучение, моделирование, прирост дебита нефти.

MODELING THE EFFECTIVENESS OF GEOLOGICAL AND TECHNICAL MEASURES BASED ON MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Alexander Kochnev

*Perm national research polytechnic university, Young Researcher,
Perm,
e-mail: sashakoch93@gmail.com*

Nikita Kozyrev

*Perm national research polytechnic university, 4th year Post-graduate Student,
Perm,
e-mail: nikitonkozyrev@gmail.com*

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

Abstract: In conditions of declining oil production and significant watering of the well stock, various geological and technical measures are actively used at the main oil fields in Russia. Geological and physical conditions have a bearing on the effectiveness of relief measures. The paper developed an approach to predicting the efficiency of the increase in oil production from operations based on geological, physical and technological parameters using a machine learning algorithm.

Keywords: geological and technical measures, geological and physical parameters, machine learning, modeling, increase oil rate.

Известно, что значительная доля месторождений нефти и газа Российской Федерации находятся на поздних стадиях разработки. Для поддержания уровней и интенсификации добычи нефти широко применяются различные геолого-технические мероприятия (ГТМ). Мероприятия планируются исходя из характера существующих проблем на месторождении, особенностей геологического строения, технических возможностей и экономических соображений. Одним из основных показателей эффективности ГТМ является достижение планируемого прироста дебита нефти. Исходя из данного параметра прогнозируется дальнейший темп падения прироста дебита нефти и общая дополнительная добыча нефти от мероприятия. При планировании ГТМ на месторождениях Пермского края осуществляется прогноз начального прироста дебита нефти на основании удельного коэффициента продуктивности с учетом значений фактического прироста дебита нефти на соседних скважинах месторождения или на аналогичных объектах. Другим способом прогноза прироста дебита нефти является гидродинамическое моделирование (ГДМ) геолого-технических мероприятий [1, 3]. Однако в гидродинамическом симуляторе есть недостатки, связанные с техническими особенностями задания различных ГТМ через специальные ключевые слова, субъективностью адаптации модели, выбранным способом прогноза и, в случае прогноза на заданных отборах жидкости, необходимостью занесения в ГДМ параметра прироста дебита жидкости после ГТМ.

Для повышения качества прогноза эффективности предлагается планирование ГТМ с учетом комплекса геолого-технологических параметров. Предлагаемый подход заключается в анализе и систематизации промысловых исследований по скважинам, на которых ранее проведены аналогичные ГТМ, использовании алгоритмов машинного обучения для прогноза прироста дебита нефти или жидкости на основе геолого-физических и технологических параметров, прогнозе технологических показателей разработки на долгосрочную перспективу с использованием ГДМ. В данной работе в качестве примера выбраны ГТМ по радиальному бурению, которые широко распространены для карбонатных коллекторов месторождений Пермского края.

Первоначально, для выбранного ГТМ создается обширная база данных, включающая геолого-физические характеристики пласта (ГФХ), принятые на месторождениях при подсчете запасов; результаты гидродинамических исследований скважин (ГДИ) до проведения мероприятий по РБ; результаты интерпретации геофизических исследований по скважинам (РИГИС), дебит нефти и жидкости до РБ, данные по интервалам перфорации, данные о ранее проведенных мероприятиях на скважинах. Всего в базу данных вошли 32 параметра по 40 месторождениям и 594 скважинам.

На втором этапе проводится статистическая обработка полученной базы данных. Оценивается влияние геолого-физических и технологических параметров на эффективность ГТМ. Для выявления наиболее значимых параметров предлагается использование линейного-дискриминантного анализа (ЛДА). ЛДА позволяет установить комплексное влияние параметров на какой-либо показатель эффективности: прирост дебита нефти/жидкости, дополнительная добыча нефти, время эффекта. Так, на примере технологии радиального бурения для коллекторов объектов фаменского возраста линейная дискриминантная функция (Z), разделяющая скважины по приросту дебита жидкости, выглядит следующим образом (1):

$$Z = -0,55 \cdot q_{ж} - 0,102 \cdot K_{расч.гис} + 0,65 \cdot K_{п} + 0,08 \cdot \epsilon_{узп} + 0,14 \cdot P_{пл} - -5,56 ; \text{ при } R=0,78 \quad (1)$$

где, $q_{ж}$ - текущий дебит жидкости, м³/сут; $K_{расч.гис}$ - коэффициент расчлененности пласта, ед.; $\epsilon_{узп}$ - гидропроводность удаленной зоны пласта; $K_{п}$ - пористость, %; $P_{пл}$ - пластовое давление, МПа.

Выявления комплекса параметров проводилось также для карбонатных объектов турнейского и башкирского возрастов.

На следующем этапе на основе выявленных параметров предлагается построение моделей машинного обучения для прогноза прироста дебита жидкости, так как дебит жидкости – один из основных параметров, необходимых для расчета ГТМ на ГДМ.

Для решения задачи регрессии использовались различные методы машинного обучения - множественная регрессия, нейросети, опорные вектора, деревья решений.

Для прогноза прироста дебита жидкости от радиального бурения наиболее эффективными оказались нейронные сети. Нейросеть представляет собой математическую модель, построенную по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей, применяется для решения задач регрессии и классификации [2, 3].

В таблице представлены результаты обучения нейронных сетей различной архитектуры.

Таблица

Результаты построения нейросетей с различной архитектурой

Архитектура	Производ-ть обуч.	Контрольная производ-ть	Тестовая производ-ть	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив. скрытых нейр.	Ф-я актив. выходных нейр.
MLP 17-5-1	0.819	0.670	0.814	BFGS 27	Сум. квадр.	Гиперболическая	Тождественная
MLP 17-13-1	0.772	0.647	0.767	BFGS 17	Сум. квадр.	Экспонента	Тождественная
MLP 17-12-1	0.798	0.657	0.807	BFGS 25	Сум. квадр.	Гиперболическая	Тождественная
MLP 17-14-1	0.806	0.732	0.787	BFGS 20	Сум. квадр.	Экспонента	Тождественная
MLP 17-5-1	0.855	0.675	0.800	BFGS 35	Сум. квадр.	Экспонента	Тождественная

Для дальнейшего прогноза выбрана сеть с более простой архитектурой - многослойный перспетрон: 17 нейронов на входном слое, 1 скрытый слой с 5 нейронами и 1 нейрон на выходном слое, функция активации нейронов – логистическая, функция ошибки – сумма квадратов. При обучении данной сети достигнуты достаточно высокие коэффициенты корреляции, как на обучающей выборке, так и на тестовой и контрольной (рис.1).

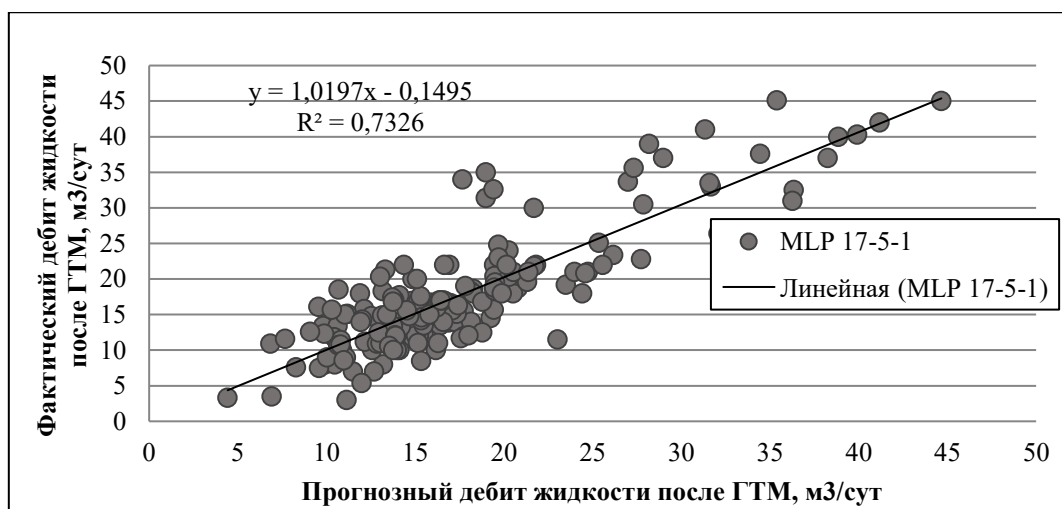


Рис. 1. Результаты обучения нейросети

Далее предлагается использовать результаты прогноза дебита жидкости с учетом геолого-физических и технологических параметров после ГТМ для расчетов технологических показателей разработки на гидродинамической модели. Также при связке гидродинамического симулятора и моделей машинного обучения есть возможность прогноза дебита жидкости с учетом динамических параметров (пластовое давление, текущий дебит жидкости, обводненность) на момент прогноза. Для этой цели разработан скрипт, позволяющий считывать значения динамических параметров с гидродинамической модели для учета их в моделях машинного обучения.

Результаты ретроспективного прогноза по предложенной методике для мероприятий по радиальному бурению представлены на примере скважин месторождений Пермского края (рис.2).

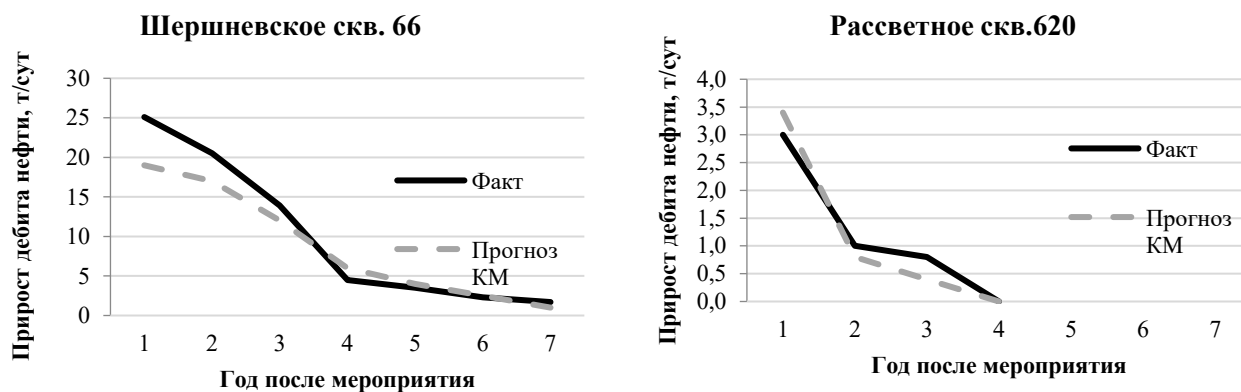


Рис. 2 Сравнение прогноза разработанной комплексной методики (КМ) с фактическими данными среднесуточного прироста дебита нефти по годам

Отмечается высокая сходимость фактических и прогнозных значений, что позволяет использовать данную методику на практике. Погрешность прогноза дополнительной добычи нефти не превышает 10%.

В ходе исследования разработана комплексная методика прогноза эффективности геолого-технических мероприятий, позволяющая надежно прогнозировать эффективность ГТМ с учетом комплекса геолого-физических и технологических показателей, динамики обводненности и взаимовлияния скважин.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-35-90029.

Литература

1. Азбуханов А.Ф., Костригин И.В., Бондаренко К.А., Семенова М.Н., Серeda И.А., Юлмухаматов Д.Р. (2019). Подбор скважин-кандидатов для проведения гидроразрыва пласта на основе математического моделирования с использованием методов машинного обучения. *Нефтяное хозяйство*, (11), с. 38-42.
2. Андронов Ю.В. (2019). Методика оперативной оценки перспективности скважин для методов интенсификации притока нефти с применением нейронных сетей и деревьев решений. Автореф. дис. канд. тех. наук. Москва, 24 с.
3. Кочнев, А.А. Разработка комплексной методики прогноза эффективности геолого-технических мероприятий на основе алгоритмов машинного обучения / А.А. Кочнев, Н.Д. Козырев, О.Е. Кочнева, С.В. Галкин // *Георесурсы*. – 2020. – №3. – Т.22. 2020. – С.79-86.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МОРСКОГО ПРОДОЛЖЕНИЯ КОРОТАИХИНСКОЙ ВПАДИНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Гумеров Арсен Ранисович

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
магистрант 2 года обучения, г. Москва
e-mail: arsen_7@list.ru*

Хафизова Линара Рамзиловна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, студент 1 курса,
г. Москва
e-mail: linara.khafizova@gmail.com*

Научный руководитель: *к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, Сулова Анна Анатольевна*

Аннотация: Объектом исследований является морская часть Коротаихинской впадины Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. Данный район слабо изучен, однако с ним связывают перспективы новых открытий месторождений нефти и газа.

В статье представлены результаты структурной интерпретации 2D сейсмических данных, анализа работы углеводородных систем, а также приведены выделенные и охарактеризованные перспективные локальные структуры.

Ключевые слова: Бассейновый анализ, Коротаихинская впадина, Тимано-Печорский бассейн, структурные ловушки, перспективы нефтегазоносности.

ASSESSMENT OF THE PETROLEUM POTENTIAL OF THE OFFSHORE PART OF THE KOROTAIKHA DEPRESSION TIMAN-PECHORA BASIN

Arsen Gumerov,

*Lomonosov MSU, 2nd year Master's Degree Student, Moscow,
e-mail: arsen_7@list.ru*

Linara Khafizova

*Lomonosov MSU, 1st year Student, Moscow,
e-mail: linara.khafizova@gmail.com*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Lecturer, Anna Suslova*

Abstract: The object of research is the offshore part of the Korotaikha depression of the Timan-Pechora basin. This area is poorly explored, but it is associated with the prospects of new discoveries of oil and gas fields.

The article presents the results of structural interpretation of 2D seismic data, analysis of the operation of petroleum systems, as well as the identified and characterized promising local structures.

Keywords: Basin Analysis, Korotaikha Depression, Timan-Pechora Basin, structural traps, oil and gas potential.

Коротаихинская впадина Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна (НГБ) в настоящее время остается слабоизученным районом, с которым могут быть связаны перспективы новых открытий месторождений нефти и газа.

В геологическом строении принимают участие породы кристаллического фундамента, представленные образованиями архейско-раннепротерозойского возраста и верхнепротерозойским сланцевым комплексом, и породы осадочного чехла главным образом палеозойского и мезозойского возрастов, мощность которых достигает 12-13 км в центральных наиболее погруженных частях впадины. В разрезе осадочного чехла выделяется два мегакомплекса: доорогенный – представлен широким фаціальным спектром отложений от лагунных эвапоритов, прибрежно-морских песчаников и глин до мелководных и относительно глубоководных известняков, глин и силицитов; и орогенный – сложен молассовыми формациями преимущественно пермского и триасового возрастов [4].

В тектоническом отношении Тимано-Печорский НГБ расположен в пределах Печорской эпибайкальской плиты. Рассматриваемая Коротаихинская впадина является сложно построенной тектонической структурой Припайхойско-Приюжновоземельского мегапрогиба. На востоке впадина ограничена Уральской и Пайхойской складчатыми системами, на юге – поднятием Чернова. На западе граница между Коротаихинской впадиной и Варандей-Адзвинской структурной зоной проходит по Вашуткино-Талотинской зоне надвигов [2].

На структурном плане кровли разновозрастного карбонатного-подошвы терригенного пермско-триасового комплекса (ОГ Ia) отчетливо прослеживаются тектонические элементы второго порядка: Лабогейская моноклираль, Хейягинская депрессия, Привайгачская моноклираль и Васьягинско-Сабриягинская складчато-надвиговая зона. Кроме того, в пределах Хейягинской депрессии по структурной карте кровли силура обособляются две отдельные структуры третьего порядка – Матвеевская впадина и Бельковская мульда, разделенные Северо-Коротаихинской седловиной. Таким образом, в данной работе детализирована тектоническая схема района исследования (рис. 1).

Также в тектоническом строении важную роль играют разрывные нарушения, формирующие разноамплитудные сдвиги, сбросы, взбросы и надвиги, со многими из которых могут быть связаны тектонически экранированные ловушки.

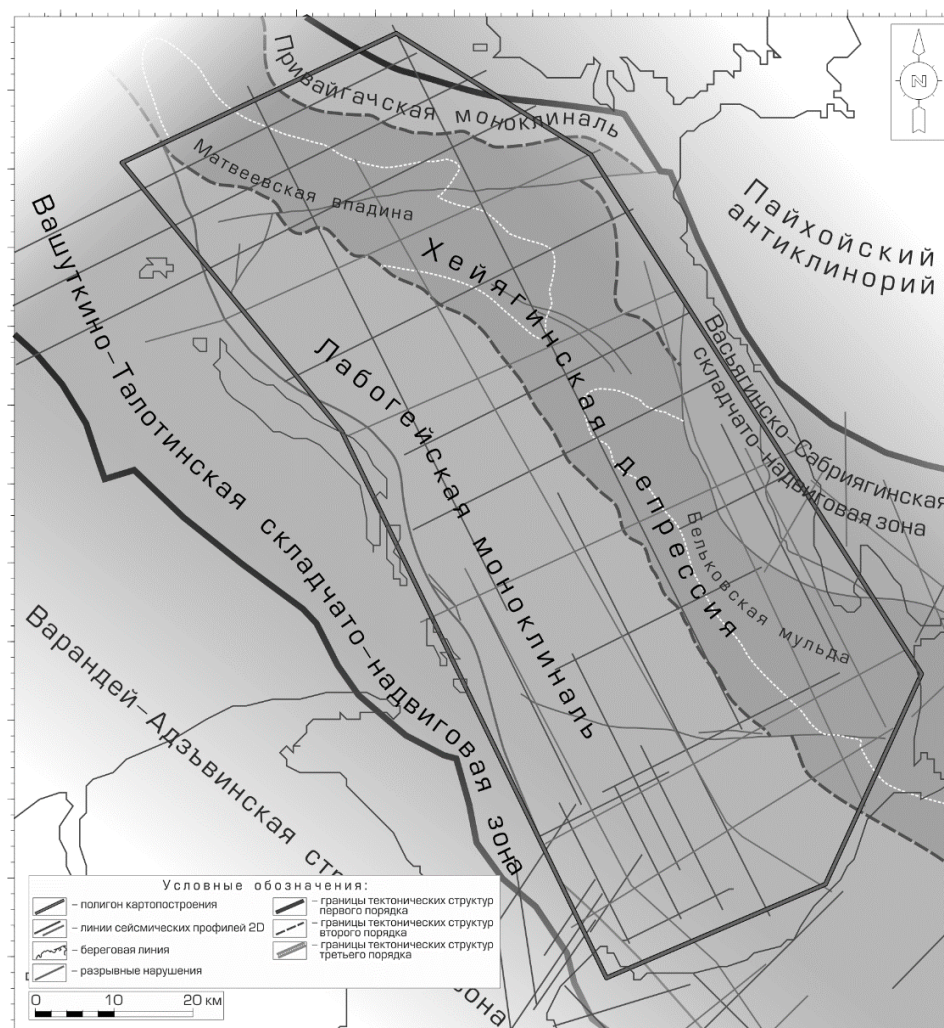


Рис. 1. Тектоническая схема района исследования

С точки зрения нефтегазоносности следует отметить, что в пределах Коротайхинской впадины, в том числе и на её морском продолжении, не открыто месторождений с промышленными запасами нефти или газа. Однако в разрезе присутствуют отложения всех нефтегазоносных комплексов (НГК) Тимано-Печорского НГБ: среднеордовикско-нижнедевонский карбонатный, среднедевонско-франкий терригенный, доманиково-турнейский карбонатный, визейско-нижнепермский карбонатный, нижнепермский терригенный, верхнепермский терригенный, триасовый терригенный. К тому же, практически во всех НГК предполагается наличие коллекторов, а наилучшие фильтрационно-емкостные свойства прогнозируются в пермско-триасовых НГК.

В пределах Коротайхинской впадины выделяется до 9 нефтегазоматеринских толщ (НГМТ): нижнесилурийская венлокская (S_{1v}), верхнедевонская тиман-саргаевская (D_{3tm-sr}), верхнедевонская доманиковая (D_{3dm}), нижнекаменноугольная визейская (C_{1v}), нижнепермская ассельско-сакмарская (P_{1a-s}), нижнепермская артинско-кунгурская (P_{1ar-k}), нижнетриасовая (T_1), среднетриасовая (T_2) и верхнетриасовая (T_3) [1,3,4,5].

Проанализированные результаты бассейнового моделирования Коротайхинской впадины представлены в результирующей шкале событий - диаграмме, показывающей временную связь основных элементов и процессов УВ систем (рис. 2). Важно отметить, что данная диаграмма не ранжирует процессы генерации УВ в разных структурно-тектонических зонах, поэтому главные фазы нефти и газообразования отмечены для всего Коротайхинского суббассейна.

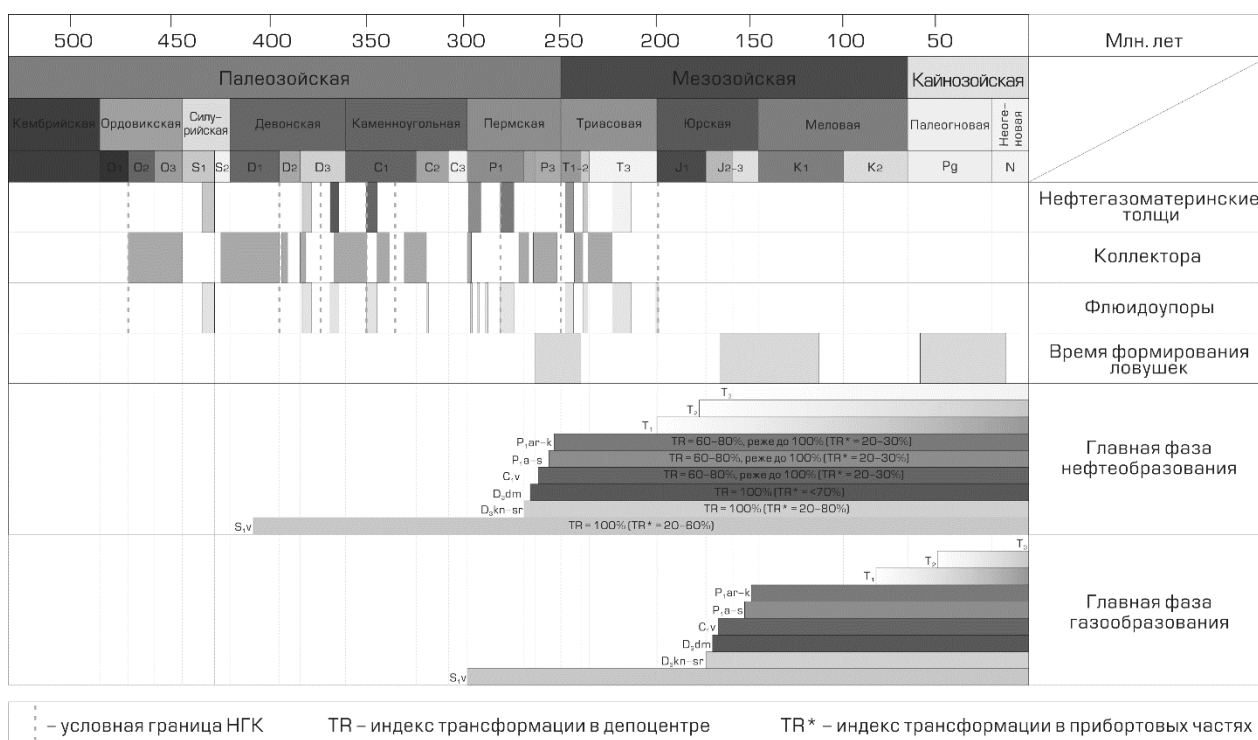


Рис. 2. Шкала событий углеводородных систем Коротайхинской впадины

Результаты бассейнового моделирования разных авторов сходятся в том, что в пределах Коротайхинской впадины присутствует ряд НГМТ, которые уже прошли главную фазу нефтеобразования в наиболее погруженных структурах. Отмечается, что основная часть ловушек сформировалась до активной миграции УВ, реже одновременно, что является благоприятным фактором. С учетом генетико-генерационных и миграционных показателей Хейягинская депрессия, и, в частности Матвеевская впадина, характеризуются большими объемами эмиграции жидких и газообразных УВ и представляет наибольший интерес для поисков залежей УВ. Моделирование показывает основное направление миграции как в западном направлении к Вашуткина-Талотинской складчато-надвиговой зоне, так и на восток в Предпайхойскую складчатую зону.

Наиболее благоприятные условия для аккумуляции УВ и сохранения залежей прослеживаются в бортовых частях впадины. Активная тектоника, мощные размывы отложений, возможно, могли повлиять на трансформацию первичных залежей, но и здесь не исключается возможность обнаружения мелких и средних экранированных залежей. Ловушками на пути миграции УВ на всей этой территории могут быть зоны, экранированные надвиговыми и разрывными дислокациями, а

также литологические тела. Также, в изученных работах делается акцент на пермско-триасовом терригенном комплексе, в котором возможны нефтяные залежи в валах и песчаных линзах, а глубины в пределах допустимых для бурения даже в районе депоцентра.

На основе целевых структурных планов, полученных при интерпретации сейсмических данных, а также принимая во внимание выводы из бассейнового моделирования, в пределах прибортовых частей морского продолжения Коротаихинской впадины отмечено 6 перспективных локальных структур, некоторые из которых были описаны другими авторами в более ранних работах и имеют собственные названия. Все структуры представлены антиклинальными складками, часть из которых нарушена разломами. Следовательно, в пределах данных структур предполагается наличие пластово-сводовых, тектонически экранированных залежей. Однако в пределах одной структуры возможно присутствие стратиграфически экранированных залежей, связанных с предъюрским размывом. Кроме того, в пермско-триасовых комплексах в восточной части впадины возможно развитие литологически экранированных ловушек, связанных с отложениями конусов выноса. Об этом свидетельствуют и сейсмофации, и априорные геологические данные.

Наиболее представительная и интересная структура – Матвеевская (рис. 3), представлена брахиантиклинальной складкой, заключенной между двумя разрывными нарушениями, оперяющимися Вашуткина-Талотинскую складчато-надвиговую зону. Структура сквозная и прослеживается от кровли силурийских отложений и до нижней части триасового комплекса. Ловушки, связанные с данной структурой, пластово-сводового, тектонически экранированного типа. Суммарные извлекаемые ресурсы данной структуры составили более 11 млн. т.

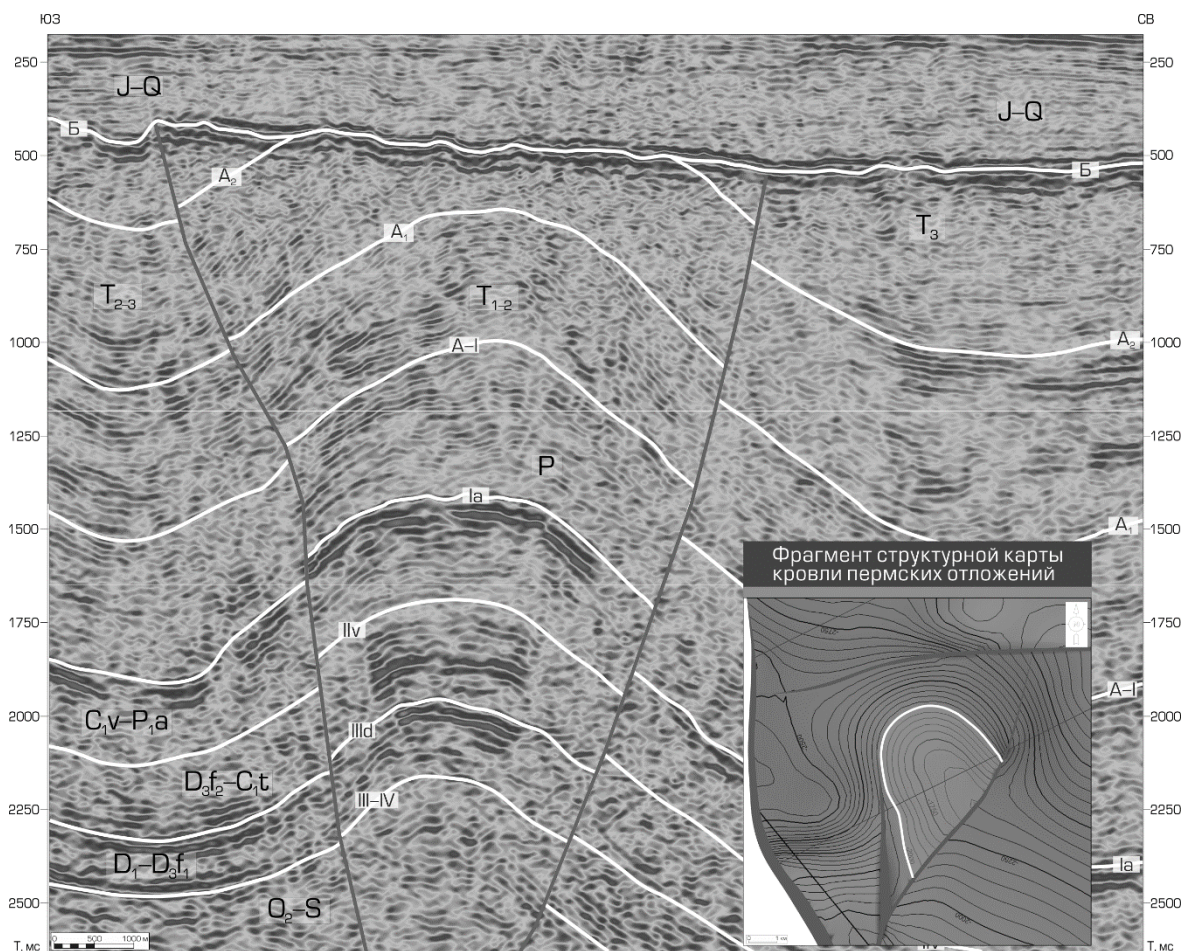


Рис. 3. Матвеевская структура на фрагментах сейсмического профиля и структурной карты кровли пермских отложений

В результате объёмным методом оценены геологические и извлекаемые ресурсы по четырем из шести выделенных объектов. Для двух структур ресурсы не считались в связи с недостаточным объемом сейсмических данных, позволяющих достоверно оконтурить предполагаемые ловушки. При оценке ресурсов по каждому перспективному НГК значения расчетных параметров принимались как средние значения по месторождениям-аналогам, расположенным в относительной близости к Коротаихинской впадине и имеющим продуктивные пласты в соответствующем НГК. Так для пермско-триасового терригенного НГК приняты следующие месторождения-аналоги: Седьягинское,

Лабаганское, Южно-Торавейское, Варандейское; в качестве месторождений-аналогов для визейско-нижнепермского НГК были приняты Междуреченское и месторождение Медынское-Море; а при оценке залежей в доманиково-гурнейском НГК – Западно-Лекейягинское и Тобойско-Мядсейское.

В итоге суммарные геологические ресурсы морского продолжения Коротаихинской впадины оценены в 161,5 млн. т., а извлекаемая часть составила – 35,9 млн. т.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что морское продолжение Коротаихинской впадины действительно обладает хорошим потенциалом с точки зрения перспектив новых открытий месторождений нефти и газа. Данную область необходимо рассматривать в качестве возможно-перспективного суббассейна, разработка потенциальных структур которого может быть актуальна при необходимости наращивания ресурсной базы Тимано-Печорского НГБ.

Литература

- 1. Горшков А.С., Захаров Н.В., Мейснер Л.Б., и др. Создание геолого-геофизической модели строения акваториального продолжения (Печорское море) Коротаихинской впадины и Вашуткина-Талотинской складчато-надвиговой зоны (на основе региональных сейсморазведочных работ). Отчет по Госконтракту № К.41.2013.008 от 19.07.13 г., ГНЦ ФГУПП «Южморгеология», г. Геленджик, 2016*
- 2. Прищепина О. М. и др. Перспективы нефтегазоносности и программа изучения Коротаихинской впадины //Геология нефти и газа. – 2009. – №. 2. – С. 2-8.*
- 3. Прищепина О. М., Орлова Л. А., Чумакова О. В. Коротаихинская впадина – перспективное направление геологоразведочных работ на нефть и газ в Тимано-Печорской провинции //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – №. 12. – С. 9-19.*
- 4. Ступакова А. В. и др. Перспективы нефтегазоносности Коротаихинской впадины Тимано-Печорского бассейна //Георесурсы. – 2017. – №. Спецвыпуск ч. 1.*
- 5. Fossum B.J. Petroleum system evaluation of the Korotaikha fold-belt and foreland basin, Timan-Pechora, Russia / B.J. Fossum, N.T. Grant., B.V. Byurchieva // Search and Discovery. – 2013. – Article no. 10491.*

УДК 553.982

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ (НА ПРИМЕРЕ ЛАС-ЕГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Смелов Александр Андреевич

*Казанский (Приволжский) федеральный университет; Институт геологии и нефтегазовых технологий, студент 4 курса,
г. Казань
e-mail: Smelov.99@mail.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Мухаметшин Рустам Закиевич

Аннотация: В последние годы нефтегазовые компании России обеспечивают поддержание и наращивание объемов добычи в основном за счет интенсивной эксплуатации крупных и уже длительное время разрабатываемых месторождений. Соответственно, высокая обводненность извлекаемой продукции и приводит к неуклонному снижению эффективности эксплуатационного фонда скважин на базовых для страны месторождениях, что и определяет актуальность фундаментальных научно-исследовательских работ по изучению, разработке и внедрению методов интенсификация добычи и формированию новых подходов к решению проблем их наиболее полного извлечения из пласта.

Среди методов интенсификации добычи нефти наиболее перспективными такие, как зарезка БГС, методика гидравлического разрыва пласта, обработка нефтяных скважин специальными реагентами (ОПЗ), выравнивание профиля приемистости на нагнетательных скважинах, ремонтно-изоляционные работы (РИР) [1].

Ключевые слова: Лас-Еганское месторождение, зарезка боковых стволов с горизонтальным окончанием, ГРП, обработка призабойной зоны, глинокислотна обработка, высокая обводненность.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE APPLIED METHODS OF PRODUCTION INTENSIFICATION AT THE LAS YEGAN FIELD

Alexandr Smelov

*Kazan (Volga region) Federal University, 4th year Student,
Kazan
e-mail: smelov.99@mail.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Rustam Mukhametshin

Abstract: In recent years, Russian oil and gas companies have been maintaining and increasing production volumes mainly due to the intensive exploitation of large and long-term developed fields. Accordingly, the high water content of the extracted products leads to a steady decrease in the efficiency of the operational fund of wells in the country's basic fields, which determines the relevance of fundamental research work on the study, development and implementation of methods of production intensification and the formation of new approaches to solving the problems of their most complete extraction from the reservoir.

Among the methods of reserve intensification, the most promising are the cutting of BeS, the method of hydraulic fracturing, the treatment of oil wells with special reagents(OPZ), the alignment of the pick-up profile at injection wells, repair and insulation work (RIR).

Keywords: Las-Yeganskoye field, cutting of lateral shafts with a horizontal end, hydraulic fracturing, processing of the bottom-hole zone, clay-acid treatment, high water cut.

В старых нефтедобывающих районах все большую актуальность приобретает направление создания и внедрения в производство новых способов и технологий воздействия на нефтяной пласт с целью улучшения технико-экономических показателей разработки месторождений. Применяемые в настоящее время традиционные методы нефтеизвлечения и стимулирования производительности скважин не всегда дают желаемый результат. В этой связи повышение эффективности геолого-технических мероприятий становится все более зависимым от концентрации интенсифицирующих факторов воздействия на пласт и правильного выбора технологии в соответствии с геолого-физическими условиями.

Лас-Еганском месторождении приурочено к северо-западной части Нижневартовского свода. На территории выделяют восемь эксплуатационных объектов в отложениях мела и юры. В работе рассмотрено применение зарезки БГС на объектах БВ₆ и БВ₈ являющихся высокопродуктивными и ГРП на низкопродуктивном объекте ЮВ₁.

Эксплуатационный объект БВ₆ (ванденская свита нижнего мела) представлен пластово-сводовой залежью, с терригенным коллектором средняя пористость коллектора составляет 20 %, проницаемость - $128 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Коэффициенты расчлененности и песчаности отражающие объемную неоднородность продуктивных пластов, равны 4,0 и 0,63 соответственно [2].

Пласт БВ₈ представлен залежью пластово-сводового типа (мегионская свита нижнего мела) средняя пористость коллектора составляет 19,8 %, проницаемость приблизительно равна $121 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Продуктивный пласт также весьма неоднороден коэффициенты расчлененности и песчаности равны 7,3 и 0,58 соответственно.

В 2016 г. на Лас-Еганском месторождении пробурено два боковых ствола с горизонтальным окончанием - скважина № 5047Л на пласт БВ₆ и скважина № 6512Л на пласт БВ₈.

Входные показатели работы для скважины № 5047Л составили: дебит нефти 1 т/сут, дебит жидкости 178,2 т/сут при обводненности 99,4 %. После проведения ГТМ дебит нефти 16 т/сут, дебит жидкости 80 т/сут при обводненности 80 %. На третий месяц работы дебит нефти снизился до 8 т/сут в связи с увеличением обводненности до 90 %. Увеличение обводненности связано с особенностями геологического строения пласта - отсутствием выдержанных экранов между нефтенасыщенными и водонасыщенными интервалами. На 01.01.2017 г. обводненность на скважине достигла 95,6 %, дебит жидкости составляет 91,8 т/сут, дебит нефти составляет 4,5 т/сут. Накопленная добыча нефти до проведения технологических мероприятий равна 3,5 тыс.т. За счет проведения ГТМ дополнительная добыча за первый 2016 год составила 3,528 тыс.т [2].

Входной дебит нефти при запуске скважины № 6512Л составил 1,3 т/сут, дебит жидкости 53 т/сут при обводненности 97,5 %. После проведения ГТМ дебит нефти 14 т/сут, дебит жидкости 60 т/сут при обводненности 77 %. На третий месяц работы дебит нефти снизился до 7,7 т/сут, это связано с увеличением обводненности на 11 %. Мероприятие показало свою эффективность, увеличение обводненности связано с особенностями геологического строения пласта, выраженными в отсутствии выдержанных экранов между нефтенасыщенными и водонасыщенными интервалами. На 1.01.2017 г. дебит нефти 5,6 т/сут, жидкости 135,9 т/сут, обводненность 95,9 %. Накопленная добыча нефти 4,5 тыс.т, дополнительная добыча за первый год после проведения ГТМ составила 2,495 тыс.т [2].

Данные динамики показателей работы скважин до и после мероприятия представлены в таблице, а также на рисунке 1 и рисунке 2.

Таблица

Данные динамики показателей работы скважин до и после зарезки БГС

№ скважины	Дата зарезки	До мероприятия			После мероприятия			На 01.2017 г.		
		Qж, т/сут	Qн, т/сут	Обв, %	Qж, т/сут	Qн, т/сут	Обв, %	Qж, т/сут	Qн, т/сут	Обв, %
5047Л	11.01.2016	178,2	1,0	99,4	80,0	16,0	80	91,8	4,5	95,6
6512Л	16.01.2016	53,0	1,3	97,5	60,0	14,0	77	135,9	5,6	95,9

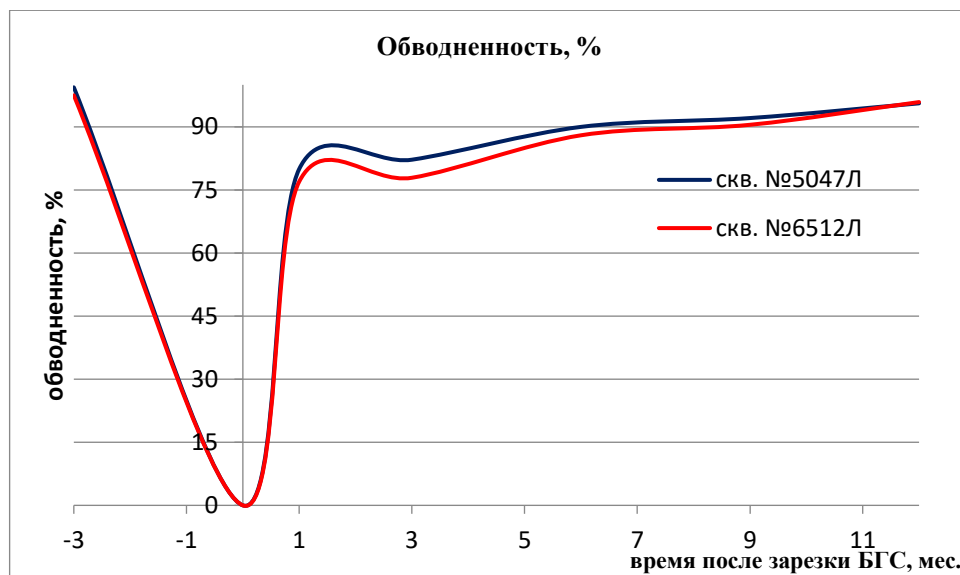


Рис. 1. Динамика обводненности продукции скважин с горизонтальным окончанием

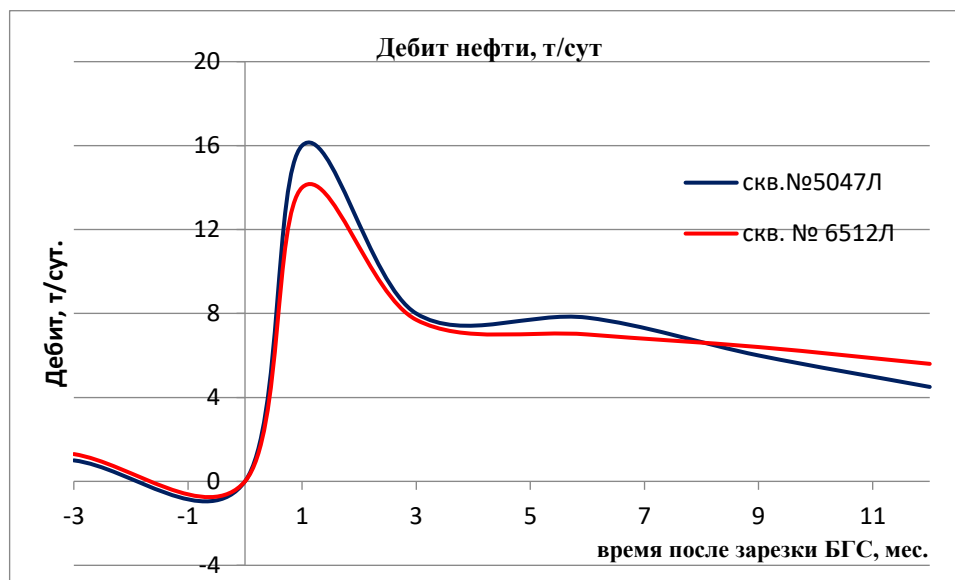


Рис. 2. Динамика дебита нефти скважин с горизонтальным окончанием

При анализе полученных данных до и после проведения БГС установлено, что забурка БГС в условиях неоднородности высокопродуктивных пластов ведет к закономерному снижению обводненности и соответственно к увеличению дебита скважин по нефти.

Результаты промышленной эксплуатации, а также сравнение с добычей соседних скважин показывает эффективность данной технологии интенсификации добычи для условий пластов БВ₆, БВ₈. Дополнительная добыча за два года эксплуатации скважин №№ 5047Л, 6512Л согласно промысловым данным составила 8,3 тыс.т, однако для получения наибольшего результата и увеличения технологических показателей также рекомендуется применение многозонного ГРП, которое позволит значительно увеличить площадь контакта с нефтенасыщенным пластом, обеспечить максимальный охват выработкой и тем самым сократить время разработки и снизить затраты на добычу нефти [3].

Обработка призабойной зоны на момент анализа проведена на объекте БВ₆ и представлена четырьмя операциями воздействия на пласт глинокислотной обработкой. В технологическом отношении данный способ разработки заключается в закачке в добывающие скважины раствора с глинокислотной составляющей и дальнейшего растворения принесенных из вне, или образовавшихся в пласте в процессе эксплуатации кальматантов, а также на воздействии на скелет породы.

Прирост дебита после обработки составляет в среднем 4 т/сут, также за счет применения данного ГТМ удалось снизить обводненность в среднем на 7–8 %, при этом эффект наблюдался на протяжении 8 мес.

Обработку призабойной зоны (ОПЗ) по технологии глинокислотной обработки скважин, также применили для скважин выведенных из бездействующего фонда. Длительность эффекта наблюдалось на протяжении 13 мес., средний дебит составил 11,2 т/сут. Дополнительная добыча за тринадцать месяцев эксплуатации скважин составила 1164,2 тыс.т.

Объект ЮВ₁ (васюганская свита верхней юры) представлен пластово-сводовой залежью, с терригенным коллектором, средняя пористость коллектора составляет 20 %, проницаемость приблизительно равна $5,3 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Коэффициенты расчлененности и песчанности отражающие объемную неоднородность продуктивных пластов равны 4,0 и 0,32 соответственно.

ГРП является неотъемлемой частью системы интенсификации разработки Лас-Еганского месторождения. С 1994 г. было проведено 400 технологических мероприятий, дополнительная добыча составила 2625 тыс.т нефти, средняя эффективность 6,5 тыс.т на 1 операцию ГРП, прирост дебита составил 22,5 т/сут, эффект в среднем продолжался на протяжении 6 мес.

В 2016 г. опробована новая технология многостадийного ГРП на четырех скважинах пласта ЮВ₁ – №№ 3006, 9037, 9055, 9061.

Скважины № 3006 и № 9037 недавно пробурены. Дебит после проведения МГРП составил 21,5 т/сут и 14,2 т/сут, суммарная дополнительная добыча по двум скважинам составила 18,6 тыс.т, эффект продолжался на протяжении 7 мес.

За три месяца до проведения ГРП на скважинах № 9055 и № 9061 дебит составлял 6,8 и 4,7 т/сут, обводненность 39,8 % и 34,1 %. После проведения многостадийного ГРП эффект наблюдался на протяжении 5 мес., дополнительная добыча составила 8,4 тыс.т.

Применение ГРП является рациональным способом интенсификации добычи, в особенности на пластах с высокой неоднородностью.

Анализ эффективности показал, что для Лас-Еганского месторождения, наиболее перспективными методами интенсификации добычи оказались: зарезка БГС, методика гидравлического разрыва пласта, обработка нефтяных скважин специальными реагентами (ОПЗ). Если для более однородных высокопродуктивных пластов наиболее эффективным является зарезка боковых стволов [4], то для аналогичных условий Лас-Еганского месторождения с высокой объемной неоднородностью высокопродуктивных пластов требуется применение боковых стволов с горизонтальным окончанием. Геолого-технические мероприятия проведенные по месторождению позволили дополнительно извлечь из недр порядка 3000 тыс.т нефти.

Литература

1. Муслимов Р.Х. *Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее: учебное пособие.* Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2014. – 750 с.

2. Токарева Т.В. *Опыт и эффективность бурения, эксплуатации боковых стволов на завершающей стадии разработки нефтяных месторождений // Нефтегазовое дело. 2011. № 2. С. 457.*

3. Бархатов Э.А., Яркиева Н.Р., *Эффективность применения многостадийного гидроразрыва пласта в горизонтальных скважинах// Энергетика и рациональное природопользование 2017. № 3. С. 9.*

4. Лутфуллин Д.Н., Мухаметшин Р.З. *Оценка технологической эффективности методов довыработки запасов высокообводненного пласта // Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений: матер. Междунар. науч.-практич. конфер., посвященной 100-летию со дня рождения В.Д. Шашина. В 2-х т. Казань: Изд-во «Ихлас», 2016. Т. 2. С. 178–181.*

УДК 553.982

ВЛИЯНИЕ ПОДСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОБЪЕМ ЗАПАСОВ В ЗАЛЕЖАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Трофимова Ульяна Сергеевна

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», студент 4 курса,
г. Казань*

e-mail: UlyanaTrofimova.for@yandex.ru

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент кафедры геологии нефти и газа имени академика
А.А. Трофимука, Лукьянова Резеда Габдрашитовна*

Аннотация: в данной статье проведено сравнение объемов запасов, полученных при использовании подсчетных параметров, определенных разными методами (по керну и ГИС), и в то же время при различных типах залежей на примере одного из поднятий нефтяного месторождения N. Для исследования были взяты следующие залежи: пластовая сводовая с литологическим экраном тульского горизонта визейского яруса (пласт Стл-3) нижнего карбона, пластовая сводовая кизеловского горизонта (пласт Скз-1) и пластовая сводовая малевско-упинского горизонта (пласт Смл+уп1) турнейского яруса нижнего карбона.

Ключевые слова: месторождение, залежь, поднятие, нижний карбон, запасы, подсчетные параметры, объемный метод, ГИС, керн, геологическая модель.

INFLUENCE OF CALCULATION PARAMETERS ON THE VOLUME OF RESERVES IN VARIOUS TYPES OF ACCUMULATIONS

Ulyana Trofimova

*FSAEI of HE "Kazan (Volga Region) Federal University, 4th year student
Kazan city*

e-mail: UlyanaTrofimova.for@yandex.ru

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader of the Department of Geology of
Oil and Gas named after Academician A.A. Trofimuk, Rezeda Luk'yanova*

Abstract: in this article compared volumes of reserves which were obtained using the calculation parameters which were determined by different methods (kern and GIS) and the same time at various types of accumulations using the example of one of the rises of the oil field N. For the research deposits were used: reservoir vault accumulation with lithological screen of the Tula horizon of the Visian tier (layer Ctl-3) of lower carbon, reservoir vault accumulation of Kizelovsky horizon (layer Ckz-1) and reservoir vault accumulation of Malev-Upinsk horizon of the Turnay tier (layer Cml+up1) of lower carbon.

Keywords: oil field, accumulation, rise, lower carbon, reserves, calculation parameters, volumetric method, GIS, kern, geological model.

Оценка запасов позволяет прогнозировать уровни добычи нефти на месторождении и зависит от принятых параметров. В разных типах залежей и при разных методах определения подсчетные параметры отличаются и, как следствие, оказывают влияние на объем запасов в самих залежах.

Месторождение N расположено на северном склоне Южного купола Татарского свода в пределах Акташско-Ново-Елховского вала. По величине извлекаемых запасов нефти оно относится к средним, а по геологическому строению – к сложным. Продуктивными являются терригенные породы кыновского горизонта верхнего девона, бобриковского и тульского горизонтов нижнего карбона, карбонатные породы заволжского и евлановско-ливенского горизонтов фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона. В пределах месторождения выявлено четыре структурных поднятия седиментационного происхождения. [3]

По поверхности кристаллического фундамента в пределах месторождения выделено три приподнятых участка. По кровле терригенной толщи девона на месте приподнятых зон прослеживается моноклиальный склон без заметных положительных осложнений. По кровле турнейского яруса на его месте отмечается резко выраженное высокоамплитудное локальное поднятие со сводовой частью в районе изучаемого в данной работе поднятия. Данная структура является рифогенным сооружением поздне-франско-фаменского возраста. К этому времени сформировались и две другие малоамплитудные седиментационные структуры на площади месторождения. Вверх по разрезу отмечается постепенное выполаживание поднятий (особенно на изучаемом поднятии), что обусловлено сокращением толщин осадочных пород в своде структуры по сравнению с ее крыльями. Такое распределение толщин свидетельствует о том, что в процессе формирования поднятия отложения, начиная с турнейского яруса до перми, образуют структуры облекания верхнедевонского рифогенного сооружения. [3]

Конкретно изучаемое в данной работе поднятие имеет вид обширной брахиантиклинали северо-западного простирания неправильной формы, а также является структурой облекания высокоамплитудного биогермного массива. Оно является классическим примером структуры облекания рифогенной постройки позднедевонского времени.

В ходе работы были построены структурные карты по кровле и подошве коллектора, карты эффективных нефтенасыщенных толщин по продуктивным отложениям. На основании выделенных в разрезах скважин эффективных толщин строились карты этого параметра для интервалов нефтеносных пластов путем интерполяции и экстраполяции скважинных данных. Затем с учетом положения внутренних и внешних контуров составлялись карты эффективных нефтенасыщенных толщин.

Для построения геологической модели изучаемого поднятия в качестве исходных данных использовались: структурные карты по кровле продуктивных пластов нижнего карбона:

- тульского и бобриковского горизонтов визейского яруса, кизеловского, малевско-упинского горизонтов турнейского яруса;
- скважинные данные: номер скважины, альтитуда, координаты устья, глубина забоя;
- данные замеров кривизны по скважинам (траектория скважины): глубина, угол отклонения от вертикали, азимут искривления ствола скважины; параметры скважинных данных, такие как пористость, нефтенасыщенность, индекс группы пород (1 – коллектор, 0 – неколлектор);
- глубина кровли и подошвы продуктивных пластов.

Трехмерные геологические сетки строились в объеме между смоделированными структурными поверхностями. Ячейки сеточной модели заданы геометрией «угловой точки» Corner Point. Выбор количества слоев в сетке определялся исходя из особенности геологического строения моделируемого объекта – межскважинного расстояния, коэффициентов расчлененности, распространенности, песчанистой, анализа базы данных РИГИС. Был выбран пропорциональный тип разбиения сетки по вертикали (в соответствии с общей толщиной пласта). Размеры модельной сетки для пласта Стл-3: размер ячеек – 25×25, количество слоев – 8, толщина слоя – 0,64 м. Размеры модельной сетки для пласта Сбр-3+2: размер ячеек – 25×25, количество слоев – 30, толщина слоя – 0,50 м. Размеры модельной сетки для пласта Скз-1: размер ячеек – 25×25, количество слоев – 30, толщина слоя – 1,00 м. Размеры модельной сетки для пласта Смл+уп1: размер ячеек – 25×25, количество слоев – 34, толщина слоя – 1,00 м.

Далее проводилось осреднение скважинных данных на сетку геологической модели. Использовался метод Weighted arithmetic (средневзвешенное значение по толщине).

Для построения литологической модели использовался коэффициент песчанистости, интерполируемый в геологическом кубе. Далее с помощью операции ячейкам модели присваивался код «неколлектор», в значениях которых параметр песчанистость меньше 0,5, а ячейкам, в которых значения больше 0,5, код «коллектор». В результате этой операции получен трехмерный дискретный параметр литологии (коллектор – неколлектор), где каждой ячейке присвоен код литологии (1 или 0).

Куб пористости строился на основе литологической модели продуктивных пластов петрофизическим методом, который учитывает скважинные данные. По каждому пласту настройки при моделировании были подобраны таким образом, чтобы рассчитываемый параметр соответствовал геологическим представлениям о характере его возможных изменений. В зонах неколлектора в ячейках куба пористость принимала нулевое значение.

Для построения модели насыщения внутри трехмерных геологических сеток, использовались данные о контурах нефтеносности и зонах распространения коллекторов, значения отметок ВНК и условно-подсчетного уровня, значения k_n по РИГИС. Начальная нефтенасыщенность в каждой

залежи определена по геофизическим данным, полученным в скважинах, пробуренным до начала активной разработки. Куб начальной нефтенасыщенности имеет константное значение в нефти и ноль в воде. [3]

Заключительным этапом построения геологической модели является оценка геологических запасов нефти. Оценка начальных геологических запасов нефти в геологической модели выполнялась объемным методом: значения нефтенасыщенного объема, коэффициентов пористости и нефтенасыщенности в каждой ячейке выше поверхности ВНК или УПУ перемножались и затем суммировались. Полученное произведение умножалось на значения пересчетного коэффициента и плотности нефти. В залежи тульского горизонта (Стл-3) объем запасов составляет 1772,4 тыс. т, в залежи кизеловского горизонта (Скз-1) – 2686,6 тыс. т, в залежи малевско-упинского горизонта (Смл+уп1) – 3622,4 тыс. т.

Также запасы были подсчитаны объемным методом по формуле (1).

$$Q_n = F \cdot h \cdot k_n \cdot k_p \cdot \rho_n \cdot \theta \quad (1)$$

где

Q_n – начальные геологические запасы нефти, тыс. т;

F – площадь залежи, тыс. м²;

h – эффективная нефтенасыщенная толщина, м;

k_n – коэффициент открытой пористости, доли ед.;

k_p – коэффициент нефтенасыщенности, доли ед.;

ρ_n – плотность нефти, г/см³;

θ – пересчетный коэффициент, учитывающий усадку нефти в поверхностных условиях, доли

ед.

Определение площадей нефтенасыщенных пород для каждой из залежей определялась на подсчетных планах, совмещенных со структурными картами по кровле коллекторов и ограниченных внешним контуром нефтеносности, также учитывался внутренний контур нефтеносности, который выделялся на структурных картах по подошве коллектора. Для залежи в пласте Скз-1 турнейского яруса эффективная нефтенасыщенная толщина составляет 2685 тыс. м², для залежи в пласте Смл+уп1 турнейского яруса – 1560 тыс. м², для залежи в пласте Стл-3 тульского горизонта – 4491 тыс. м².

Значения эффективных нефтенасыщенных толщин определялись по материалам ГИС отдельно для каждой залежи. Для залежи в пласте Скз-1 турнейского яруса эффективная нефтенасыщенная толщина составляет 10,7 м, для залежи в пласте Смл+уп1 турнейского яруса – 21,7 м, для залежи в пласте Стл-3 тульского горизонта – 2,0 м.

Коэффициенты открытой пористости определялись по материалам ГИС и по керну для каждой залежи. Для залежи в пласте Скз-1 турнейского яруса по ГИС коэффициент пористости составляет 13%, по керну – 13,2%; для залежи в пласте Смл+уп1 турнейского яруса по ГИС коэффициент пористости составляет 15,3%, по керну – 15,4%; для залежи в пласте Стл-3 тульского горизонта по ГИС коэффициент пористости составляет 25,9%, по керну – 18,8%.

Коэффициенты нефтенасыщенности определялись по материалам ГИС и по керну для каждой залежи. Для залежи в пласте Скз-1 турнейского яруса по ГИС коэффициент нефтенасыщенности составляет 84%, по керну – 80,9%; для залежи в пласте Смл+уп1 турнейского яруса по ГИС коэффициент нефтенасыщенности составляет 83,5%, по керну – 78,3%; для залежи в пласте Стл-3 тульского горизонта по ГИС коэффициент нефтенасыщенности составляет 86,0%, по керну – 76,9%.

Для подсчета запасов значения плотности нефти были получены как среднеарифметические величины из числа определений по пластовым пробам нефти для каждой залежи отдельно. Для двух залежей в пластах Скз-1 и Смл+уп1 турнейского яруса плотность нефти составляет 0,865 г/см³, для залежи в пласте Стл-3 тульского горизонта – 0,873 г/см³.

Пересчетный коэффициент находился из соотношения $1/V$, где V – это среднеарифметическое значение коэффициента объемного расширения, определенное в анализах пластовых проб нефти для каждой залежи отдельно. Для двух залежей в пластах Скз-1 и Смл+уп1 турнейского яруса пересчетный коэффициент составляет 0,947 д. ед., для залежи в пласте Стл-3 тульского горизонта – 0,964 д. ед.

В данной работе проводилось сравнение объемов запасов в залежах различного типа при определенных разными методами (ГИС, керн) подсчетных параметрах: коэффициентов открытой пористости и нефтенасыщенности.

По залежи в нефтеносном пласте-коллекторе Скз-1 турнейского яруса пластового сводового типа при параметрах, определенных по ГИС, объем запасов нефти составляет 2569,9 тыс. т. При параметрах, определенных по керну, объем запасов нефти составляет 2478,1 тыс. т.

По залежи в нефтеносном пласте-коллекторе Смл+уп1 турнейского яруса пластового сводового типа при параметрах, определенных по ГИС, объем запасов нефти составляет 3494 тыс. т. При параметрах, определенных по керну, объем запасов нефти составляет 3244,4 тыс. т.

По залежи в нефтеносном пласте-коллекторе Стл-3 тульского горизонта пластового сводового типа с литологическим экраном при параметрах, определенных по ГИС, объем запасов нефти составляет 1690,2 тыс. т. При параметрах, определенных по керну, объем запасов нефти составляет 1105,9 тыс. т.

Таким образом, на объем запасов залежи безусловно влияет её тип. Также не менее существенное влияние оказывает метод определения подсчетных параметров. При подсчете запасов объемным методом при использовании подсчетных параметров по керну получаются заниженные значения, чем при использовании подсчетных параметров по ГИС. Также важно отметить то, что расходятся результаты при подсчете запасов объемным методом по геологической модели и при подсчете запасов объемным методом ручным способом. Расхождение не превышает 5%.

Литература

1. Бжицких Т.Г. Подсчет запасов и оценка ресурсов нефти и газа. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011, 263 с.

2. Геология нефти и газа: Учебник для вузов / Э.А. Бакиров, В.И. Ермолкин, В.И. Ларин и др.; Под ред. Э.А. Бакирова. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990, 240 с.

3. Пересчет запасов нефти месторождения N: отчет по заказ-наряду / институт «ТатНИПИнефть»; исполн.: Д.А. Разживин, А.В. Валеева, И.Л. Яминова, З.С. Идиятуллина, Д.В. Кириллова, Д.И. Нургалева, Ф.Ф. Латифуллин. Бугульма, 2019, 588 с.

УДК 553.982

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАРЕЗКИ БОКОВЫХ СТВОЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНЫХ ПЛАСТОВ ПАШИЙСКОГО ГОРИЗОНТА РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Сахибзянов Булат Фанисович

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, студент 4 курса,
г. Казань
e-mail: bulat.sahibzyanov.99@mail.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Мухаметшин Рустам Закиевич

Аннотация: Горизонт D_1 пашийского возраста, базисный объект разработки Ромашкинского месторождения, характеризуется завершающей стадией разработки, высокой обводненностью добываемой продукции, добыча нефти имеет тенденцию к падению. Для повышения технико-экономических показателей добычи применяют различные методы увеличения нефтеотдачи. Анализ показывает, что одним из наиболее эффективных таких методов является применение технологии резки боковых стволов, что позволяет уплотнить сетку скважин на участках недостаточной выработки запасов нефти.

Ключевые слова: Ромашкинское месторождение, пашийский горизонт, объемная неоднородность, высокая обводненность, резка боковых стволов, оценка технологической эффективности.

APPLICATION OF CUTTING OF LATERAL WELLBORE IN THE CONDITIONS OF NONUNIFORM OF THE LAYERS OF THE PASHIY HORIZON OF THE ROMASHKINSKOYE FIELD

Bulat Sakhibzyanov

*Kazan (Volga region) Federal University, 4th year Student,
Kazan city,
e-mail: bulat.sahibzyanov.99@mail.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Rustam Mukhametshin

Abstract: Horizon D_1 of the pashiy age, the basic object of development of the Romashkinskoye field, is characterized by the final stage of development, high water content of the extracted products, oil production tends to fall. To improve the technical and economic indicators of production, various methods of increasing oil recovery are used. The analysis shows that one of the most effective such methods is the use of the technology of cutting side shafts, which allows you to compact the grid of wells in areas of insufficient production of oil reserves.

Keywords: Romashkinskoye field, pashiy horizon, volume non-uniformity, high water cut, cutting of lateral wellbore, the assessment of technological efficiency.

В настоящее время 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 основного фонда [1,2]. Стоит отметить, что бурение новых скважин приводит к чрезмерному увеличению затрат, что делает дальнейшую разработку месторождений нерентабельной. Поэтому в данных условиях наиболее эффективным и экономичным методом увеличения нефтеотдачи являются мероприятия по восстановлению малодебитных, обводненных, аварийных, нерентабельных скважин с помощью технологии бурения боковых стволов (БС) [4].

Данный метод позволяет существенно (в 2-10 раз) повысить дебиты скважин при сравнительно меньших затратах, чем на бурение новых скважин. Это направление наиболее перспективно для старых нефтедобывающих районов, каковым является Татарстан [1-5]. Для его развития имеются все необходимые условия:

- большой фонд пробуренных скважин;
- отработанность основных пластов пробуренным фондом скважин;
- наличие значительного числа невыработанных участков пластов в эксплуатационных объектах [2].

Цель данной работы – оценка эффективности применения зарезки боковых стволов (ЗБС) в неоднородных пластах пашийского горизонта. Нами рассмотрены результаты этого геологического мероприятия на примере Восточно-Ленинградской площади Ромашкинского месторождения. В настоящий момент площадь находится на четвертой стадии разработки и по оценке специалистов «ТатНИПИнефть» – одна из самых выработанных по Ромашкинскому месторождению.

В разрезе горизонта D_1 сверху вниз выделяется 8 зональных интервалов, к которым приурочены пласты объекта: «а», «б₁», «б₂», «б₃» (верхнепашийский подгоризонт), «в», «Г₁», «Г₂₊₃», «д» (нижнепашийский подгоризонт). Каждый из этих пластов рассматривается как самостоятельный объект разработки. Для пластов пашийского горизонта характерна высокая неоднородность. В среднем, расчлененность продуктивной части разреза равна 4,12. На долю коллекторов приходится 54,2% мощности продуктивного горизонта. Также пласты объекта разработки характеризуются толщиной и литологической изменчивостью. Так, эффективная нефтенасыщенная толщина пластов изменяется от 1,8 м ("б₁") до 4,2 м ("Г₂₊₃"). В целом значения толщины каждого пласта изменяются в довольно широких пределах, вплоть до полного выклинивания, что подчеркивает высокую неоднородность рассматриваемого объекта. Глинистые разделы между пластами являются маломощными, максимальные толщины этих перемычек не превышают 2,3 м, это создает определённые трудности при неравномерной выработке пластов. Пласты верхнепашийской пачки «а-б» характеризуются большей неоднородностью и низкой проницаемостью по сравнению с пластами нижней пачки пашийского горизонта.

По состоянию на 01.01.2016 г. выработка запасов продуктивных пластов Восточно-Ленинградской площади составила 96,9%. Средний дебит нефти одной действующей скважины – 4,2 т/сут. Обводненность продукции по площади равна 86,8%.

Технология зарезки БС для интервалов терригенного девона чрезвычайно сложна. Для анализа эффективности данного метода выбраны четыре добывающие скважины, в которых проведена зарезка БС в период с 2011 по 2015 год. Все анализируемые скважины являются высокообводненными, причем две из них в связи с этим на момент мероприятия находились в бездействующем фонде.

Данные динамики показателей работы скважин до и после мероприятия представлены в таблице.

Таблица

Данные динамики показателей работы скважин до и после зарезки БС

№ скважины	Дата зарезки	До мероприятия			После мероприятия			На 01.2016 г.		
		Qж, т/сут	Qн, т/сут	Обв, %	Qж, т/сут	Qн, т/сут	Обв, %	Qж, т/сут	Qн, т/сут	Обв, %
1	01.03.2014	Бездействие			4,5	2,1	48	6,7	0,3	94
2	29.06.2012	91	1,4	98	18,2	14,1	18	43,4	7,67	77,8
3	07.06.2014	Бездействие			10,8	9,5	10	6,4	3,98	31
4	29.12.2011	28,3	0,2	99	4,5	4,2	4	1,1	1,02	7,4

Анализ данных таблицы показывает, что после применения зарезки БС наблюдается увеличение дебита нефти и снижение обводненности в скважинах.

Зарезка БС в скважине №1 была проведена 01.03.2014 г. До этого она находилась в бездействии с обводненностью 99,9%. Дебит нефти после мероприятия составил 2,1 т/сут, обводненность продукции – 48%. По состоянию на 01.2016 г. дебит нефти уменьшился в семь раз, а обводненность возросла практически в два раза и стала равной 94%. Возможной причиной этому может быть близость к основному стволу.

Скважина №2 характеризовалась низким дебитом (1,4 т/сут) и высокой обводненностью (98%). Сразу после проведения зарезки наблюдается значительное повышение дебита нефти и существенное снижение обводненности. Дебит нефти бокового ствола составил 14,1 т/сут при обводненности 18%. На 01.2016 г. дебит составляет 7,67 т/сут, обводненность – 77,8%.

Еще в одной скважине, которая находилась в бездействии в связи с полностью обводненным пластом – скважине №3, также можно наблюдать положительное влияние данной технологии. Дебит нефти сразу после мероприятия в июне 2014 г. стал равным 9,5 т/сут при обводненности 10%. За 1,5 года работы дебит нефти уменьшился в 2,3 раза (3,98 т/сут), а обводненность – выросла в три раза (31%).

Зарезка бокового ствола в скважине №4 была проведена 29.12.2011 г. Скважина до проведения мероприятия была практически в бездействии из-за высокой обводненности, которая составляла 99%, и очень низкого дебита нефти – 0,2 т/сут. Благодаря бурению второго ствола удалось повысить дебит нефти до 4,2 т/сут и снизить обводненность до 4%. По состоянию на 01.2016 г. дебит нефти составляет 1,02 т/сут при обводненности 7,4%.

Если же взять в целом, то в результате зарезки БС в среднем дебит нефти увеличился в 18,5 раз, а обводненность снизилась в пять раз.

Скважин с нулевым или отрицательным технологическим эффектом не выявлено. Наименьший технологический эффект был получен в скважине №1, где дебит нефти составил 2,1 т/сут, наибольший – в скважине №2 (14,2 т/сут).

Изменение дебита нефти и обводненности в рассматриваемых скважинах до и после применения зарезки отражено на рисунках 1 и 2.

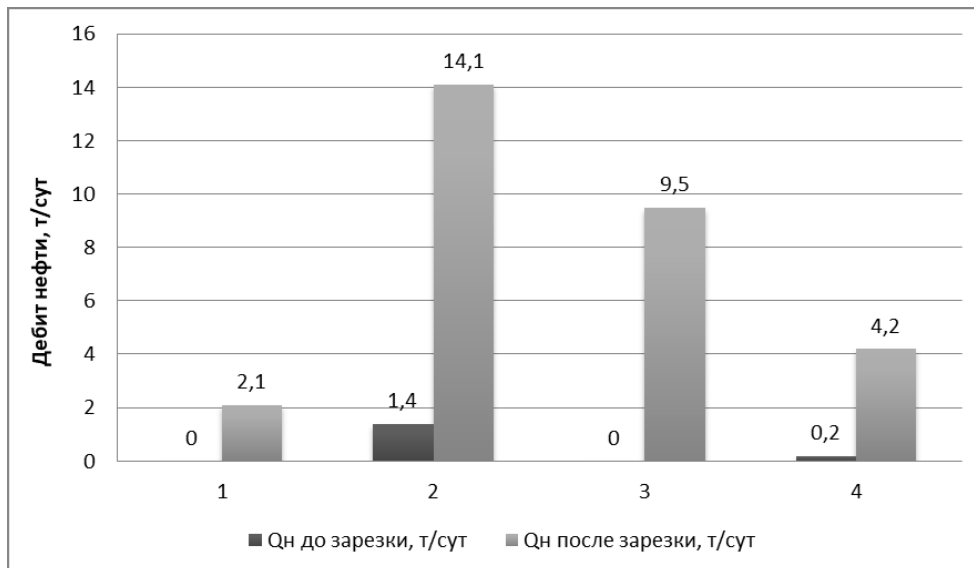


Рис. 1. Изменение дебита нефти до и после зарезки БС

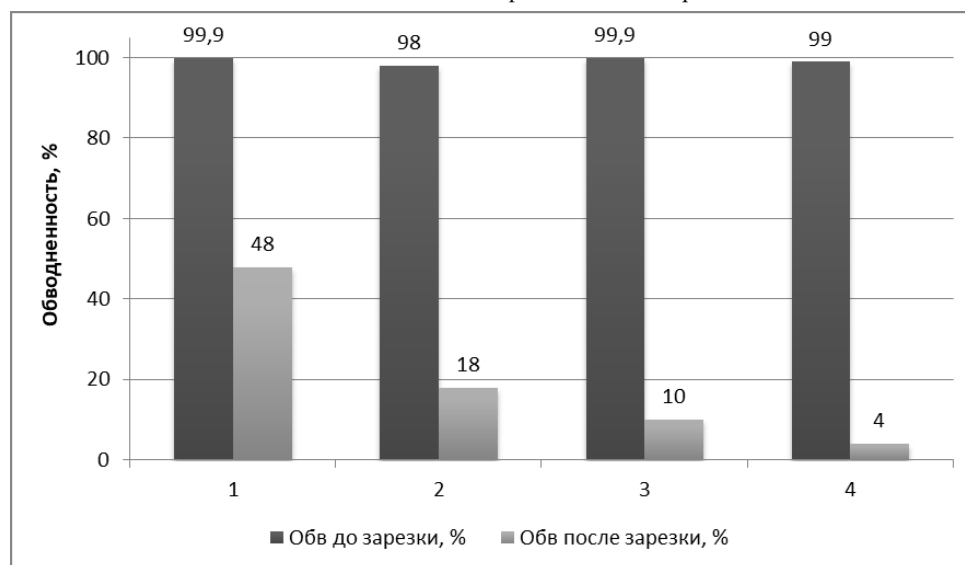


Рис. 2. Изменение обводненности до и после зарезки БС

Для дальнейшего анализа применения этой технологии рассматриваемые скважины разделены на две группы:

- а) скважины, в которых БС пробурен на те же пласты, что и основной ствол;
- б) скважины, в которых БС пробурен на иные пласты.

Следует отметить, что в первой группе скважин на эффективность данного метода увеличения нефтеотдачи влияет то, насколько точка вхождения бокового ствола в продуктивный пласт удалена от основного ствола. Также не стоит забывать, что и велико влияние соседних скважин, работающих на тот же пласт. В эту группу входят три скважины – №1, №2 и №3.

В скважине №1 БС вскрыл продуктивный пласт «а» на расстоянии 150 м от основного ствола.

В непосредственной близости от этой скважины, на расстоянии 365 и 465 м, данный пласт также вырабатывают две скважины, характеризующиеся более лучшими показателями, чем рассматриваемая скважина. Всего по состоянию на 01.2016 г. две соседние скважины вместе отобрали с пластов «а» и «б₂» 431,9 тыс. т жидкости и 310,6 тыс. т нефти. Возможно, на непродолжительный эффект повлияло недостаточное расстояние от основного ствола. Также можно предположить, что пласт «а» на участке вокруг скважины №1 просто исчерпал себя.

БС скважины №2 эксплуатирует пласты «б₁» и «б₂», которые также раньше эксплуатировались основным стволом. Расстояние между стволами также составляет 150 м. В радиусе 450 м от анализируемой скважины нет скважин, вырабатывающие пласт «б₁» и «б₂», все они эксплуатируют вышележащий пласт. Лишь на расстоянии 480 м от БС находится скважина, работающая на 3 пласта, в том числе и на «б₁» и «б₂», у которой на 01.2016 г. практически по всем пластам пашийского горизонта добыча жидкости и нефти составляет 2183,2 и 933,9 тыс. т, соответственно. Поэтому учитывая тот факт, что дебит нефти скважины №2 является практически в два раза выше среднего (7,67 т/сут), можно сделать вывод о том, что влияние ближней скважины в данном случае отсутствует.

В скважине №3 точка вхождения БС в продуктивный пласт удалена от основного ствола на 210 м. БС эксплуатирует пласты «а» и «б₁». Эти же пласты вырабатываются 4 соседними скважинами, которые располагаются в радиусе 225 – 400 м от БС. Показатели работы этих скважин несколько отличаются от показателей скважины №3. Так, среднесуточный дебит ближних скважин изменяется от 0,67 до 2,37 т/сут, а обводненность – от 20,7 до 94,5%. Об очевидном влиянии на работу БС со стороны этих скважин сказать нельзя, так как скважина характеризуется достаточно хорошим дебитом (4 т/сут) и низкой обводненностью (31%).

Эффективность реззки во второй группе скважин в основном зависит от прежней плотности сетки скважин на рассматриваемом участке. В данную группу входит скважина №4.

Объектом разработки данной скважины являются пласты «а» и «б₁», которые ранее основным стволом не эксплуатировались. Расстояние между БС и основным стволом составляет 70 м. Плотность сетки на участке скважины №4 до зарезки БС составляла 14,7 га/скв. После проведения мероприятия удалось уплотнить сетку до 13,4 га/скв. Однако показатели скважины №4 оставляют желать лучшего, так как даже несмотря на незначительную величину обводненности, дебит нефти составляет 1,02 т/сут. Также стоит отметить, что за весь период эксплуатации данная скважина добыла всего лишь 5,8 тыс. т нефти.

Исходя из того, что во всех анализируемых скважинах был получен эффект от зарезки БС, для первой группы скважин можно в дальнейшем рекомендовать, чтобы точка вхождения БС в продуктивный пласт была удалена от основного ствола не менее, чем на 150-200 м. Немаловажным фактором также является и расстояние до соседних скважин, эксплуатирующих те же пласты объекта. Рекомендованное расстояние до близлежащих скважин должна составлять не менее 200-250 м.

Для второй группы скважин, в которых планируется перевод БС на другие пласты, данное расстояние не имеет значения. В этом случае для более положительного эффекта рекомендуется, чтобы первоначальная плотность сетки скважин была не менее 15 га/скв.

В результате анализа эффективности применения бурения БС можно сказать о положительном эффекте применения данной технологии в пластах пашийского горизонта Восточно-Ленинградской площади Ромашкинского месторождения. При этом дополнительная добыча после зарезки на 01.2016 г. в скважине №1 составила 599 т., в скважине №2 – 8846 т., в скважине №3 – 4873 т., в скважине №4 – 1862 т. Всего благодаря применению зарезки БС по четырем скважинам на 01.2016 г. дополнительно добыто 16,2 тыс. т нефти, или 1,5 тыс. т в год на каждую скважину.

Литература

1. Лутфуллин Д.Н., Мухаметшин Р.З. Оценка технологической эффективности методов довыработки запасов высокообводненного пласта // *Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений: матер. Междунар. науч.-практич. конфер., посвященной 100-летию со дня рождения В.Д. Шашина. В 2-х т. Казань: Изд-во «Ихлас», 2016. Т. 2. С. 178–181.*
2. Муслимов Р.Х. *Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее: учебное пособие. Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2014. – 750 с.*
3. Мухаметшин Р.З., Минекаева Д.Р. Оценка эффективности зарезки боковых горизонтальных стволов в радаевско-бобриковских отложениях Ромашкинского месторождения // *Бурение и нефть. 2019. № 10. С. 23–26.*
4. Токарева Т.В. Опыт и эффективность бурения, эксплуатации боковых стволов на завершающей стадии разработки нефтяных месторождений // *Нефтегазовое дело. 2011. № 2. С. 457.*
5. Хисамов Р.С., Ибатуллин Р.Р., Петров В.Н. и др. Восстановление бездействующего фонда скважин на площадях Ромашкинского месторождения путем зарезки БС и БГС // *Технологии ТЭК. 2005. № 3. С. 31–35.*

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РИФЕЙ-ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Кожанов Дмитрий Дмитриевич

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, магистрант 2 года обучения,
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@oilsu.ru*

Заиченко Семён Шамилевич

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, студент 3 курса.,
г. Москва
e-mail: samzaichenko@gmail.com*

Научный руководитель: старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, к.г.-м.н, Большакова Мария Александровна

Аннотация: в статье приведен анализ изученности вопроса, рассмотрены основные геолого-геохимические характеристики, свойственные для органического вещества (ОВ) древних рифей-вендских (R-V) отложений России и зарубежных стран. В качестве опорных данных использовались результаты пиролиза, хромато-масс-спектрометрии и изотопного анализа углерода, полученные и опубликованные различными авторами.

Ключевые слова: рифей, венд, органическое вещество, протерозой, геохимия, пиролиз.

RIPHEAN-VENDIAN ORGANIC MATTER CHARACTERISTICS. REVIEW

Dmitrii Kozhanov

*Lomonosov Moscow State University, 1st year Master's Degree Student,
Moscow
e-mail: dimitriykozz@gmail.com*

Maria Bolshakova

*Lomonosov Moscow State University,
Senior Researcher at the Department of Geology and Geochemistry of oil and gas, PhD,
Moscow
e-mail: m.bolshakova@oilsu.ru*

Semen Zaichenko

*Lomonosov Moscow State University, 3^d year student,
Moscow
e-mail: samzaichenko@gmail.com*

Research Supervisor: Senior Researcher at the Department of Geology and Geochemistry of oil and gas, Candidate of Geology and Mineralogy, Maria Bolshakova

Abstract: the article discusses the main geological and geochemical characteristics of the organic matter of the ancient Riphean-Vendian deposits of Russian and foreign sedimentary basins. Review based on the published data of pyrolysis, gas chromatography-mass spectrometry and carbon isotope analysis.

Keywords: Riphean, Vendian, organic matter, Proterozoic, geochemistry, pyrolysis.

Введение. Цель работы: дать основные геолого-геохимические характеристики ОБ древних докембрийских отложений.

Вопрос выявления основных характеристик органического вещества рифей-вендских или, как принято говорить на Западе, докембрийских осадочных нефтегазоносных толщ был поставлен относительно недавно (в 60-70-е годы прошлого века), но при этом достаточно остро [10, 12, 17, 18, 19]. Необходимость изучения древних отложений стала понятна после открытия крупных месторождений в архей-протерозойских породах в Африке (формация Свазиленд), Северной Америке (Нонсачская формация), Австралии (бассейн Мак Артур), Китае (Сычуаньский бассейн), Омане и других странах.

Изначально перед исследователями стояло две важных задачи: изучение органического вещества (ОВ), его генезиса и геохимических характеристик, а также сингенетичности/эпигенетичности углеводородных флюидов (УВ) по отношению к докембрийскому комплексу.

Вопрос генетической связанности нефти с ОБ рифей-вендских толщ был окончательно решен в 70-80-х годах прошлого века. Открытие крупных месторождений на территории России, Австралии, Китая, Омана, а также их тесная связь с верхнепротерозойскими нефтематеринскими толщами (НМТ), натолкнули исследователей на вывод об их сингенетичности [8].

Дальнейшие исследования в области анализа изотопного состава углерода УВ и биомаркерных характеристик [18] подтвердили выдвинутые ранее предположения о возможном протерозойском источнике нефти в этих регионах, сделав изотопию и биомаркерный анализ основными методами для корреляции нефть-ОБ при поиске новых месторождений углеводородов, генерированных докембрийскими толщами.

Несколько позже были опубликованы данные геолого-геохимического анализа R-V толщ, проведенные на базе Московского Университета. Так, Н.Б. Вассоевичем, А.Н. Гусевой, Б.А. Соколовым, О.К. Баженовой [1, 2, 3] были сделаны революционные по тому времени выводы о возможной нефтегазоносности докембрийских осадочных толщ древних Сибирской и Восточно-Европейской платформ, которые впоследствии подкреплялись доводами А.Н. Золотовой, Е.С. Ларской, С.П. Максимова, К.Ф. Родионовой, В.М. Проворова, А.З. Кобловой и др [7].

Зарубежом данный вопрос тоже достаточно широко исследовался, благодаря чему в 70-80-е годы XX в. появилось значительное количество публикаций по этой тематике. Так, Д.М. МакКирди (1974-1982) было подмечено, что в пределах бассейнов Рупера и МакАртура имеются выдержанные толщи, обогащенные автохтонным ОБ, содержащие достаточно высокие концентрации Сорг. При этом, в соответствии с фаціальными особенностями накопления этих толщ (относительно глубоководные прогибы), а также, при учете зрелости ОБ этих толщ (нефтяное окно) [16], выводы о генетической связи нефтей вышележащих отложений с докембрийскими рифей становятся также в значительной степени оправданными.

Определение типа исходного органического вещества архей-протерозойских отложений представляет некоторую сложность, что бывает связано как с их древностью, так и с преобразованностью.

Из истории геологического развития, а также исходя из различных палеонтологических реконструкций и определений, на сегодняшний день известно, что в состав биоты входили преимущественно прокариоты (бактерии и цианобактерии) и эукариоты (примитивные водоросли, простейшие, грибы и т.д.) [13]. Осадконакопление, связанное с накоплением ОБ, происходило исключительно в морской среде в условиях аридного и умеренного климата (за исключением времени Лапландского оледенения).

Тем не менее, при изучении этих толщ, а также при проведении дополнительных геохимических исследований, определить генетический тип ОБ бывает крайне сложно. Основной проблемой является то, что кероген протерозойских толщ достаточно разнообразен по содержанию в нем макроэлементов, по отношению Н/С и О/С. В связи с чем, анализируя данные, полученные из различных докембрийских формаций мира, Д.М. МакКирди [19] было установлено наличие всех четырех типов исходного ОБ (I-IV).

Конечно, указанная особенность противоречит данным о биологическом разнообразии этого времени [15,20], что ставит под сомнение достоверность определения типа исходного органического вещества. В связи с чем, необходим комплексный анализ информации по вопросу геохимической характеристики органического вещества древних докембрийских толщ.

Анализ данных пиролиза

Показания пиролиза в значительной степени зависят от зрелости органического вещества. Тем не менее, в различных исследованиях и иностранных публикациях, авторы довольно часто проводят характеристику древних докембрийских толщ, основываясь именно на показаниях пиролиза пород и содержащегося в них органического вещества.

В целом, исходя из проведенных исследований, Д.М. МакКирди в своих статьях [19] приходит к выводу о специфичности керогена архей-протерозойских осадочных толщ, что заключается в следующем:

- 1) Изучаемые отложения достаточно редко содержат органический углерод в количестве, превышающем кларковые значения (0,5 %). Высокие концентрации ТОС выявлены в формации Барни-Крик (R_1) (от 0,2 до 10,4%), в формации Ялко (R_1) (от 0,8 до 5,4% ТОС), формации Велкерри (R_2) (от 0,9 до 7,2% ТОС). В целом максимальное содержание Сорг в архей-протерозойских породах увеличивается от самых древних до относительно молодых толщ в пределах изучаемого стратиграфического интервала;
- 2) Зачастую породы, обогащенные органическим углеродом сильно преобразованы и органика в них достигла субграфитовой и графитовой стадий;
- 3) Тем не менее, низкие концентрации органического углерода, при условии его высокой преобразованности, могут быть восстановлены до исходных значений [10, 11], результаты такого пересчета позволяют рассматривать эти толщ, как потенциально нефтегазопроизводившие;
- 4) Изучаемые отложения часто характеризуются низкими отношениями Н/С (в среднем <0,5), что, по мнению Д.М. МакКирди (1982), свидетельствует о значительной зрелости керогена и его остаточной природе. Увеличение показателя характерно лишь для обогащенных ОВ сланцев и, редко, глинистых карбонатов;
- 5) Помимо прочего, существенной проблемой является и определение типа исходного органического вещества. Так, помимо характерных для изучаемых толщ керогенов I и II типов, по результатам пиролитических исследований выделяется также псевдо III и IV типы, что объясняется, во-первых, значительной термической зрелостью отложений, а во-вторых, выветриванием (вызванным окислением). Указанное положение особенно хорошо согласуется с высокими ОI (> 30 мг CO_2 /г ТОС).

Анализ изотопных характеристик органического углерода

Исследованию изотопного состава углерода органического вещества докембрийских осадочных толщ уделено большее внимание в публикациях. Во-первых, изотопный состав углерода (δC^{13}) является чувствительным показателем по отношению к возрасту исследуемого вещества, а, во-вторых, данный метод позволяет проводить достаточно четкую региональную корреляцию ОВ и УВ.

По публикациям об изотопном анализе углерода ОВ рифей-вендских толщ, можно заключить следующее:

- Докембрийский кероген в целом изотопно легче фанерозойского, что связано с высокими парциальными давлениями CO_2 в атмосфере [14];
- Значительное облегчение изотопного состава углерода свойственно продуктам генерации ОВ, источником которого являлись метанотрофные бактерии и/или продукты аноксической переработки фото- автотрофов;
- Интересно, что величина изотопного отношения углерода варьируется для докембрийских керогенов в зависимости от типа исходного ОВ. Так, по словам Д.М. МакКирди (1972), кероген I и II типов изотопно легче (-20 - -35 ‰), тогда как кероген псевдо III и IV типов характеризуется значениями равными от -15 до -25 ‰. При этом установлено, что чем углерод керогена более изотопно легкий, тем больше он генерирует алифатических соединений.

Достаточно интересные результаты по изотопному анализу органического углерода нефтей Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна были получены А.З. Кобловой с соавторами [6]. Так, на открытом в 1983 году Чубойском нефтяном месторождении в кыновских отложениях, были выявлены аномально легкие по изотопному составу углерода нефти (до -31,8 ‰), нехарактерные для углеводородов, генерированных палеозойскими нефтегазоматеринскими породами. Этот факт, в совокупности с результатами газо-жидкостной хроматографии (высокие концентрации би-, три-,

тетрациклических углеводов), позволили авторам [6] сделать предположение о том, что Чубойская нефть была сгенерирована докембрийским ОВ. Несколькими годами позже [7], были обобщены данные по более чем 500 определениям изотопного состава углерода ОВ и нефтей Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. Так, было показано, что ОВ бавлинской свиты (нерасчленённая кровля рифей-вендских отложений), характеризуется изотопно легким составом углерода, в среднем – до $-31,5\text{ ‰}$.

Анализ данных хромато-масс-спектрометрии

Так же, как и для предыдущих методов, биомаркерные характеристики рифей-вендского ОВ даны преимущественно по статьям зарубежных ученых, абсолютное большинство из которых придерживается органического происхождения углеводов этих древних отложений [4,5,6,7,9].

Исходя из опубликованных данных, по биомаркерным характеристикам экстрактов из докембрийского органического вещества, можно сделать следующие выводы о связи между типом исходного органического вещества и молекулярным составом экстрактов:

- 1) Кероген I типа относительно богат водородом, в битумоидах преобладают члены гомологического ряда n -алканов от C_{25} и выше, простые ароматические углеводороды (бензол, толуол, этилбензол) и кислоты встречаются гораздо реже и обычно их содержание меньше алифатических УВ. Возможным предшественником указанного типа керогена являются богатые липидами планктонные хлорофиты, а также продукты преобразования цианобактериальной слизи, представленные впоследствии альгинтом [19];
- 2) В продуктах генерации керогена II типа обычно преобладают нормальные алканы в области n - C_{11} - n - C_{20} , с обычным преобладанием нечетных членов и пиками n - C_{15} , n - C_{17} . Его биологическим предшественником принято считать фоссилизированные остатки водорослей и простейших (битуминит), фрагментарные планктонные клетки водорослей и акритархов (липтодетринит). Созревание его происходит по схеме преобразования липтинита до микринита, а затем до фюзенита;
- 3) Органическое вещество, тип керогена для которого определяется как III и IV, по всей видимости происходит из продуктов преобразования цианобактериальной слизи, водорослевой и бактериальной ткани. При этом исходный состав керогена III типа наиболее близок по составу к витриниту, тогда как кероген IV типа ближе к фюзениту, по-видимому, подвергавшемуся частичному окислению в ходе раннего диагенеза. Алифатические компоненты керогенов III и IV типов обычно демонстрируют преобладание нечетного числа углерода в молекулах в диапазоне C_{10} и выше, что может быть биологическим маркером липидов клеточной стенки бактерий.

Таким образом, в настоящей статье были даны тезисные геохимические характеристики докембрийского органического вещества, которые могут явиться основой для дальнейших исследований. Изучение онтогенеза ОВ протерозойских толщ позволит выявлять новые прогнозные критерии при поисках углеводов в осадочных бассейнах древнего заложения.

Литература

1. Баженова Т.К., Беляева Л.С., Биккенина Д.А., Ипатов Ю.И., Макаров К.К., Неручев С.Г., Парпарова Г.М., Шуменкова Ю.М. Рассеянное органическое вещество верхнедокембрийских отложений платформ и его преобразование в процессе литогенеза (на примере Сибирской платформы). – VIII Международный конгресс по органической геохимии. Тезисы докладов. Том II, 1977. С.7-8;

2. Вассоевич Н.Б., Гусева А.Н., Лейфман И.Е., Соколов Б.А. Докембрийские нефтематеринские отложения. – VIII Международный конгресс по органической геохимии. Тезисы докладов. Том II, 1977. С. 5-6;

3. Гусева А.Н., Лейфман И.Е., Соколов Б.А. Геохимические предпосылки нефтегазоносности в докембрийских породах. – VIII Международный конгресс по органической геохимии. Тезисы докладов. Том II, 1977. С. 20-21;

4. Дахнова М.В., Желова Т.П., Можегова С.В. Генерационные характеристики ОВ и распределение биомаркеров в битумоидах нефтематеринских пород рифея, венда и кембрия Сибирской платформы. - Геология и геофизика, 2014, т. 55, № 5—6, с. 953—961;

5. Каширцев В.А., Конторович А.Э. Алкилстераны и алкилтриароматические стероиды новые биометки в докембрийских и кембрийских нефтях Непско-Ботуобинской и Алданской антеклиз (Сибирская платформа). - *Геология и геофизика*, 2006, т. 47, № 6, с. 812-819;
6. Коблова А. З., Фрик М. Г., Белоконь Т. В. Некоторые аспекты биогеохимии нефти северо-восточной части Волго-Уральской области // *Геохимия*. - 1979,- № 5.- С. 751–761;
7. Коблова А.З., Фрик М.Г., Белоконь Т.В., Проворов В.М. Применение изотопного состава углерода, для генетической идентификации нефти. X Всесоюзный симпозиум по стабильным изотопам в геохимии. Тезисы докладов. – М., 1984. – с. 173;
8. Конторович А. Э., Трофимук А. А., Башарин А. К., Беляев С. Ю., Фрадкин Г. С. Глобальные закономерности нефтегазоносности докембрия Земли. - *Геология и геофизика*, 1996, т. 37, № 8, с. 6-42;
9. Конторович А.Э., Тимошина И.Д., Филипов Ю.А. Состав углеводородов-биомаркеров в нефтях рифея Байкитской антеклизы. – *Геология нефти и газа*, №5, 2011. С. 78-83;
10. Barghoorn, E.S.; Meinschein, W.G.; and Schopf, J.W. 1965. Paleobiology of a Precambrian shale. *Science* 148: 461-472 p.;
11. Chao Li, Peng Ping'an, Sheng Guoing, Jiamo Fu. Precambrian organic matter. – *Chinese Science Bulletin*, 2000, Vol. 45, №4. P. 295-303;
12. Eglinton, G., and Calvin, M. 1967. Chemical fossils. *Sci. Amer.* ~(1): 32-43 p.;
13. Hoering, T.C. 1977. The stable isotopes of hydrogen in Precambrian organic matter. In *Chemical Evolution of the Early Precambrian*, ed. C. Ponnampertuma, pp. 81-86. New York: Academic;
14. Holland, Heinrich D. The oxygenation of the atmosphere and oceans. - *Phil. Trans. R. Soc. B* (2006) 361, 903–915;
15. J. William Schopf and Cornelis Klein. *THE PROTEROZOIC BIOSPHERE. A Multidisciplinary Study*. - Cambridge University Press 1992. P. 1348;
16. Jackson, T.A.; Fritz, P.; and Drimmie, R. 1978. Stable carbon isotope ratios and chemical properties of kerogen and extractable organic matter in pre-Phanerozoic and Phanerozoic sediments - their interrelations and possible paleobiological significance. *Chern. Geol.* 21: 335-350 p.;
17. Johns R.B.; Belsky T.; McCarthy E.D.; Burlingame A.L., Haug P.; Schnoes H.K.; Richter W.; and Calvin, M. The organic geochemistry of ancient sediments - II. *Geochim. Cosmochim. Acta* 30: p. 1191-1222, 1966;
18. Maria M. Pawlowska, Nicholas J. Butterfi eld1, and Jochen J. Brocks Lipid taphonomy in the Proterozoic and the effect of microbial mats on biomarker preservation. – *GEOLOGY*, 2012. doi:10.1130/G33525.1;
19. McKirdy D. M. and Hahn J. H. The Composition of Kerogen and Hydrocarbons in Precambrian Rocks. - *Mineral Deposits and the Evolution of the Biosphere*, eds. H.D. Holland and M. Schidlowski, pp. 123-154. Dahlem Konferenzen, 1982;
20. William M. White. *Encyclopedia of Geochemistry. A comprehensive reference source on the chemistry of the Earth*. - Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018. P. 1574.

УДК. 555.98.042

ЗОНЫ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ФУНДАМЕНТА – ВОЗМОЖНЫЙ ОБЪЕКТ ПОИСКОВ СКОПЛЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Попков Иван Васильевич

Кубанский государственный университет, молодой ученый,

г. Краснодар

e-mail: geoskubsu@mail.ru

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Попков Василий Иванович

Аннотация: При интерпретации сейсмических материалов в волновом поле ниже поверхности фундамента были выделены специфические аномальные объекты, которые могут быть интерпретированы как зоны разуплотнения метаморфических толщ. Предполагается, что они представляют собой локализованные участки дезинтегрированной и разуплотненной коры, образовавшиеся в результате эндогенного флюидо-динамического воздействия. При благоприятных условиях такие зоны могут содержать залежи нефти и газа.

Ключевые слова: Сейсморазведка, палеозой, зоны разуплотнения, нефть и газ.

ZONES OF FOUNDATION DECOMPRESSION – A POSSIBLE OBJECT FOR SEARCHING FOR OIL AND GAS ACCUMULATIONS

Ivan Popkov

Kuban state University, Young Researcher,

Krasnodar

e-mail: geoskubsu@mail.ru

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Vasily Popkov

Abstract: When interpreting seismic materials in the wave field below the foundation surface, specific anomalous objects were identified, which can be interpreted as zones of decompression of metamorphic strata. It is assumed that they are localized areas of disintegrated and decompressed crust formed as a result of endogenous fluid-dynamic influence. Under favorable conditions, such zones may contain oil and gas deposits.

Keywords: Seismic exploration, Paleozoic, decompression zones, oil and gas.

Породы фундамента долгое время не рассматривались в качестве перспективных объектов на поиски залежей углеводородов (УВ), и изученность их емкостно-фильтрационных параметров оставалась на крайне низком уровне. В пределах НГБ на скважинах, вскрывших первые метры пород фундамента, дальнейшее углубление не проводилось и бурение останавливалось. Открытие во второй половине прошлого столетия залежей нефти в породах фундамента на месторождениях Западной Сибири, Южном Мангышлаке, ДДВ, а также за рубежом позволило по-новому взглянуть на перспективы его нефтегазоносности и сегодня промышленные скопления УВ в фундаменте рассматриваются как вполне нормальное, а не аномальное явление.

Весьма важным для магматических и метаморфических коллекторов фундамента является тот факт, что вся совокупность их пустотного пространства, относимая к коллектору и способная удерживать пластовый флюид, имеет эпигенетическую природу, а сами коллекторы получили термин «нетрадиционные объекты» [5,7]. Формирование коллекторов в породах фундамента происходит под влиянием экзогенных и эндогенных факторов независимо от их состава и происхождения. К экзогенным факторам относятся процессы физического и химического выветривания, протекающие в поверхностных условиях, при выходе пород фундамента на дневную поверхность. Из эндогенных отметим разрывную тектонику и гидротермальную деятельность.

Несмотря на то, что к настоящему накоплен определенный материал по нефтегазоносности фундамента, вопрос о картировании ловушек УВ в его разрезе остается трудно решаемым [2-6]. В этом отношении может представлять геофизический материал по фундаменту Скифско-Туранской платформы.

При интерпретации сейсмических материалов в волновом поле ниже поверхности фундамента были выделены специфические аномальные сейсмические объекты в виде вертикальных неоднородностей шириной до 5 км и менее [1,8,9]. Аномалии обнаруживают признаки предположительно овальных структур. По всей видимости, они представляют локализованные зоны дезинтегрированной и разуплотненной коры, образовавшиеся в результате эндогенного флюидодинамического воздействия (рис.1-3). С позиций глубинной углеводородной дегазации подобные аномалии сейсмической записи могут рассматриваться как каналы разгрузки глубинных флюидов, расположенные в местах повышенной проницаемости пород фундамента. Некоторые исследователи отмечают, что формирование подобного рода структур во многом сходно формированию аппаратов грязевых вулканов.

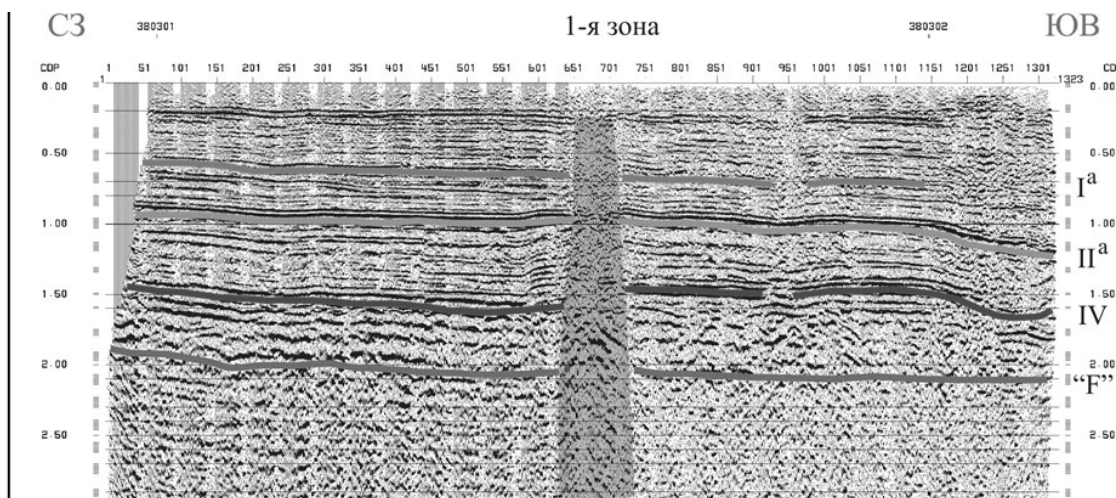


Рис. 1 Возможный канал разгрузки глубинных флюидов

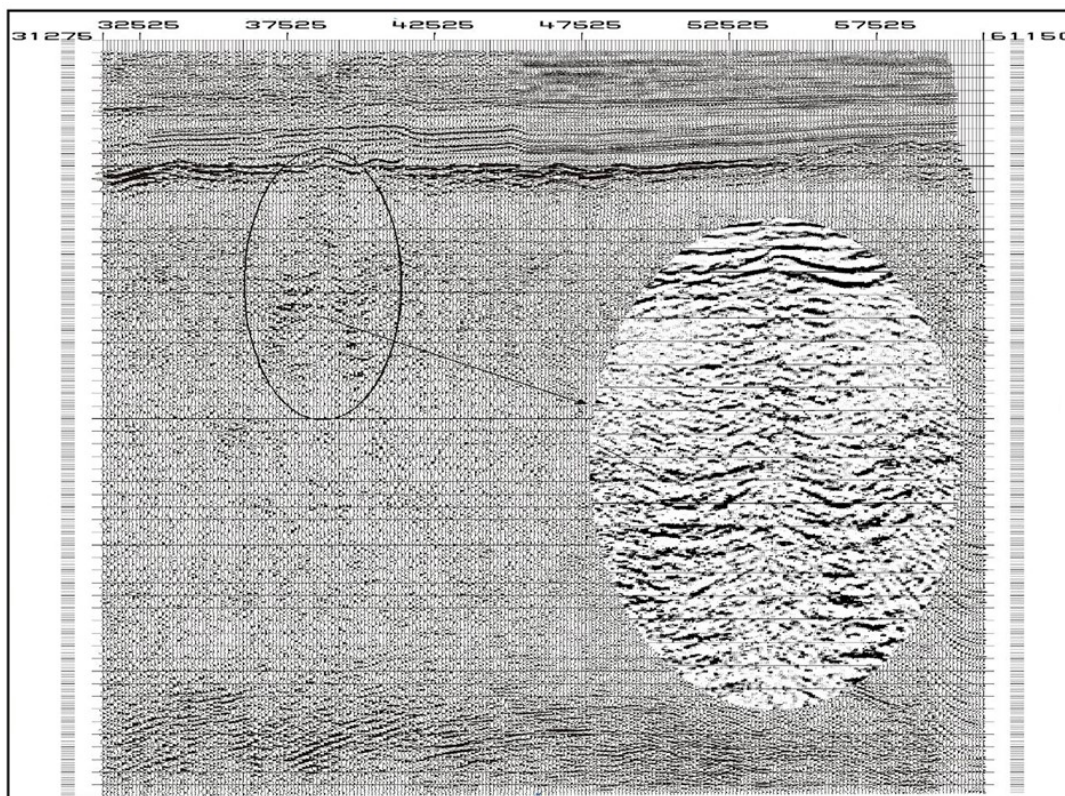


Рис. 2 Аномалия волнового поля, отражающая, вероятно, зону разуплотненной коры [1]

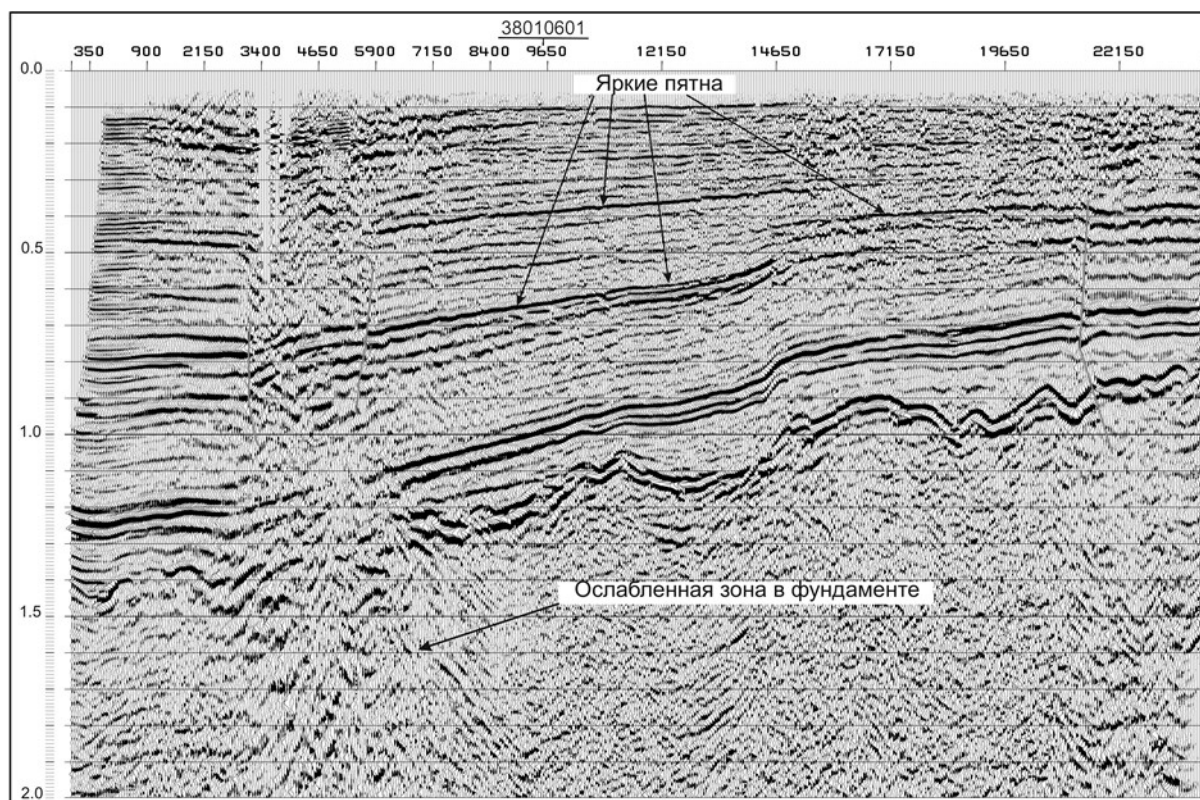


Рис. 3 Зона разуплотнения в фундаменте

Как известно, в зонах гидротермальной проработки существенно меняются физические свойства пород, что влечет за собой изменение их акустической жесткости и соответственно сказывается на их отражательной способности. В осадочном чехле, непосредственно выше поверхности фундамента, наблюдается "осветление" разреза, обусловленное, надо полагать, ослаблением акустической жесткости осадочных пород. Ухудшение отражательной способности пород, возможно, связано с их гидротермальной проработкой (в том числе дегазацией флюидов).

Отражение от поверхности фундамента на этом участке также отличается слабой амплитудной выразительностью. На времени 0,7-1,0 с заметно нарушение фазовой корреляции пакета отражений с признаками линзовидности и изменениями полярности, возможно, в зоне насыщения разреза флюидами (газом, мигрировавшим из глубины). Также наблюдается "проседание" осей синфазности с потерей их прослеживаемости по латерали в верхней части разреза, включая придонные осадки (см. рис. 3). Сейсмическая запись в верхней части разреза напоминает волновые картины, типичные для участков с газонасыщенной записью, хорошо читаемых на разрезах, полученных с помощью высокочастотной модификации сейсмозаписи МОГТ.

Как мы уже отмечали выше, поисковый интерес в низкопроницаемых породах, к которым относятся и породы фундамента, могут представлять зоны их тектонической дезинтеграции, связанные, прежде всего, с крупными разрывными нарушениями [2-4]. При выходе таких зон на поверхность древних размывов в их пределах могут активно проявляться гипергенные процессы, сопровождающиеся формированием кор выветривания.

На отдельных сейсмических разрезах внутри фундамента Скифско-Туранской платформы сейсмическая картина в консолидированных породах характеризуется специфическим изображением неоднородности, обусловленным, очевидно, наличием в его теле системы литостратических разрывов. На ряде сейсмических профилей отмечается развитие наклонных отражений, иногда прослеживающихся от поверхности фундамента до глубин 8 и более километров. Наклонные границы в фундаменте имеют углы падения от незначительных до 35° - 40°. Они расчленяют кору на серии литопластин и могут рассматриваться как внутрикоровые надвиги, образовавшиеся в результате горизонтального сжатия. На отдельных профилях видно, что некоторые трещины и сколы в фундаменте затухают в верхней части коры, не достигая поверхности фундамента. Наличие подобных дислокаций в консолидированной коре может сопровождаться развитием зон повышенной тектонической трещиноватости, которые при наличии благоприятных условий могут представлять практический интерес.

Основным фактором вторичных преобразований пород, слагающих фундамент, является вертикальная миграция флюидов, обогащенных агрессивными компонентами, отождествляемая с гидротермальными процессами [5]. Последние приводят к эпигенетическим изменениям разнонаправленного действия: формированию высоких емкостно-фильтрационных параметров, с одной стороны, и залечиванию свободной емкости с другой.

Несомненно, что проблема нефтегазонасности фундамента весьма непростая, требующая решения целого ряда фундаментальных вопросов, касающихся генезиса нефти и газа, методики геолого-геофизических работ, прогноза ловушек нефти и газа и др.

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. 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.
2. Паламарь В.П., Попков В.И., Рабинович А.А. О возможности открытия зон нефтегазонакопления жильного типа // *Доклады АН СССР*. 1981. Т. 257. № 4. С. 968-970.
3. Попков В.И. Жильные зоны нефтегазонакопления: условия образования, строения, методика поисков и разведки // *Генезис нефти и газа*. М.: Ин-т проблем нефти и газа РАН, 2004. С. 63-72.
4. Попков В.И. Разломы земной коры: не только каналы миграции, но и зоны аккумуляции нефти и газа // *Геология, география и глобальная энергия*. 2012. № 3 (46). С. 23-28.
5. Попков В.И., Попков И.В., Ларичев В.В. Условия формирования коллекторов в породах фундамента // *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территории*. Уфа: Мир печати, 2020. С. 119-124.
6. Попков В.И., Рабинович А.А., Туров Н.И. Модель резервуара нефтяной залежи в гранитном массиве // *Геология нефти и газа*. 1986. № 8. С. 27-31.
7. Попков В.И., Серебряков А.О. Нетрадиционные нефтегазонасные объекты. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. 183 с.
8. Савченко В.И. К вопросу о перспективах нефтегазонасности 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.
9. Сенин Б.В. Нефтегазонасность 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

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД КАМЫШЛИНСКОГО ГОРИЗОНТА НА ПРИМЕРЕ МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ

Мударисова Раушания Айдаровна

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, аспирант 3 года обучения,
г. Казань,
e-mail: rayshania@mail.ru*

Тухватуллин Айнура Маратович

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 1 года обучения,
г. Казань
e-mail: ainurik19988@gmail.com*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Успенский Б.В., г. Казань, borvadus@rambler.ru

Аннотация. В работе представлены основные литотипы пород камышлинского горизонта по литолого-петрографическим исследованиям, а также основные факторы, ухудшающие фильтрационно-емкостные свойства коллекторов.

Ключевые слова: карбонаты, шлифы, коллекторские свойства, оолит, доломит.

INFLUENCE OF SECONDARY PROCESSES ON THE RESERVOIR PROPERTIES OF CARBONATE ROCKS OF THE KAMYSHLA BEDS OF THE MELEKESS DEPRESSION

Raushaniia Mudarisova

*Kazan (Volga region) federal university, 3st year Student Post-graduate Student,
Kazan,
e-mail: rayshania@mail.ru*

Ainur Tukhvatullin

*Kazan (Volga region) federal university, 1st year Master's Degree Student,
Kazan,
e-mail: ainurik19988@gmail.com*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Boris Uspensky

Abstract: The paper presents the main lithotypes of rocks of the Kamyshla Beds according to lithological and petrographic studies, as well as the main factors that worsen the reservoir properties of reservoirs.

Keywords: carbonates, thin sections, reservoir properties, oolite, dolomite.

Горское месторождение СВН приурочено к крупной структуре, расположенной в краевой части восточный борта Мелекесской впадины. Продуктивными на месторождении являются отложения нижнеказанского подъяруса, в частности карбонатные породы камышлинского горизонта, который слагается, главным образом, доломитами реликтово-органогенными, оолитовыми, нередко кавернозные от желтовато-серых, темно-коричневых до черных расцветок за счет битума. Из органических остатков в них встречаются частые раковины брахиопод, мшанок, водорослей. В нижней части горизонта доломиты более плотные, бедные органическими остатками, трещиноватые, загипсованные, иногда глинистые.

Описание шлифов было произведено по стандартной методике из петрографии осадочных пород [1,2]. При микроскопическом описании кернового материала выявлены его литологическая и петрофизическая неоднородность, а также произведена оценка степени насыщения пород органическим веществом. По этим критериям была создана коллекция представительных образцов карбонатных пород камышлиского слоя разного литотипа.

При описании шлифов используется просвечивающий поляризационный микроскоп исследовательского класса «AxioImager» (CarlZeiss, Германия). Для определения минеральных фаз использовались последовательно наблюдения при двух положениях николей (|| и +).

По описанию микро- и макроописанию зерна горные породы нижеказанского яруса представлены:

1. Доломит оолитовый. Более подробное описание оолитового доломита показано в работе[3].

Оолитовый доломит без четко выраженного центра и лучей (псевдооолитовый) (рис.1 А, В). Упаковка ооидов наблюдается плотная. Основная масса породы представлена оолитом резко выраженной эллипсоидальной, вытянутой формы, реже округлой, размером от 0,15 мм до 0,6 мм, сложены они тонкозернистым доломитом (0,01-0,03 мм). Цемент – мелкозернистый (15-20%), крустификационный, сгустковый, пойкилитовый. Распределение пор равномерное, битумонасыщение сплошное, более или менее интенсивное. Тип коллектора поровый.

Доломит оолитовый, с четко выраженным центром и сферическими оболочками (рис.1 С). Ооиды, чаще всего, разобщены. Цементом служит тонкозернистый доломит и гипс, по типу мелкозернистый крустификационный, базальный, сгустковый, пойкилитовый. Реликты тонкозернистого первичного доломита встречаются в центре оолитов и в цементе. Поры и каверны разнообразной угловатой, неправильной формы, образованные путем полного или частичного выщелачивания зерен доломита, слагающих оолиты, агрегата оолитов вместе с цементом, либо в результате диагенитической перекристаллизации первичного тонкозернистого доломита.

Доломит мелкокомковатый, реликтивно-органогенный, местами оолитовый (рис.1 D). Встречаются фрагменты мшанок, кораллов. Комки сложены тонкозернистым карбонатным веществом, местами комки сцементированы тонкозернистым кальцитом, неравномерной цементации. Фильтрация осуществляется по межзерновым каналцам, образованным в участках диагенитической и эпигенетической перекристаллизации, а также по удлинённым микроканалам, образованным от слияния межзерновых каналцев.

2. Доломит реликтивно-органогенный, мелкокомковатый. Реликты органических скелетов (членики криноидей, мшанки, водоросли) сложены мелкозернистым доломитом. Цементом чаще всего служит мелкозернистый доломит. Пористость определяется, главным образом, порами диагенитической перекристаллизации, вторичными порами выщелачивания, а также кавернами. Поровое пространство или целиком выполнено битумом, или отмечаются примазки битума на стенках пор и каверн. Фильтрация осуществляется через межзерновые каналы и микротрещины.

Доломит реликтивно-органогенный, мшанковый, коралловый (рис.1 E). Доломит с включениями гипса с высокой степени раскристаллизации. Заполнение битума происходит не по порам, а по органике.

Доломит тонкозернистый, водорослевой, псевдооолитовый (рис.1 F). Комковатые псевдооолитовые выделения имеют размер сотые доли мм.

Доломит фитозоогенный, биоморфный, комковатый, пелитоморфный, фузулинидовый, в породе присутствуют органические остатки, представленные фораминиферами с хорошей сохранностью (рис.1 G). Первичное пустотное пространство - межформенные и внутрiformенные пустоты; вторичное - каверны сообщающиеся, зигзагообразной округлой (натечные корочки) формы. Пустоты слабо неравномерно заполнены остаточным битумом, либо кальцитом среднезернистым, либо игольчатыми кристаллами гипса вторичного происхождения, трещиноватый (трещины заполнены ангидритом), либо местами среднезернистыми, местами игольчатыми кристаллами ангидрита.

3. Доломит комковато-пористый. Участками поры выполнены тонкозернистым карбонатным материалом, по периферии пор оторочки повышенной битуминосности. Кроме этого пустотное пространство заполнено гипсом и ангидритом (рис.1 H).

4. Доломит тонкозернистый. Доломит практически однородный, с редкими порами, частично заполненными кальцитом или гипсом, частично пустые. Размер зерен в пределах первых тысячных долей мм, а поры размером до десятых долей, неправильной формы, часто угловатые, часто округлые (рис.1 I).

5. Доломит неяснослоистый, глинистый, тонкозернистый. Наблюдаются точечные выделения органического вещества, прожилки заполнены гипсом (рис.1 J).

6. Известняк комковато-сгустко-детритовый с обломочным мелкопсаммитовым материалом (рис.1 K). Сложен комковатыми и сгустковыми образованиями, мелким реликтовро-органогенным детритом (коллоиднозернистым) и примесью обломочного материала, с кристаллами кварца в пустотах, редко пирита, слюды. Местами пустотное пространство заполнено песчаником мелкозернистым, граувакковым. Цемент – кальцитовый, местами базальный, местами контактовый - сгустковатый, пойкилитовый. Тип пустотного пространства - поровый, межформенный, заполненный кальцитом и остаточным битумом.

7. Песчаник, мелкозернистый, граувакковый. Породообразующим минералом является кварц, второстепенные - слюды, аутигенные - сульфиды. Цемент по составу мономинеральный, кальцитовый (рис.1 L).

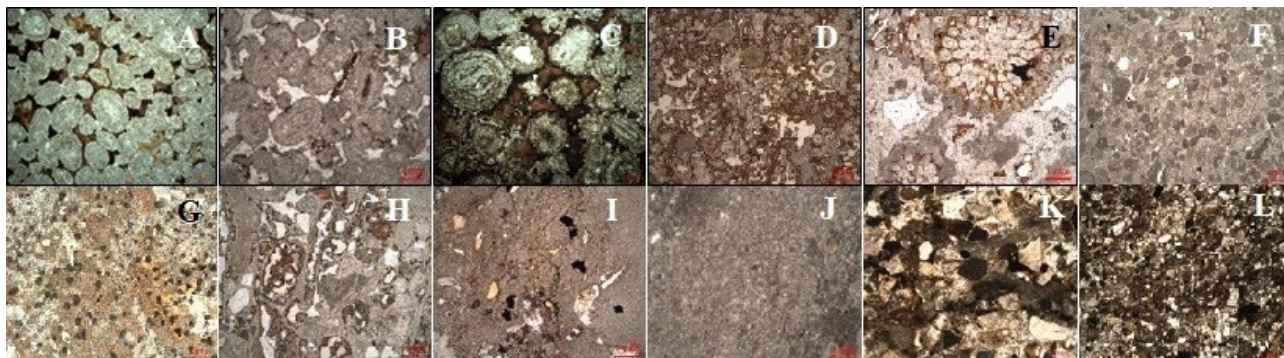


Рис.1. Фото шлифов. А, В-оолитовый доломит без четко выраженного центра и лучей (псевдооолитовый);

С - доломит оолитовый, с четко выраженным центром и сферическими оболочками; D - доломит мелкокомковатый, реликтивно-органогенный, местами оолитовый; E - доломит реликтивно-органогенный, мшанковый, коралловый; F - доломит тонкозернистый, водорослевой, псевдооолитовый; G - доломит фитозоогенный, биоморфный, комковатый, пелитоморфный, фузулинидовый; H - доломит комковато-пористый; I - доломит тонкозернистый; J - доломит неяснослоистый, глинистый, тонкозернистый; K - известняк комковато-сгустко-детритовый с обломочным мелкопсаммитовым материалом; L - песчаник, мелкозернистый, граувакковый.

Разрез камышлинского горизонта сложен разными литотипами пород: преобладающими являются доломиты реликтивно-органогенные, оолитовые, комковатые с подчиненными прослоями известняков и терригенных пород в кровельной части.

Лабораторные анализы битумонасыщенности показали дифференцированную концентрацию битумов в пределах Горского месторождения СВН. Выделяются даже участки с концентрацией битума менее 1% по весу. При этом эти участки обладают хорошими коллекторскими свойствами $m = 5-20\%$, $K_{пр} - \text{до } 500 \text{ мД}$). В некоторых скважинах наблюдается чередование интенсивно и слабобитумонасыщенных пород. В результате микроизучения структуры порового пространства оказывается, что в слабобитумонасыщенных породах-коллекторах размеры пор и каналов более часто бывают крупнее, чем в коллекторах интенсивно насыщенных. На коллекторские свойства карбонатных пород камышлинского горизонта оказывают влияние постседиментационные процессы, в первую очередь это сульфатизация и кальцитизация.

Сульфатизация. Гипс и ангидрит встречается повсеместно, заполняют пустоты вторичного происхождения. Игольчатые кристаллы гипса, вторичного происхождения, трещиноватые, иногда трещины заполнены ангидритом. Кристаллы ангидрита среднезернистые, местами игольчатые.

Кальцитизация. Среднекристаллический кальцит, также заполняющий пустотное пространство, встречается не повсеместно. Вторичная кальцитизация наиболее часто затрагивает реликтивно-органогенные и оолитовые разности доломитов, вероятно возникла в процессе образования различных геохимических барьеров.

Сульфатные и карбонатные барьеры, где обменные реакции приводят к осаждению сульфатов и карбонатов, создавая эпигенетическое огипсование и кальцитизацию. Образование вторичного кальцита в оолитовых доломитах происходило после раскрытия залежей нефти в ловушках разного типа, что совпало практически с их разрушением.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90060».

Литература

- 1. Н.К.Фортунатова [и др.]. Атлас структурных компонентов карбонатных пород, М.: ВНИГНИ, 2005, 440 с.*
- 2. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Часть 2 Карбонатные породы / Под. редакцией А. В. Хабакова, М: Недра, 1968, 700 с.*
- 3. Мударисова Р.А., Волков Ю.В., Успенский Б.В., Андрушкевич О.Ю. Изучение оолитовых карбонатов раннеказанского возраста Восточного борта Мелекесской впадины // Экспозиция Нефть Газ, 2020, №4, С. 28–32.*

УДК 552.5, 550.4

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОТЛОЖЕНИЙ ТАНОПЧИНСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРО-ТАМБЕЙСКОЙ ПЛОЩАДИ

Сухих Алина Олеговна

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, магистрант
2 курса, г. Томск
e-mail: alina.sukhikh96@gmail.com*

Афонин Игорь Викторович

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, молодой ученый,
г. Томск
e-mail: heaven05@list.ru*

Научный руководитель: *к.г.-м.н., доцент, Афонин Игорь Викторович*

Аннотация: Работа посвящена исследованию условий седиментации танопчинской свиты в пределах Северо-Тамбейского месторождения. По результатам исследования было установлено двучленное строение свиты. Нижняя подсвита была сформирована в переходных обстановках, субконтинентальным генезисом – мелководных бассейнов. Верхняя подсвита характеризуется сходных с центральными частями заливов и лагун.

Ключевые слова: танопчинская свита, Северо-Тамбейское месторождение, литолого-фациальный анализ, условия осадконакопления, литогеохимическая характеристика.

LITHOLOGICAL-FACIES ANALYSIS OF CRETACEOUS DEPOSITS ON THE EXAMPLE OF THE TANOPCHINSKAYA SERIES WITHIN THE NORTH-TAMBEYSKAYA AREA

Alina Sukhikh

*National research Tomsk State University, 2nd year Master's Degree Student,
Tomsk
e-mail: alina.sukhikh96@gmail.com*

Igor Afonin

*National research Tomsk state university, Young Researcher,
Tomsk
e-mail: heaven05@list.ru*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Igor Afonin*

Abstract: The work is devoted to the study of the sedimentation conditions of the Tanopchinskaya series within the North-Tambey field. According to the results of the study, a two-member structure of the formation was established. The lower sub-series was formed in transitional settings, by subcontinental genesis - shallow-water basins. The upper sub-series is characterized by bays and lagoons similar to the central parts.

Keywords: Tanopchinskaya series, North-Tambey field, lithological-facies analysis, sedimentation conditions, lithogeochemical characteristics.

Танопчинская свита (К1tnp). Впервые выделена Ю.Н. Карогодиным в 1963 г. в разрезе Танопчинской разведочной скв. 2. Подстилающими породами танопчинской свиты являются отложения ахской свиты. В разрезе свиты можно выделить две различающиеся по строению и условиям образования подсвиты: нижнюю – готеривскую и верхнюю – баррем-аптскую. Нижняя

часть свиты (проницаемые пласты ТП17–ТП26) входит в состав зареченского горизонта, верхняя часть свиты (проницаемые пласты ТП1–ТП16) отнесена к покурскому надгоризонту [4].

Основным инструментом исследования являются результаты структурно-текстурный анализ керна, данные рентгеноструктурного анализа (РСА) в количестве 22 образцов и данные масс-спектрометрии индуктивно связанной плазмы (ICP MS) в количестве 23 образцов. Работы выполнены в лаборатории Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» (НИ ТГУ). Для диагностики условий седиментации были использованы следующие геохимических коэффициентов: Sr/Ba (индикатор солености), Ce/Ce* (индикатор мористости), Eu/Eu* (индикатор Eh), La/Yb (индикатор фракционирования лантаноидов), а также нормирование спектров к PAAS [2,3,5].

Нижняя подсвита (K1tnp1) вскрыта в интервале глубин 2470-2640 м (рис. 1). Она сложена переслаиванием светло-серых алевролитов с светлыми песчаниками и серыми глинами. В текстурном плане отмечается преобладание волнистых, слабо слоистых текстур и субгоризонтальных тонкопереслаивающихся текстур с хорошей сортировкой материала. По разрезу часто встречаются следы перерывов в осадконакоплении и перемива ранее образовавшихся пород. Это проявляется в довольно плохой сортировке светло-серых алевролитов со светлыми песчаниками, где текстура пород полого- и линзовидно-волнистая со следами взмучивания (2515-2516 м). Также это можно наблюдать в подошве свиты где несколько раз повторяется идентичные перерывы в осадконакоплении с неровным контактом между светло-серыми алевролитами со слоистостью горизонтальной и переслаивающимися светлыми песчаниками со светло-серыми алевролитами с ярко-выраженной волнистой текстурой (2633 и 2638 м). Разрез подсвиты с размывом перекрыт регионально выдержанной глинистой пачкой, выделенной как нейтинская [4].

В минералогическом плане отмечается общее преобладание кварца (52-84 %), меньшим распространением характеризуются полевые шпаты (калиевые (3-12 %) и натриевые (7-22 %)), спорадически отмечается кальцит от 2 до 14 %. Сумма глинистой компоненты варьирует от 2 до 14 % с явным преобладанием каолинита.

Верхняя подсвита (K1tnp2) слагает основную часть разреза танопчинской свиты, вскрыта на интервале 1800-2295 м (рис. 1). Представлена типично угленосной сероцветной формацией. Для этой части разреза характерно неравномерное чередование песчано-алевролитовых и глинистых горизонтов, меняющихся по площади и по разрезу, с различными литологическими переходами; текстура горизонтальная равномерная, полого-волнистая параллельная, а также волнистая смешанная.

Кровлю танопчинской свиты на территории месторождения Северо-Тамбейском целесообразно провести на отметке 1807 метров (рис. 1). Здесь аргиллиты тёмно-серые с грубой волнисто-косослоистой текстурой сменяются на мощные пласты песчаников светло-серых, мелкозернистых с массивной или слабовыраженной слоистой текстурой. Аналогичных выше залегающих тёмно-серых аргиллитов с грубой волнисто-косослоистой текстурой в разрезе свиты не было. Для пород верхней подсвиты на протяжении всего разреза характерно наличие хорошо выраженных остатков детрита и наличие угленосных пластов, мощность которых меняется от нескольких десятков сантиметров до 2 метров (рис. 1). В текстурном плане были отмечены косо-волнистая слоистость, преимущественно тонкое (3 – 8 мм) субгоризонтальное переслаивание темноокрашенного и более светлого алевролитов, с достаточно хорошей сортировкой материала (рис. 1), а также полого-волнистая слоистость.

Минералогически породы сложены кварцем (56-87 %), полевыми шпатами (калиевыми (1-12 %) и натриевыми (3-21 %)). По сравнению с нижней подсвитой более широко развиты карбонатные минералы: кальцит (4-17 %), доломит (5-27 %) и сидерит (1-7 %). Сумма глинистой компоненты варьирует от 2 до 13 % с явным преобладанием каолинита.

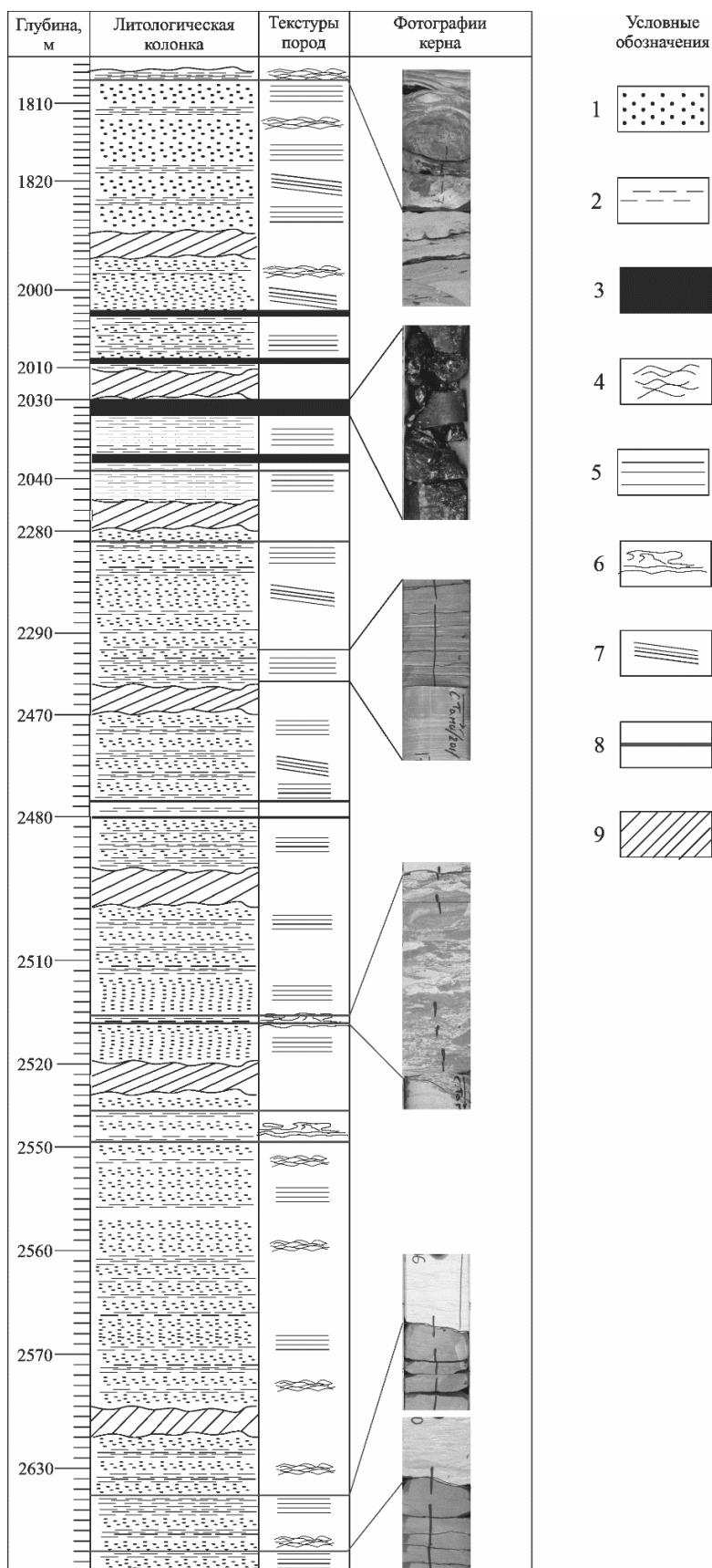


Рис. 1. Литологическая колонка таночинской свиты (K1np), вскрытой на Северо-Тамбейской площади на интервале 1807-2640 м.

Условные обозначения:

- 1) песчаник; 2) алеврит; 3) угольный пласт; 4) волнистая слоистость; 5) горизонтальная слоистость; 6) взмучивание; 7) косая слоистость; 8) перерыв в осадконакоплении; 9) отсутствуют образцы

Литогеохимическая характеристика отложений, вскрытых скважиной на Северо-Тамбейской площади, базируется на 23 ICP-MS анализах. Анализ результатов ICP-MS позволил определить химизм бассейна осадконакопления, физико-химические условия постседиментационных преобразований и оценка возможностей геохимических индикаторов для корреляции осадочных разрезов.

Нижняя подсвета (K1tp1) представлена 11 образцами. Нормированные спектры характеризуются незначительной степенью дифференциации, что свидетельствует о значительной степени перемыва осадка. Для спектров отмечается слабо положительная аномалия церия и положительная аномалия европия, что может свидетельствовать об опресненных/слабосоленых водоемах с восстановительными условиями седиментации.

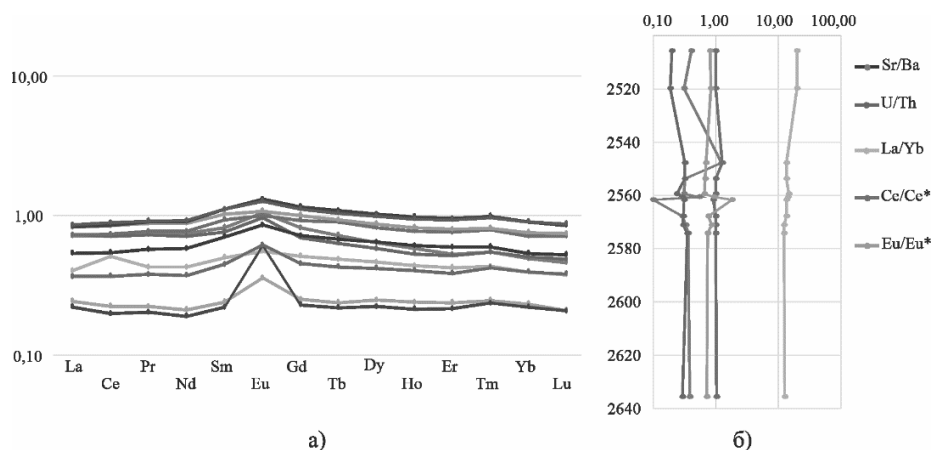


Рис. 2. а) Характеристические спектры редкоземельных элементов, нормированные к PAAS; б) Распределение геохимических параметров по разрезу для отложений нижней подсветы танопчинской свиты (K1tp1), вскрытой на Северо-Тамбейской площади на интервале 2470-2640 м.

Формирование исследуемых пород происходило в слабосоленом бассейне ($Sr/Ba=0,10-0,56$). С локальным всплеском до 1,24. Для пород нижней подсветы также характерна слабо переменные окислительно-восстановительные обстановки ($Eu/Eu^*=0,68-1,84$) и терригенный механизм концентрирования редкоземельных элементов ($La/Yb=12,42-20,32$). Отношение Ce/Ce^* на протяжении почти всего разреза в пределах единицы, за исключением двух образцов на глубинах 2560,59 и 2561,62 м и принимает значения 0,97 и 0,94 соответственно. Отношение Ce/Ce^* позволяют предполагать, что формирование происходило на некотором удалении от береговой линии, предположительно в зоне удаленного пляжа.

Верхняя подсвета (K1tp2) представлена 12 образцами. Морфология нормированных спектров однообразна, что подчеркивает стабильность условий седиментации. Спектры характеризуются положительным наклоном кривой с явным преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми. Для спектров отмечаются слабо выраженные аномалии церия и европия, что может фиксировать континентальные/субконтинентальные обстановки опресненных водоемов со слабо восстановительными условиями.

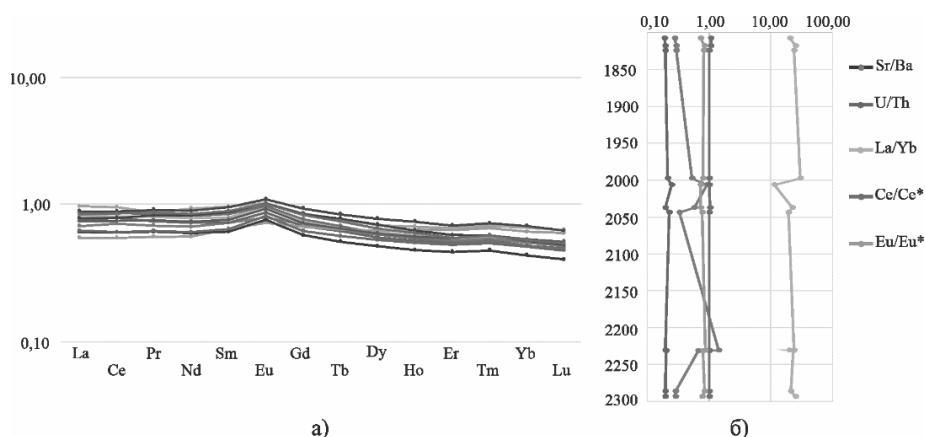


Рис. 3. а) Характеристические спектры редкоземельных элементов, нормированные к PAAS; б) Распределение геохимических параметров по разрезу для отложений для отложений верхней подсветы танопчинской свиты (K1tp2), вскрытой на Северо-Тамбейской площади на интервале 1800-2295 м.

Формирование исследуемых пород происходило в преимущественно опресненном бассейне седиментации с локальными всплесками солености ($Sr/Ba=0,28-1,42$). Бассейн седиментации характеризуется преобладающе терригенным механизмом концентрирования лантаноидов ($La/Yb=11,64-30,33$) с переменной окислительно-восстановительной средой седиментации ($Eu/Eu^*=0,73-1,88$). Отношение Ce/Ce^* стабильно на всем разрезе больше или равно 1, что позволяет говорить, что формирование осадочных толщ происходило на окраино-континентальной обстановке.

Результаты проведенного исследования керн, текстурных особенностей пород танопчинской свиты и анализ результатов геохимического исследования показали, что отложения нижней подсвиты танопчинской свиты формировались в условиях открытого подвижного бассейнового мелководья. Во время накопления отложений верхней подсвиты условия сменились. Породы верхней подсвиты формировались в условиях заливно-лагунного побережья [1]. Таким образом, условия осадконакопления танопчинской свиты в пределах Северо-Тамбейской площади соответствует прибрежно-морским условиям осадконакопления.

Работа выполнена в рамках Госзадания Министерства Науки и высшего образования РФ (проект № 0721-2020-0041).

Литература

1. Алексеев В. П. Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО-Югра). Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2014. 284 с.
2. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 278 с.
3. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2005. 289 с.
4. Скоробогатов В.А., Строганов Л.В., Копеев В.Д., Геологическое строение и газонефтеносность Ямала // М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. 352 с.
5. Тейлор С.Р., Мак-Ленан С.М. Континентальная кора: её состав и эволюция. М.: Мир, 1984. 384 с.

ОСОБЕННОСТИ МОЛЕКУЛЯРНОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА НЕФТЕЙ ЗАЛЕЖЕЙ ВАН-ЕГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВАРЬЕГАНСКИЙ МЕГАВАЛ)

Ямалетдинова Адель Айратовна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, магистрант 2 года
обучения,
г. Москва
e-mail: 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 разных структурных элементов осадочно-породных бассейнов, а использование метода резервуарной геохимии помогает выявлять особенности строения природных резервуаров и залежей, контролировать процессы испытания и эксплуатации скважин, тем самым оптимизируя разведку и разработку месторождений. В работе показана геохимическая значимость отдельных аналитических параметров, рассмотрен молекулярный состав нефтей залежей Ван-Еганского и близ расположенных месторождений, а также проведен биомаркерный анализ.

Ключевые слова: Варьеганский мегавал, Ван-Еганское месторождение, органическое вещество, нефтематеринская толща, биомаркерный анализ.

FEATURES OF THE MOLECULAR AND CARBON ISOTOPIC COMPOSITION FROM THE OIL DEPOSITS OF THE VAN-YEGAN FIELD (VARIEGAN MEGA SHAFT)

Adel Iamaletdinova

*Lomonosov Moscow State University, 2nd 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 content of various structural elements of sedimentary rock basins, and the use of reservoir geochemistry helps to identify the structural features of natural reservoirs and deposits, to control well testing and operation, thereby optimizing field exploration and development. The paper shows the geochemical significance of individual analytical parameters, considers the molecular oil composition from the Van-Egan and nearby fields and also performs a biomarker analysis.

Keywords: Variegan mega shaft, Van-Yegan field, organic matter, source rock, biomarker analysis.

Для выявления закономерностей распределения свойств и состава нефтей по площади и разрезу Варьеганского мегавала были исследованы 10 проб нефтей залежей юрского, неокомского и апт-сеноманского нефтегазоносных комплексов (Н Г К) Ван-Еганского (№559, скв. 25, 2831-2836 м; №2100, скв. 144, 2113-2117 м; №2081, скв. 110, 967-970 м), Варьеганского (№4, скв. 17, 2075-2079 м; №527, скв. 102, 2496-2500 м), Северо-Варьеганского (№2940, скв. 211, 2943-2950 м; №2939, скв. 12П, 3465-3469 м; №311, скв. 50, 2396-2402 м) и Западно-Варьеганского месторождений (№1123, скв. 197, 3070-3082 м; №2077, скв. 192, 2825-2845 м). Эти пробы нефтей были исследованы в лаборатории кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых МГУ имени М. В. Ломоносова. Анализ нефтей включал исследование молекулярного состава хемофоссилий методом газовой хроматографии (ГХ) и изотопного состава углерода методом масс-спектрометрии.

В распределении нормальных и изопреноидных алканов средних фракций (C₉-C₃₅) нефтей отмечаются общие черты и некоторые различия. Изученные нефти можно условно разделить на две группы.

Нефти первой группы, к которой относятся пробы из юрских залежей Ван-Еганского месторождения (скв. 25, 2831-2836 м), Западно-Варьганского (скв. 197, 3070-3082 м) и Северо-Варьганского (скв. 211, 2943-2950 м), а также из залежей неокомского Н Г К Ван-Еганского (скв. 144, 2113-2117 м) и Северо-Варьганского (скв. 50, 2396-2402 м) характеризуются сходным одномодальным распределением н-алканов, в которых доминируют относительно низкомолекулярные гомологи с максимумом на н-C₁₄₋₁₇.

Вторая группа включает нефти, которые также характеризуются одномодальным распределением, но при этом максимальный пик явно не выражен, происходит плавное понижение концентраций от н-C₉ к н-C₃₅. К данной группе относятся нефти Варьганского месторождения (скв. 102, интервал 2496-2500 м) из юрского Н Г К, а также Варьганского (скв. 17, 2075-2079 м) и Западно-Варьганского (скв. 192, 2825-2845 м) из неокомского Н Г К.

На фоне всех остальных нефтей совершенно четко по распределению алканов средней фракции выделяется проба нефти из залежи апт-сеноманского Н Г К Ван-Еганского месторождения (скв. 110, интервал 967-970 м), которая обладает достаточно выраженным нафтеновым фоном, отсутствующим на хроматограммах других нефтей (рис. 1). Пики нормальных алканов незначительной высоты – низкая концентрация, содержание изопреноидов C₁₈-C₂₀ превышает концентрации н-алканов. Большой нафтеновый фон и низкие концентрации алканов нефти можно интерпретировать как воздействие процессов биодегradации в залежи – признак возможного бактериального окисления части лабильных к биодегradации углеводородов (У В) [2].

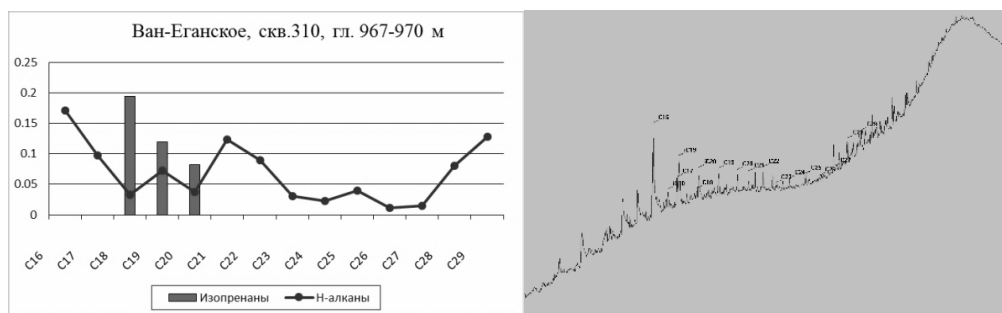


Рис. 1. Распределение алкановых углеводородов в нефти сеноманской залежи Ван-Еганского месторождения

Масс-спектрометрические исследования [1] состава высокомолекулярных нафтеновых УВ, главным образом, гопаанов (по «осколкам» ионизации - m/z 177, 191), показывают наличие в данной нефти диметилированных 25-норгопановых структур, что указывает на позднюю стадию биодегradации нефти Ван-Еганского месторождения в залежи, когда алкановые УВ уже должны быть полностью окислены. Авторы исследования нефти предполагают, что нефть была деградирована, но в дальнейшем в залежь могли поступить У В мигрировавшие из нижних залежей и/или нефтегазоматеринских пород. Данный вывод подтверждает интерпретацию Г Х (рис. 1).

Нефть из палеозойской залежи Северо-Варьганского месторождения также обладает другим, непохожим на уже описанным, распределением алканов. Превалируют относительно высокомолекулярные гомологи нормальных алканов с максимумом на н-C₁₆₋₂₂.

Расчитанные коэффициенты по соотношению алканов (табл.) характеризуют направленность изменения соотношения У В, которые указывают на геолого-геохимические процессы, воздействующие на исходное органическое вещество (О В) на разных стадиях литогенеза и на нефть в залежи.

Большая часть нефтей характеризуются относительно невысокими близкими к единице значениями отношения пристана к фитану ($Pr/Ph = 0.92-1.57$). Этот коэффициент свидетельствует о накоплении и преобразовании исходного О В в относительно восстановительных условиях седименто- и раннего диагенеза.

Высоким значением данного коэффициента (3.44) характеризуется нефть из палеозойской залежи, что указывает на накопление О В в относительно окислительных обстановках в прибрежно морских или континентальных условиях.

Различия между изучаемыми нефтями проявляются и в относительном содержании ациклических изопреноидов. Для выявления данных различий был использован коэффициент $K_i = (i-$

$C_{19+i}-C_{20})/(n-C_{18}+n-C_{17})$, который отражает соотношение изопреноидных и нормальных алканов и может служить относительным показателем зрелости нефтей. Считается, что количество n-алканов в процессе увеличения температуры во время преобразования О В и/или нефти в залежи увеличивается, а относительное соотношение изопреноидных алканов остается прежним [3].

Таблица

Коэффициенты по соотношению алканов в нефтях

Скважина, интервал	Возраст, пласт	K_i	Pr/Ph	Ph/n-C ₁₈	Pr/n-C ₁₇
Северо-Варьеганское					
скв. 12Р, гл. 3465-3469	PZ	0.16	3.44	0.075	0.247
скв. 211, гл. 2943-2950	J ₁ , Ю ₁ ¹	0.55	1.6	0.507	0.574
скв. 50, гл. 2396-2402	K ₁	0.58	1.29	0.513	0.635
Варьеганское					
скв. 102, гл. 2496-2500	J ₁	0.55	1.57	0.469	0.622
скв. 17, гл. 2075-2079	K ₁ , БВ ₈ ⁰	0.72	1.26	0.711	0.73
Западно-Варьеганское					
скв. 197, гл. 3070-3082	J ₂	0.61	1.83	0.49	0.695
скв. 192, гл. 2825-2845	K ₁ , АЧ	0.71	1.34	0.645	0.764
Ван-Еганское					
скв. 25, гл. 2831-2836	J ₁	0.65	0.92	0.741	0.571
скв. 144, гл. 2113-2117	K ₁ , БВ ₇	0.67	1.35	0.603	0.739
скв. 310, гл. 967-970	K _{2cm} , ПК ₂	1.54	1.46	2.485	1.224

Помимо описанных выше коэффициентов, также используются соотношения $Pr/n-C_{17}$ и $Ph/n-C_{18}$ для определения состава исходного О В и геохимических обстановок преобразования О В в диагенезе. На графике Шанмугама, построенному по вышеупомянутым соотношениям, практически все пробы находятся в поле прибрежно морского генезиса, но для палеозойской нефти имеется тенденция смещения в сторону поля континентальных обстановок (рис.2).

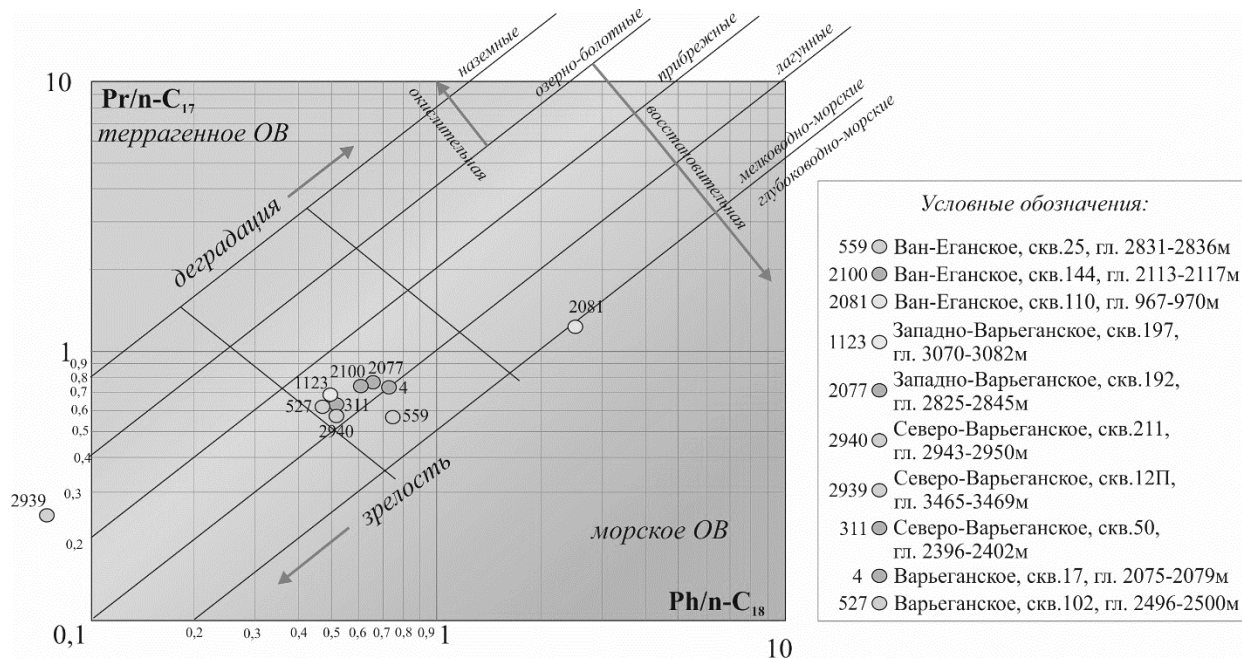


Рис.2. Модифицированная диаграмма Шанмугама (1998) по соотношению $Pr/n-C_{17}$ и $Ph/n-C_{18}$

Также из графика следует, что исходным для всех исследуемых нефтей из юрских и меловых залежей было О В смешанного преимущественно сапропелевого типа, а для нефти палеозойской - преимущественно гумусового. Нельзя точно определить источник О В, но можно сказать, что в его составе принимали участие, как липиды водорослевого вещества, так и высших растений. Помимо этого, на графике учитывается степень зрелости нефти, которая увеличивается к началу координат. Все пробы нефтей – зрелые, но прослеживаются более повышенные значения зрелости для палеозойской нефти и пониженные для нефти из апт-сеноманкой залежи, что совпадает с интерпретацией других данных.

Если рассматривать нефти отдельно в пределах каждого месторождения, то прослеживается четкая тенденция к уменьшению коэффициента K_i с увеличением преобразованности нефтей: от палеозойской (0.16) до раннемеловой (0.58) в Северо-Варьеганском, от раннеюрской (0.55) до раннемеловой (0.72) в Варьеганском, от среднеюрской (0.61) до ачимовской (0.71) в Западно-Варьеганском и от раннеюрской (0.65) до апт-сеноманской (1.54) в Ван-Еганском месторождениях, что показывает увеличение количества н-алканов с глубиной.

Предварительно нефти для характеристики изотопного состава углерода разделялись на насыщенную и ароматическую фракции, три пробы также были деасфальтированы. По полученным данным рассчитывался параметр $\delta^{13}C$. На графике (рис. 2) четко выделяется нефть из палеозойской залежи Западно-Варьеганского месторождения, которая характеризуется повышенными значениями $\delta^{13}C$ в сравнении с другими (увеличение стабильных изотопов ^{13}C), попадая в область террагенного О В. Таким образом, можно предполагать генезис исходного О В, генерировавшего данную нефть, и нефти юрских и меловых залежей. Все остальные нефти находятся в области морского О В, но в целом заметно районирование вдоль линии увеличения зрелости, то есть условно можно оконтурить две области. Так меловые пробы нефти наименее зрелые и наиболее изотопно легкие, палеозойские – наиболее зрелые, а промежуточное положение занимают юрские нефти.

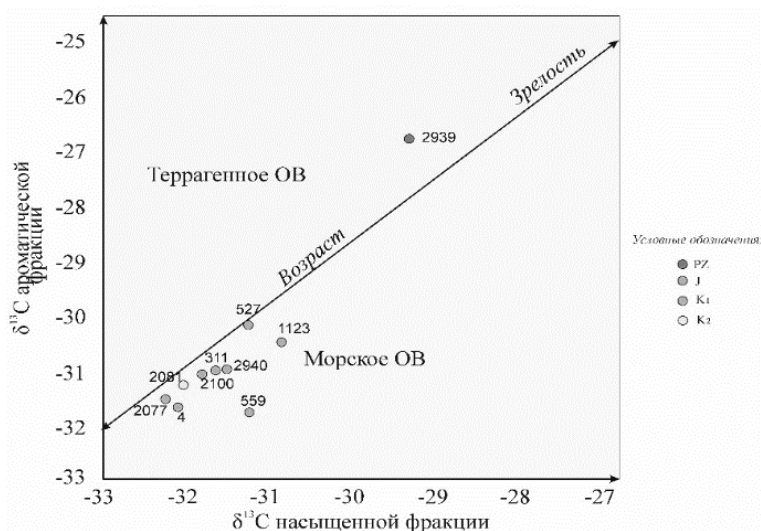


Рис. 3. Изотопный состав углерода нефтей Варьеганского мегавала

Анализируя полученные данные изотопного состава углерода, также можно отметить, что практически все пробы имеют схожее распределение по направленности линий от насыщенных к ненасыщенным структурам. Ароматическая фракция, как более полярная, тяжелее насыщенной, но данная закономерность нарушается в пробе 559 - нефть раннеюрской залежи Ван-Еганского месторождения. Также отличный угол кривой имеет палеозойская нефть, углерод ароматической фракции которой значительно тяжелее, чем насыщенной, в сравнении с другими пробами, что возможно связано с миграцией легких изотопов углерода.

Таким образом, при интерпретации данных молекулярного состава нефтей Варьеганского мегавала было установлено, что для нефтей из юрских и меловых залежей исходное О В нефтегазоматеринских пород характеризуется смешанным преимущественно сапропелевым типом, накопление которого происходило в относительно-восстановительных условиях в морских обстановках. Такие обстановки характерны для баженовской свиты, которую выделяют как основную для нефтей неокотского Н Г К. Изотопный состав углерода всех проб довольно близок, что вместе с остальными исследованиями подтверждает схожий тип исходного О В. Среди изученных проб

выделяется нефть палеозойской залежи, которая отличается пониженным содержанием ациклических изопреноидов, высоким значением отношения Pr/Ph, превалированием относительно высокомолекулярных n-алканов, а также, согласно данным изотопного анализа, характеризуется увеличением тяжелого изотопа ^{13}C , что в сумме свидетельствует об участии в генерации нефти преимущественно континентального типа исходного О В. Преобразованность исследованных нефтей уменьшается от нефти палеозойской до нефти сеноманской залежи, так как последние обогащены ациклическими изопреноидами, это же подтверждается данными изотопного состава углерода. Также, судя по высокому нафтеновому фону, низким концентрациям n-алканов и присутствию 25-норгопанов, нефть сеноманской залежи Ван-Еганского месторождения подвергалась биодеградаци.

Литература

1. Каширцев В. А. и др. Биомаркеры и адамантаны в нефтях из сеноманских отложений севера Западной Сибири // *Геология и геофизика*. – 2013. – Т. 54. – №. 8. – С. 1227-1235.
2. Петров А. А. *Углеводороды нефти*. М., Наука, 1984, 263 с.
3. Петровская Т. К. *Флюидное соотношение в залежах неструктурного типа: Дис. Канд. Геол. – минерал. Наук.* / МГУ им. М. В. Ломоносова. Геол. Фак. Каф. Геологии и геохимии горючих ископаемых. – М., 1993. – 157 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ТАУДЕНИ И ВОЛЬТА (ЗАПАДНАЯ АФРИКА)

БАЛЛО Мамаду Бабаджан

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант 3 курса,
Пермь*

e-mail: babadjanmamadoub@gmail.com

Научный руководитель: *заведующий кафедрой д.г.-м.н., профессор Карасева Татьяна Владимировна*

Аннотация: Осадочные бассейны Таудени и Вольта являются древними относятся к внутриконтинентальному типу, и сформировались на Западно-Африканском кратоне. Осадконакопление в этих бассейнах началось с протерозоя. Они в значительной степени не изучены геологическими методами и бурением. Газ был обнаружен в разведочной скважине (Аболаг-1) в 1974 в бассейне Таудени вовремя бурения, но в бассейне Вольта на данное время не было никаких признаков углеводородов. В данной работе рассматриваются особенности строения, истории развития бассейнов.

Ключевые слова: бассейн Таудени, бассейн Вольта, Западно-Африканский кратон, тектоника, стратиграфия.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE SEDIMENTARY BASINS OF TAOUDENI AND VOLTA (WEST AFRICA)

BALLO Mamadou Babadjan

*Perm State National Research University, postgraduate student 3rd course,
Perm*

e-mail: babadjanmamadoub@gmail.com

Research Supervisor: *Head of the Department, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Professor Tatiana Karaseva*

Abstract: The sedimentary basins of Taoudeni and Volta are of the Ancients, of the inland type, and were formed on the West African Craton. Sedimentation in these basins began in the Proterozoic. They are largely unexplored by geological methods and drilling. Gas was discovered in an exploration well (Abolag-1) in 1974 in the Taoudeni Basin during drilling, but there were no signs of hydrocarbons in the Volta Basin at the moment. In this work, we examined the structures, the development history of the basins.

Keywords: Taoudeni Basin, Volta Basin, West African Craton, tectonics, stratigraphy.

В Западной Африке можно выделить более древние и молодые группы осадочных бассейнов, причем бассейны бывают двух основных типов (внутриконтинентальные бассейны и прибрежные бассейны). Древними осадочными бассейнами являются Таудени и Вольта, оба относятся к внутриконтинентальным типу, и сформировались на Западно-Африканском кратоне [2].

Западно-Африканский кратон (ЗАК) представляет собой платформу, которая выходит на поверхность в виде двух щитов: щит Регуйбат на севере и щит (Лео) на юге. Кратон простирается от гор Анти-Атлас в Марокко до Гвинейского залива и ограничен подвижными поясами с молодыми породами на севере, востоке и западе. Самые древние породы были метаморфизированы 2,9–2,5 миллиарда лет назад. Кратон образовался в архейское и палеопротерозойское время. Три основные тектоно-термические события отмечены в ЗАК: леонский орогенез от 3,5 до 2,9 млрд лет, либерийский орогенез от 2,9 до 2,8 млрд лет и эбурнский орогенез 2,15–1,8 млрд лет. Результаты этих

орогенезов сильно влияли на геодинамические процессы, контролирующие стабилизацию и созревание кратона после перехода от архейского к протерозойскому.

В мезопротерозое 1.7 млрд. лет назад не было никаких крупных тектонических событий, это позволило пройти кратонизация. В начале Неопротерозоя в пределах ЗАК произошло несколько событий, обусловленных континентальным распадом. Наиболее важным событием является формирование бассейна Таудени и горы Анти-Атласа.

В конце Неопротерозоя ЗАК подвергался тектоническому движению на всех своих границах, начиная с севера в Анти-атласе, на востоке вдоль Транс-сахарского пояса, на юге вдоль Рокелидов и на востоке вдоль Мавританидов. Это привело к частичной мобилизации границ и метаморфизму кратона[2].

Западно-Африканский кратон (ЗАК) состоит из трех Архейских и Палеопротерозойских, Нижнепротерозойских (Карепская КР) метаморфических и магматических щитов, разделенных двумя внутрикратоническими осадочными бассейнами. Он включается в себя: на юге – щит Мэн; на севере щит Регуйбат; и на крайнем севере - пояс Анти-атласа. Бассейн Таудени находится в центре, на юго-востоке, а на севере - бассейн Тиндуфа. Щиты Мэн и Регуйбат составлены архейскими породами на западе. На щите Мэн большая часть ЗАК состоит из палеопротерозойских пород. Щит Регуйбат содержит палеопротерозойские комплексы в восточной части, а также архейские, содержащие кимберлиты [5]. На рисунке 1 представлены основные структурные элементы Западной Африки.

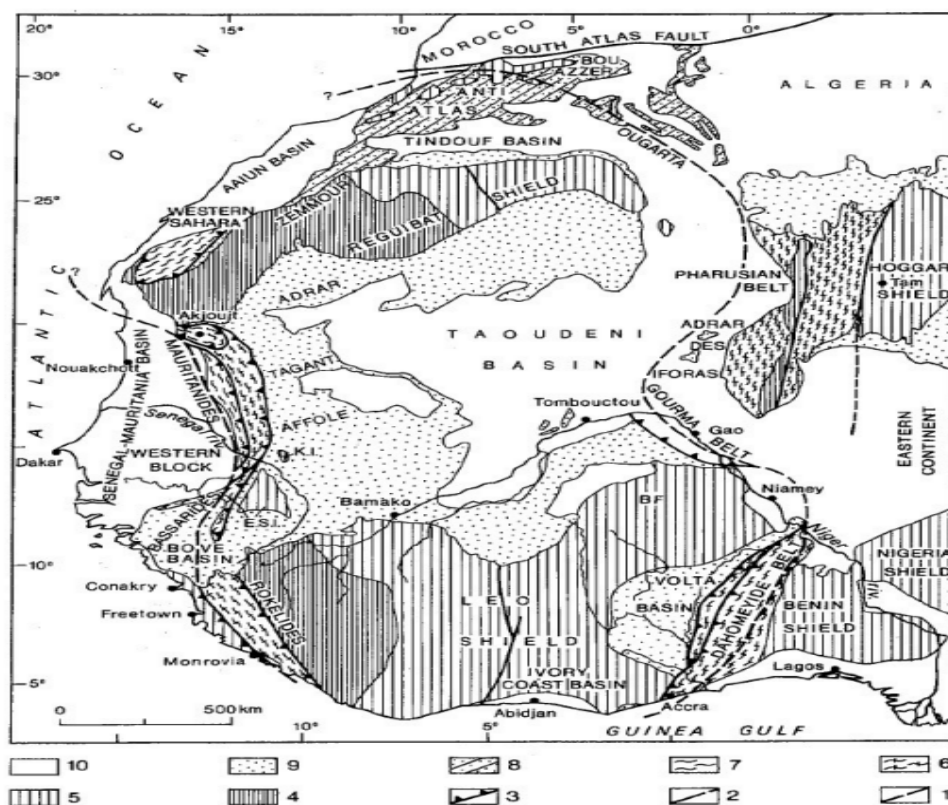


Рис. 1 Основные структурные элементы докембрия и палеозоя Западной Африки. (Roussel and Lesquer, 1991).

- Условные Обозначения: 1- границы Западноафриканского кратона, 2. -рифт, 3.- перекрытие, 4.- верхнеархейский фундамент, 5.- нижний протерозойский фундамент, 6.- Панафриканский орогенез, 7.- верхнепалеозойский орогенез, 8.- верхнепротерозойско-палеозойские отложения, 9. - верхнепротерозойско-верхнепалеозойские отложения, 10.- постпалеозойские отложения [3].

Бассейн Таудени, одна из основных структурных единиц Западноафриканского кратона (ЗАК), является крупнейшим осадочным бассейном в Африке и имеет площадь около двух миллионов квадратных километров. Он расположен по центру кратона, хорошо развит на территории Мавритании, Мали и незначительно простирается на Алжир, Буркина-Фасо и Сенегал. В бассейне Таудени зафиксирована прерывистая история осадконакопления, охватывающая период от мезопротерозоя до наших дней. Бассейн Вольта с площадью 145 700 км², находится на юго-востоке ЗАК и пересекает территории Ганы, Того, Бенина, Буркина-Фасо и Нигера. Он расположен на юго-востоке хребта Лео/Мэн, имеет примерно форму полугруши, примыкая к хребту Дагомейидов (панафриканская цепь) на большей части своей длины. Он ориентирован ЮЮЗ-ССВ с протяженностью

более 800 км и шириной 40 км в северной части и более 260 км в южной части. Он залегает несогласно на докембрийских метаморфических породах фундамента.

Внутрикратонные бассейны образуются в результате эпейрогенного деформирования или растяжения и рифтинга тектонически стабилизированной коры. Погружение в этих бассейнах может продолжаться от десятков до сотен миллионов лет. Оба бассейна содержат отложения разного типа в основном от верхнего протерозоя до палеозоя по возрасту и включают фации, интерпретируемые как продукты двух древних оледенений, одно в инфракамбрии, другое в верхнем ордовике [3].

Бассейн Таудени характеризуется длительным, но медленным опусканием с многочисленными перерывами в осадконакоплении, наличием множественных и часто смещающихся депоцентров и ограниченными свидетельствами тектонической активности во время осадконакопления. Среда осадконакопления в бассейне, была в основном континентальной, большая часть седиментации также имела место в мелководных эпиконтинентальных морях (Allen & Allen 2005). Осадочный чехол бассейна Таудени мало деформирован и скорость осадконакопления низкая.

Осадочные породы в бассейне Вольта фиксируют его эволюцию от кратонного, эпиконтинентального бассейна к пассивной окраине, последняя сформировалась во время панафриканского орогенеза (Affaton et al., 1991) [1].

Геофизические (магнитные) исследования выявили общую структуру фундамента ЗАК, показав несколько крупных депоцентров (Bayer & Lesquer 1978; Toft et al. 1992). Бассейн Таудени был разделен на восемь суббассейнов (Villeneuve 2005), но только три содержат значительные количества отложений: суббассейн Адрара (Adrar) на северо-западе, суббассейн Хэнк (Hank) на северо-востоке и суббассейн Ходха (Hodh) в центральной западной части бассейна. Глубина этих депоцентров превышает 6000 м. Они разделены обнажениями фундамента, ограниченными крупными структурными разломами, которые испытали серьезный тектонизм в течение протерозоя и позже реактивировались в ответ на изменение тектонических напряжений. Бассейн Таудени в Мавритании перекрыт архейскими и палеопротерозойскими плутоническими и метаморфическими Регуйбатского щита, который составляет северный сегмент ЗАК. Панафриканская цепь, известная как цепь Дагомейдов, составляет восточную часть структуры бассейна Вольта. Он граничит в своей южной части вогнутой формой с современными осадочными образованиями и четвертичными отложениями и расположен на юго-западной окраине кратона. Он принадлежит к панафриканскому дагомейдскому циклу, в возраст от 600 до 500 лет и пересекает Гану, Того, Бенин и Нигерию [4]. Цепь Дагомейдов примыкает к бассейну Вольта и составляет шарнирную зону между кратонами Западноафриканского и Конга. Осадочные чехол образованы отложениями от верхнего протерозоя до современных и не деформирован кроме восточной части, которая сильно складчатая, образуя западную окраину Дагомейдов. К востоку постепенно выделяются складчатость и метаморфизм [5]. Его тектоника, связанная с панафриканским орогенезом, который привел к асимметричной форме бассейна, потому что восточная часть сильно складчатая, образуя западную окраину дагомейдов (Dahoméyides). К востоку постепенно выделяются складчатость и метаморфизм [1].

В бассейне Таудени встречены в основном песчаники, карбонаты, а также сланцы с органическими веществами. В бассейне Вольта, кроме песчаников и карбонатов, отмечены тиллиты, гематит и глицигенные отложения, а обогащенные органическим веществом сланцы не выявлены.

Из ходя из проведенных разведочных работ В Таудени обнаружили две нефтяные системы (в Силуре и в Рифей), тогда как в Вольте не выявлены признаки таких систем, никаких признаков углеводородов. Тем не менее оба бассейны могут содержать полезные ископаемые такие как уран, железо и другие.

Литература

1. Antonio M. M. *Chemostratigraphy of Neoproterozoic cap carbonates from the Volta Basin, West Africa: an unusual Proterozoic petroleum play in Western Africa: the Atar Group carbonates (Taoudeni Basin, Mauritania)* // *Geological Society London*. 2016. № 261512305. p. 3-10.
2. Jing Ye. *Évolution Topographique, Tectonique et Sédimentaire Syn- à Post-rift de la Marge Transformante Ouest Africaine* // *Sciences de la Terre Université*. 2016. № 01419963. p. 30-58.
3. Read H. H., Janet Watson. *Volume 2 Earth History Part I Early Stages of Earth History: The African Cratons Introduction to Geology* // *Imperial College of Science and Technology University of London UK*: 2005. p. 123.
4. Susannah M. Porter. *Chemostratigraphy of Neoproterozoic cap carbonates from the Volta Basin, West Africa* // *sciencedirect*. 2003. № 130 (2004) 99–112. p. 2-4.
5. Wright J.B. *Geology and Mineral Resources of West Africa* // *Imperial College of Science and Technology University of London UK*: 1985. № 978-94-015-3932-6 p. 16.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УЧЕТ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНЫХ КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Козырев Никита Дмитриевич

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, аспирант
четвертого года обучения,
г. Пермь
e-mail: nikitonkozyrev@gmail.com*

Кочнев Александр Александрович

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, молодой ученый,
г. Пермь
e-mail: sashakoch93@gmail.com*

Научный руководитель: д.т.н., профессор, Путилов Иван Сергеевич

Аннотация: В работе рассмотрен вопрос проявления масштабного эффекта фильтрационно-емкостных свойств, определенных на стандартных и полноразмерных образцах керна карбонатного объекта со сложной структурой порового пространства. Проведена статистическая обработка результатов исследования керна материала, выявлено проявление масштабного эффекта в качественной и количественной мере. Приведен методический подход для учета масштабного эффекта при создании куба абсолютной проницаемости в геолого-гидродинамической модели пласта изучаемого объекта.

Ключевые слова: масштабный эффект, керн, абсолютная проницаемость, петрофизические зависимости, геолого-гидродинамическое моделирование.

DETERMINATION AND ACCOUNTING OF THE SCALE EFFECT OF CORE MATERIAL IN GEOLOGICAL-HYDRODYNAMIC MODELING OF PRODUCTIVE CARBONATE RESERVOIRS

Nikita Kozyrev

*Perm National Research Polytechnic University, 4th year Post-graduate Student,
Perm,
e-mail: nikitonkozyrev@gmail.com*

Alexander Kochnev

*Perm National Research Polytechnic University, Young Researcher,
Perm,
e-mail: sashakoch93@gmail.com*

Research Supervisor: Doctor of Technology, Professor, Ivan Putilov

Abstract: The paper considers the issue of the manifestation of the scale effect of filtration-capacity properties, determined on standard and full-size core samples of a carbonate object with a complex pore structure. Statistical processing of the results of the study of core material was carried out, the manifestation of a large-scale effect in a qualitative and quantitative measure was revealed. A methodical approach is presented for taking into account the scale effect when creating a cube of absolute permeability in a geological and hydrodynamic model of the reservoir of the studied object.

Keywords: scale effect, core, absolute permeability, petrophysical dependencies, geological and hydrodynamic modeling.

Проницаемость продуктивных пластов оказывает значительное влияние на темпы выработки запасов нефти, динамику обводнения скважин и пластовое давление, что в конечном итоге определяет коэффициент извлечения нефти по объекту. При создании куба абсолютной проницаемости в геолого-гидродинамических моделях нефтяных пластов зачастую используют петрофизические зависимости проницаемость-пористость, полученные по результатам прямых исследований керна. Необходимо отметить, что данный способ создания проницаемости наиболее рациональный для поровых типов коллекторов, где связь пористости и проницаемости имеет высокую корреляцию [2]. Для карбонатных объектов с высокой степенью неоднородности и сложной структурой порового пространства связь пористости и проницаемости может быть неочевидна, при этом отмечается значительная разница между фильтрационно-емкостными свойствами, определенными на стандартных и полноразмерных образцах керна [1]. При создании куба проницаемости наиболее представительны полноразмерные образцы, так как они способны характеризовать фильтрацию как по поровой составляющей, так и по вторичным пустотам в комплексе. А также размеры полноразмерных образцов часто сопоставимы с размерами ячеек по вертикали в геологических и гидродинамических моделях пласта. Стандартные образцы в большей степени характеризуют либо поровую составляющую, либо вторичные пустоты (каверны, трещины) в зависимости от области, в которую попадет стандартный образец. Их применение для создания куба абсолютной проницаемости без дополнительно анализа некорректно, так как образцы имеют диаметр 3 см, что чаще не соответствует масштабу ячейки по вертикали. Зачастую количество изученных полноразмерных образцов керна в разы меньше чем стандартных, и для создания куба проницаемости полноразмерных образцов керна может быть недостаточно. В таких случаях с целью уточнения фильтрационных свойств пласта возникает необходимость учета стандартных образцов.

На рисунке 1 приведены петрофизические зависимости проницаемость-пористость типа керн-керна в логарифмическом масштабе для полноразмерных и стандартных образцов керна изучаемого объекта. Коэффициенты детерминации для стандартных ($R^2=0.4673$), для полноразмерных ($R^2=0.3942$), судя по высокой дисперсности значений данные зависимости неспособны охарактеризовать неоднородность реального пласта (табл. 1).

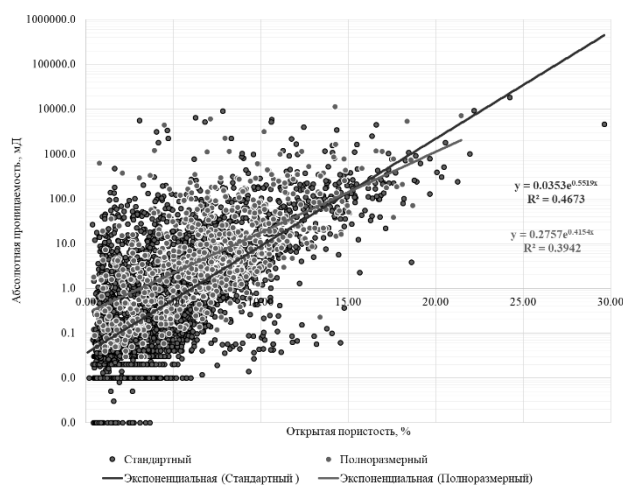


Рис. 1. Петрофизическая зависимость проницаемость-пористость для стандартных и полноразмерных образцов керна

Таблица 1

Общая статистика по стандартным и полноразмерным образцам керна

Параметр	Вид	N набл.	mean	Min	Max	Дисперсия	Ст.откл.	Асимметрия
m, %	Станд.	3159	4.69	0.103	29.63	14.6	3.82	0.064
	Полн.	658	6.95	0.430	21.45	13.3	3.64	0.139
k, мД	Станд.	3159	54.38	0.001	18143.01	254318.0	504.29	8.972
	Полн.	658	113.59	0.030	11543.84	455310.0	674.76	26.305

При анализе таблицы 1 можно отметить, что практически по всем статистическим характеристикам значения полноразмерных образцов выше, чем у стандартных. Максимальное значение проницаемости стандартных образцов почти в 2 раза превышает максимальное значение для полноразмерных образцов. Для значений проницаемости характерна высокая дисперсия и среднеквадратическое отклонение, что показывает большой разброс значений относительно среднего и характеризует неоднородность выборки, а для значений пористости данные показатели не велики, как для стандартных, так и для полноразмерных образцов. Для более детального сравнения результатов исследования стандартных и полноразмерных образцов проводилась проверка гипотезы о равенстве средних значений с помощью t-критерия Стьюдента.

Таблица 2
t-критерий Стьюдента при сопоставления средних значений параметров стандартных и полноразмерных образцов керна

Параметр	Среднее (стандартный)	Среднее (полноразмерный)	t-знач.	p
Проницаемость, мД	54.38	113.59	-2.57022	0.0102
Пористость, %	4.80	6.99	-13.3348	<0.01

Для сравнения функций распределения значений применен критерий согласия Пирсона. Ввиду высокой дисперсии и значительной разницы в количестве наблюдений стандартных и полноразмерных образцов для проведения корректной сравнительной характеристики законов распределения случайных величин параметров принято решение рассчитать частоты не по количеству, а по процентам значений, попавших в интервал на каждом шаге (рисунок 2, таблица 3).

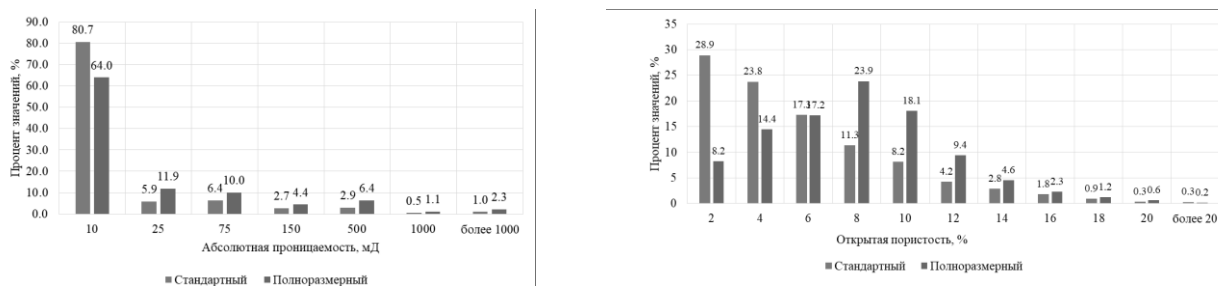


Рис. 2. Гистограммы распределения значений процентов в интервалах абсолютной проницаемости (слева), в интервалах открытой пористости (справа)

Таблица 3
Результаты расчета критерия Пирсона для определений абсолютной проницаемости и открытой пористости на стандартных и полноразмерных образцах

Параметр	Полн. (теор.)	Станд. (эмп.)	Критерий Пирсона	сс	p
Проницаемость	658	3159	12.36	6	0.05
Пористость	658	3159	74.27	10	0

Исходя из анализа гистограммы распределения значений процентов в интервалах открытой пористости для полноразмерных образцов мода смещена в сторону более высоких значений образцы характеризуют поровую и каверновую составляющую. Стандартные образцы в большей степени характеризуют поровую составляющую, мода смещена к низким значениям пористости.

При анализе гистограммы распределения значений процентов в интервалах абсолютной проницаемости наблюдается подобное распределение. В большей степени стандартные и полноразмерные образцы характеризуют низкопроницаемый коллектор. В интервале до 10 мД количество стандартных образцов больше чем полноразмерных на 16,7%, по мере увеличения абсолютной проницаемости количество полноразмерных образцов превышает количество стандартных в стандартных 1.5-2 раза. Исходя из выше сказанного можно сделать вывод, что стандартные образцы в большей степени характеризуют поровый тип коллектора, а по мере увеличения масштаба керна, в полноразмерный образец попадают вторичные пустоты, увеличивающие значения абсолютной проницаемости. То есть для изучаемого объекта фильтрационно-емкостные свойства, полученные на керновом материале, зависят от объема и размера образца [3].

Для количественной усредненной оценки масштабного эффекта по всему резервуару произведено сопоставление петрофизических зависимостей, полученных по стандартным и полноразмерным образцам керна. Определен усредненный коэффициент масштабного эффекта для всего диапазона фильтрационно-емкостных свойств путем определения отношения абсолютной проницаемости полноразмерного образца к стандартному (Таблица 4).

Таблица 4

Результаты расчета усредненного коэффициента масштабного эффекта

Открытая пористость, %	Расчетная абсолютная проницаемость по петрофизической зависимости		Численный множитель (Кп/Кс)
	Кс - Стандартный обр.	Кп - Полноразмерный обр.	
1	0.06	0.42	6.8
2	0.11	0.63	5.9
4	0.32	1.45	4.5
6	0.97	3.33	3.4
8	2.92	7.65	2.6
10	8.80	17.56	2.0
12	26.55	40.30	1.5
14	80.06	92.50	1.2
16	241.42	212.29	0.9
18	728.02	487.24	0.7
20	2195.42	1118.29	0.5
22	6620.51	2566.65	0.4
24	19964.83	5890.86	0.3

Исходя из анализа результатов керновых исследований установлено, что усредненный коэффициент масштабного эффекта имеет значение более единицы для стандартных образцов, имеющих пористость менее 15%. При дальнейшем увеличении пористости низкопроницаемых образцов практически не наблюдается ни в одной из выборок. В результате можно сделать предположение, что в стандартных образцах с значениями пористости более 15% чаще встречаются открытые каверны, которые характеризуют не только емкостную характеристику, но и фильтрационную. Данное обстоятельство способствует тому, что в стандартных образцах наблюдается более высокие значения проницаемости, в отличие от полноразмерных.

Существует несколько способов создания куба абсолютной проницаемости, самый распространенный заключается в пересчете куба пористости согласно петрофизической зависимости, однако для карбонатных коллекторов с высокой степенью неоднородности наиболее рационален способ создания синтетических каротажных кривых абсолютной проницаемости с помощью петрофизических зависимостей, а затем стохастическое распределение в объеме модели с трендом на куб пористости. Для создания куба проницаемости наиболее представительна петрофизическая зависимость, полученная по полноразмерным образцам, в случае если количество определений на стандартных образцах значительно превышает количество определений на полноразмерных, то необходимо применять пересчетную усредненную зависимость масштабного эффекта от пористости или проницаемости.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSNM-2020-0027).

Литература

1. Гурбатова И.П., Костин Н.Г. Масштабный эффект при определении фильтрационно-емкостных свойств пласта в сложнопостроенных карбонатных коллекторах // Нефтепромысловое дело, №5. 2010. С.21-25.
2. Козырев Н.Д., Кочнев А.А., Менгалиев А.Г., Путилов И.С., Кривошеков С.Н. Уточнение геолого-гидродинамической модели сложнопостроенной залежи нефти путем комплексного анализа данных // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2020. – Т. 331. - № 10.- С.164-17.
3. Попов Н.А. и др. Характеристика литотипов позднедевонских рифогенных построек Денисовской впадины // XXI Губкинские чтения “Фундаментальный базис и инновационные технологии поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа” – 2016. – С. 248 – 253.

ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛИ И ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ НЕФТИ ТУРНЕЙСКОГО ЯРУСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ X РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ARCGIS

Смирнова Анастасия Викторовна

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2 года обучения,
Казань,
e-mail: miss.nastya765@yandex.ru*

Научный руководитель: профессор, Нургалиева Нурия Гавазовна

Аннотация: Дана общая характеристика месторождения. Приведена методика построения структурной карты по кровле коллектора и способ её отображения в трёхмерном пространстве с помощью модуля ArcScene. На турнейском ярусе опробована методика автоматизированного подсчёта запасов нефти на основе программного продукта ArcGIS.

Ключевые слова: Геоинформационная система ArcGIS, модель геообработки, структурная карта, 3D модель, подсчёт запасов нефти, объёмный метод.

3D MODELING AND PETROLEUM RESERVES ESTIMATION BY ARCGIS FOR THE TOURNAISIAN STAGE, AN OIL FIELD X, REPUBLIC OF TATARSTAN

Anastasia Smirnova

*Kazan (Volga Region) federal university, 2nd year Master's Degree Student,
Kazan,
e-mail: miss.nastya765@yandex.ru*

Research Supervisor: Professor, Nouria Nourgaliyeva

Abstract: In present paper general characteristics of an oil field were given. The method of constructing a structural map on the top of the Tournaisian reservoir and a method of a 3D space's displaying were developed using the ArcScene module. Also the estimation of the Tournaisian stage's petroleum reserves was completed by the ArcGIS software.

Keywords: Geographic information system ArcGIS, structural map, 3D model, petroleum reserves estimation, volumetric method.

Проблема развития минерально-сырьевой базы и инженерного освоения территорий обуславливает необходимость глубинного изучения недр в трёхмерном цифровом виде. В связи с этим, возникает необходимость перехода к объёмному компьютерному картированию и к трёхмерным геоинформационным системам.

Целью работы является изучение возможностей применения геоинформационной системы ArcGIS для построения 3D модели поверхности турнейского яруса и построения 2D модели, с целью подсчёта запасов нефти объёмным методом.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- построить структурную карту по кровле турнейского яруса;
- построить трёхмерную модель по кровле турнейского яруса;
- подсчитать запасы нефти объёмным методом на основе 2D модели турнейского яруса.

В административном отношении нефтяное месторождение X расположено на территории Заинского района Республики Татарстан, в 50 км к северо-западу от города Альметьевск.

По своему строению месторождение является сложным, многопластовым, многоэтажным. Нефтегазонасыщенными на площади месторождения являются терригенные отложения кыновского

горизонта верхнего девона; тульского и бобриковского горизонтов нижнего карбона; и карбонатные отложения турнейского яруса нижнего карбона, башкирского яруса и верейского горизонта среднего карбона.

Основной объем промышленных запасов нефти сосредоточен в карбонатных отложениях турнейского яруса.

Турнейский карбонатный резервуар на месторождении сложен известняками (содержание CaCO_3 в породе составляет 94.21-97.05%) коричневато-серыми, в различной степени перекристаллизованными, слабо доломитизированными (содержание $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ в породе: 1.74-5.21%), неравномерно трещиноватыми, с редкими прослоями доломитов (содержание $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ в породе 71.5-79.99%) серых, перекристаллизованных, крепких.

По международной классификации карбонатных пород Данхэма (1962) коллекторы принадлежат к пакстоунам, частично перекристаллизованным.

Структурные разности известняков имеют микротрещины длиной 1-2.5 см, раскрытостью 0.01-0.05 мм, выполненные битумом, реже полые. Это свидетельствует о низких экранирующих свойствах уплотненных прослоев и позволяет предположить гидродинамическую связь между эффективными прослоями, а также отнести скопление углеводородов к массивному типу залежей.

Для построения структурной карты по кровле турнейского яруса были подготовлены данные, которые представляют собой точечный слой с пластопересечениями кровли коллектора.

Входными данными для построения модели являются изолинии, которые строились по поверхности кровли турнейского яруса, полученной с помощью инструмента «Toro to Raster», модуля «Spatial Analyst». Благодаря данному инструменту была получена GRID модель кровли нефтеносного пласта.

Для отображения этой поверхности в трёхмерном пространстве использовалось приложение ArcScene, в которое загружается полученная растровая модель. В свойствах слоя указываются базовые высоты, подбирается цветовая схема и т.д. В результате в окне ArcScene появляется растровая модель (рис. 1).

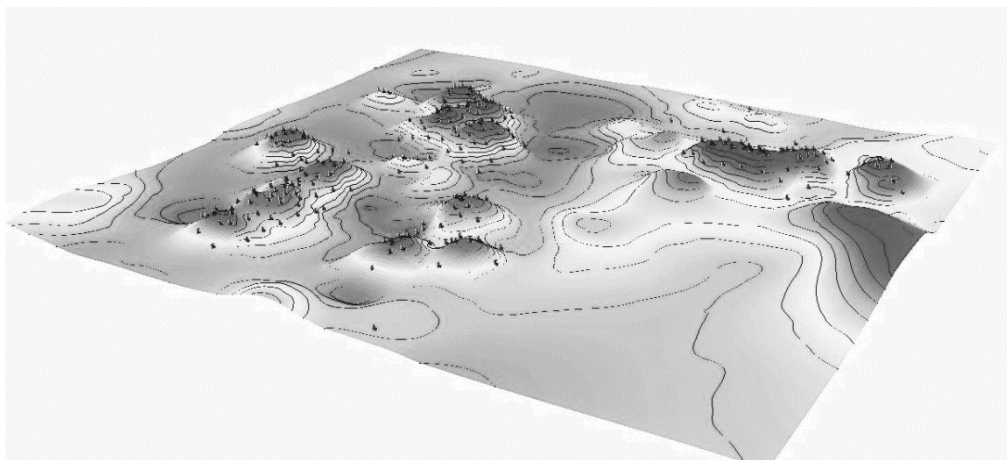


Рис. 1 3D модель по кровле турнейского яруса

Подсчёт запасов объёмным методом производится по формуле (1):

$$Q_0 = F \cdot h \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{н}} \cdot \theta \cdot \rho, \quad (1)$$

где

Q_0 – геологические запасы нефти, т;

F – площадь нефтеносности, м^2 ;

h – нефтенасыщенная толщина коллектора, м;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент пористости, доли ед.;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент нефтенасыщенности, доли ед.;

θ – пересчётный коэффициент нефти;

ρ – плотность нефти в поверхностных условиях, $\text{т}/\text{м}^3$ [3].

С помощью инструментов ArcToolbox осуществляется подсчёт запасов согласно следующей последовательности действий [1]:

- загрузка точечных данных по скважинам содержащие значения эффективных нефтенасыщенных толщин и границы ВНК;
- построение карты изопахит по эффективным нефтенасыщенным толщинам, с помощью инструмента «Topo to Raster»;
- анализ данных полученных изопахит, так как возможны неточности при построении;
- создание полей планиметрии, с помощью инструментов «Feature To Line», «Feature To Polygon», «Calculate Areas»;
- вычисление средних значений эффективных нефтенасыщенных толщин в пределах каждого поля планиметрии, инструмент «Spatial Join»;
- подсчёт запасов нефти объёмным методом по формуле (1).

Чтобы автоматизировать подсчёт запасов использовалась модель обработки (рис. 2), которая была составлена в проекте ArcMap. Данная модель удобна тем, что в ней сохраняется весь технологический процесс, вычисления производятся в пакетном режиме, и есть возможность проводить повторные расчёты.

В качестве параметров в модели использовались следующие входные параметры:

- точечный слой скважины (*Wells*) с отметками пластопересечений и значениями нефтенасыщенных толщин;
- линейный слой с отметками внешнего контура нефтеносности (*TUR_VNESH_VNK*).

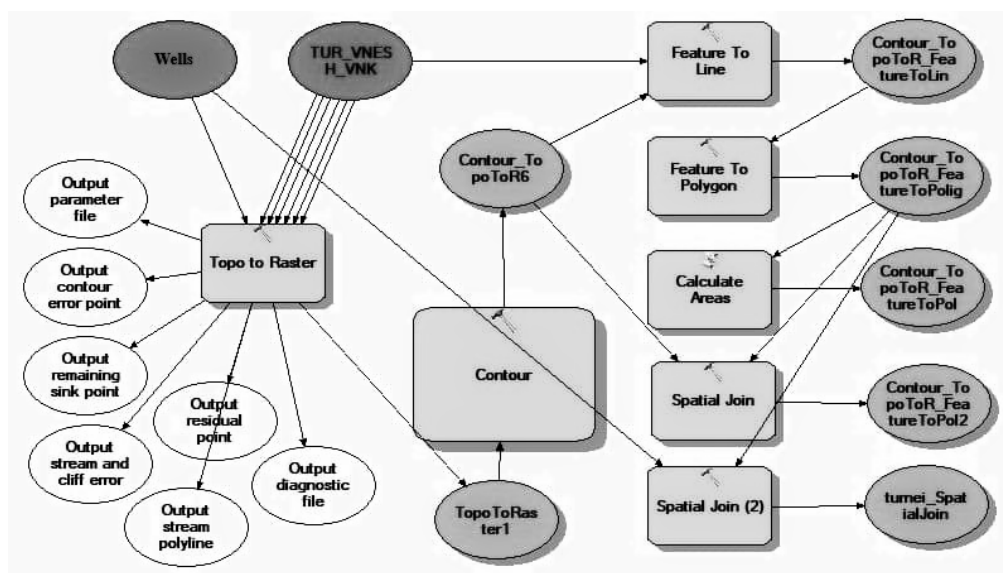


Рис. 2 Модель геообработки

С помощью полученной модели геообработки были построены поля планиметрии (рис. 3), содержащие в себе средние значения эффективных нефтенасыщенных толщин для каждого участка планиметрии. Данные участки необходимы для дальнейшего подсчёта запасов объёмным методом.

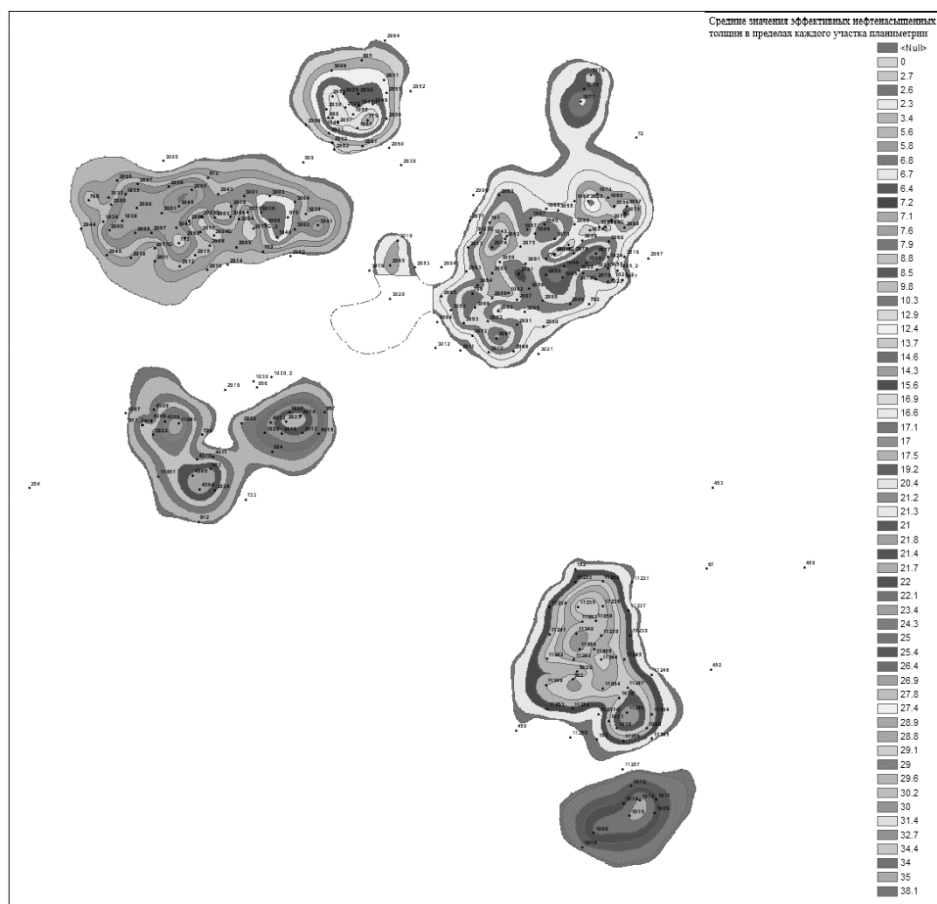


Рис. 3 Поля планиметрии залежи турнейского яруса по категории запасов А

Таким образом, были получены 2D и 3D модели турнейских отложений. Установлены особенности строения природного резервуара и характер распределения нефти в турнейском ярусе. Проведен подсчёт запасов нефти по категории запасов А. Результаты по подсчёту запасов получены в соответствии с пределами допустимых значений точности, представленных в ГКЗ.

Литература

1. Кулакова Н.В. Использование геоинформационных технологий для подсчёта запасов углеводородов // *Междунар. науч.-практ. конф. посвящ. юбилейным датам предприятий Пермнефтегеофизика, ЧЕГИС, Пермгеокабель, ФХС-ПН, Геолайн (г. Пермь, 26–27 ноября 2015 г.)* / гл. ред. В.И. Костицын; Перм. гос. нац. Исслед. Ун-т. Пермь, 2015 г. 263 с.
2. Митчелл Э. Руководство ESRI по ГИС анализу. Том 1: Географические закономерности и взаимодействия // Нью-Йорк, ESRI Press, 1999 г. 190 с.
3. Петерсилье В.И., Пороскуна В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом // Тверь, ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2003 г. 259 с.

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

РАЗДЕЛ 4:

ГЕОФИЗИКА

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

Section 4:

УДК 550.832.76

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИКРОСКАНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПРИМЕРЕ ВИКТОРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Рыжов Никита Валерьевич

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет,
студент 4 курса, г. Пермь
e-mail: don.rizhov@yandex.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Губина Августа Ивановна

Аннотация: В статье кратко описана сущность метода электрического микросканирования (ЭМС). Представлены результаты определения элементов залегания пластов, направленности трещин при помощи ЭМС на примере Викторинского месторождения.

Ключевые слова: Электрический микросканер, Викторинское месторождение, скважина, ГИС, трещины, структурный наклон, слоистость, горизонтальное напряжение.

APPLICATION OF ELECTRIC MICROSCANNER FOR SOLVING GEOLOGICAL PROBLEMS ON THE EXAMPLE OF THE VIKTORINSKOYE FIELD

Nikita Ryzhov

*Perm State University, 4th year student, Perm,
e-mail: don.rizhov@yandex.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Avgusta Gubina

Abstract: The article gives a brief description of the electric microscanning (EMS) method. It presents the results of identifying strike and dip and fractures directivity using EMS on the example of the Viktorinskoye field.

Keywords: Electric microscanning, Viktorinskoye field, borehole, well, geophysical well logging, fractures, structural dip, stratification, horizontal stress.

На сегодняшний день исследования кернового материала являются наиболее точным способом для изучения горных пород. Однако существенными недостатками отбора керна являются большие временные затраты на его извлечение и малый объем отбираемого материала. Электрический микросканер (ЭМС) позволяет изучать скважины по всей глубине, определять элементы залегания пластов и строить более точные модели месторождений.

При помощи ЭМС решаются следующие геологические задачи:

- Определение структурного наклона пластов;
- Оценка трещиноватости;
- Определение типа слоистости [1].

Помимо вышеперечисленного, ЭМС позволяет определять направления горизонтальных напряжений в горной породе [1, 5]. Учет направлений горизонтальных напряжений важен при проведении гидроразрыва пласта для увеличения объема притока флюида в скважину, а также для предотвращения неустойчивости ствола скважины во время бурения [4].

Викторинское месторождение в административном отношении располагается в Октябрьском районе на юге Пермского края, в 30 км от районного центра п. Октябрьский.

В тектоническом отношении месторождение расположено на северо-восточном склоне Башкирского свода. Приурочено к двум поднятиям: Ново-Уясскому и Надёжному.

С помощью ЭМС в скважине N, расположенной в восточной части Надёжного поднятия (рис. 1), проводилось исследование в интервале от 1570 до 1908.3 м (С₁ok-D3fm).

Для исследования использовался прибор «КарСар МС-А». Прибор позволяет регистрировать удельное электрическое сопротивление (УЭС) в диапазоне 0.2 – 5000 Ом·м. Прибор оснащен 176 электродами, которые располагаются на 8 прижимных башмаках. «КарСар МС-А» имеет в своем составе 3 магнитометра и 3 акселерометра для определения ориентации прибора в пространстве.

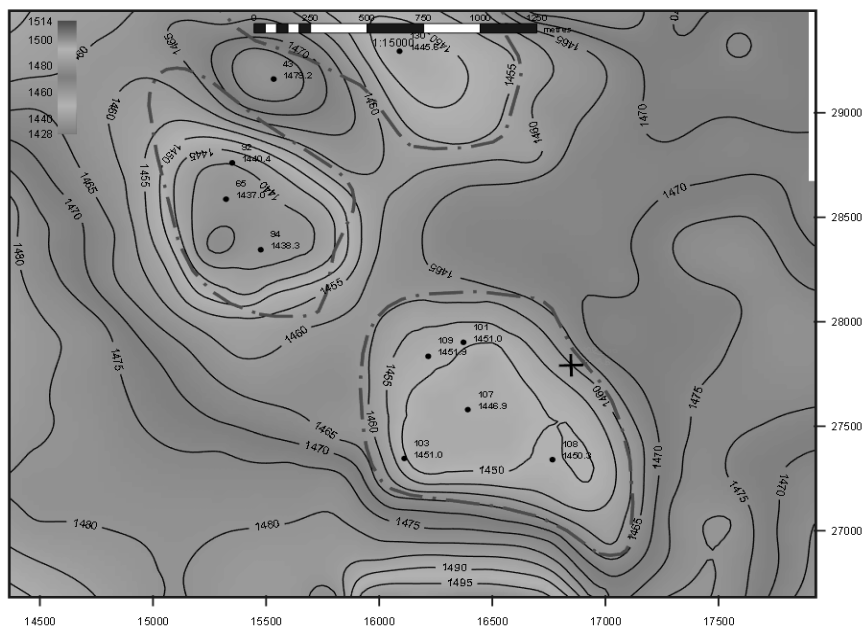


Рис. 1. Фрагмент структурной карты Викторинского месторождения по кровле пласта D3fm. Расположение скважины N на карте отмечено «+»

Физической основой метода является неоднородность электрических свойств в среде. Буровой раствор проникает в пустотное пространство горной породы, в результате чего напротив трещин и других нарушений сплошности ЭМС регистрирует низкие значения УЭС, а напротив плотных, ненарушенных пород регистрирует повышенные значения УЭС. На основе полученных данных формируется изображение (имидж) стенок скважины по азимутам от 0° до 360°.

Интерпретация данных ЭМС основана на том, что линии пересечения скважины с какой-либо плоскостью, пересекающей скважину, при развертке образуют синусоиды, которые отчетливо видны на имиджах (рис. 2). Анализ синусоид позволяет определить углы и азимуты падения пластов: минимум синусоиды соответствует азимуту падения пласта; угол падения зависит от наклона скважины и от амплитуды (высоты) синусоиды и для вертикальной скважины рассчитывается по формуле (1)[5]:

$$\delta = \arctan(A \div d) \quad (1)$$

где δ – угол падения пласта, в градусах;

A – амплитуда синусоиды, м;

d – диаметр скважины, м.

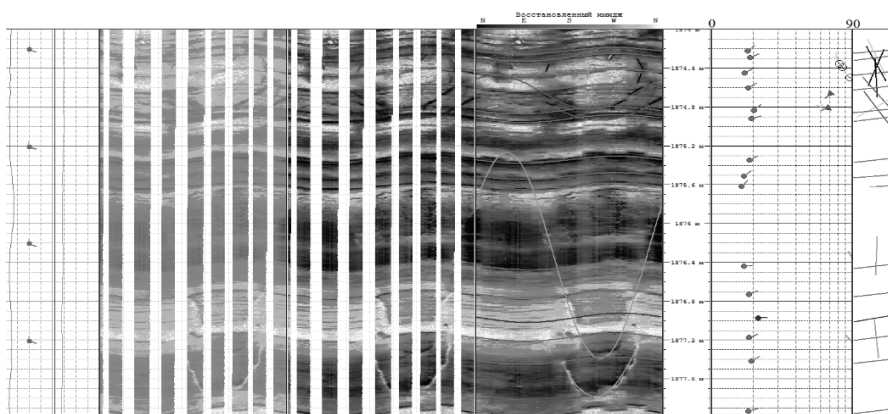


Рис. 2. Имидж, полученный после обработки данных ЭМС

Следует отметить, что количественное определение электрических свойств среды не является главным назначением ЭМС. Большой интерес представляет качественный подход к изучению полученных изображений: выделение зон трещиноватости и определение направления трещин, определение структурного наклона пластов, а также изучение особенностей осадконакопления.

Полученные данные ЭМС были обработаны в программе «Оптимус». По всему интервалу исследования было выделено 1046 различных элементов: пластов и трещин разного типа. По карбонатно-глинистым отложениям были рассчитаны средние углы структурного наклона и определены основные азимуты падения пластов (табл. 1).

Таблица 1

Элементы структурного наклона

Пласт	Интервал, м	Средний угол падения, °	Средний азимут падения, °
C _{1ok}	1570 - 1581	6.0	53.7
C _{1tl} карб	1581 - 1600	6.7	61.7
C _{1t}	1673 - 1734	5.7	80.8
D3fm	1734 - 1909	7.1	67.0

Определение структурного наклона имеет важное значение на первых этапах освоения месторождения, поскольку позволяет определить положение скважины относительно структуры, к которой приурочена данная скважина [1]. По расчетам (табл. 1) можно сделать вывод, что скважина N располагается на восточном склоне поднятия, так как средний азимут падения пластов имеет примерно Востоко-Северо-Восточное направление. На основании этого мы можем выбрать более подходящее место для бурения других нефтяных скважин. Залежи углеводородов образуются в сводовых частях локальных антиклинальных структур, поэтому вероятность обнаружения залежи углеводородов будет увеличиваться при движении в западном направлении относительно скважины N, к центральной части поднятия.

Также при помощи ЭМС была определена слоистость пластов песчаника, выделенных в терригенной части разреза методами ГК и НГК (табл. 2). Анализ слоистости песчаников в визейских отложениях позволяет определить направление распространения русловой фации. Одной из особенностей геологического строения палеозойских отложений Пермского Прикамья является то, что литолого-стратиграфические ловушки нефти в терригенных отложениях часто приурочены к русловым фациям [2]. Русло древних рек на изучаемой территории вероятно проходило в Северо-Восточном направлении (азимут 60° – 67°) (табл. 2).

Таблица 2

Определение слоистости песчаников

Пласт	Интервал, м	Угол падения, °	Азимут падения, °	Тип слоистости	Характерно для отложений
C _{1tl} терр	1604.3-1607.6	6.0	67.0	Крупная перекрестная разнонаправленная	Для отложений речных выносов
C _{1rd}	1658.6-1659.4	6.0	60.0	Крупная параллельная однонаправленная	Для речных русловых песчаников
C _{1rd}	1659.4-1663.1	6.0	60.0	Крупная параллельная однонаправленная	Для речных русловых песчаников

Помимо этого, были определены направления простирания техногенных трещин и вывалов стенок скважины (рис. 3). Азимут простирания техногенных трещин соответствует направлению максимального горизонтального напряжения, азимут простирания вывалов соответствует направлению минимального горизонтального напряжения в массиве горных пород.

На рис. 3 видно, что техногенные трещины и вывалы ориентированы перпендикулярно друг относительно друга, соответственно направление максимального горизонтального напряжения – Северо-Западное. Это согласуется с некоторыми исследованиями [1, 3], где отмечается, что направленность максимального горизонтального напряжения на территории Пермского края преимущественно Северо-Запад – Юго-Восток и Восток-Запад. Эти данные могут быть полезны при изучении тектоники района, а также для учета механических свойств горных пород при эксплуатации месторождения.

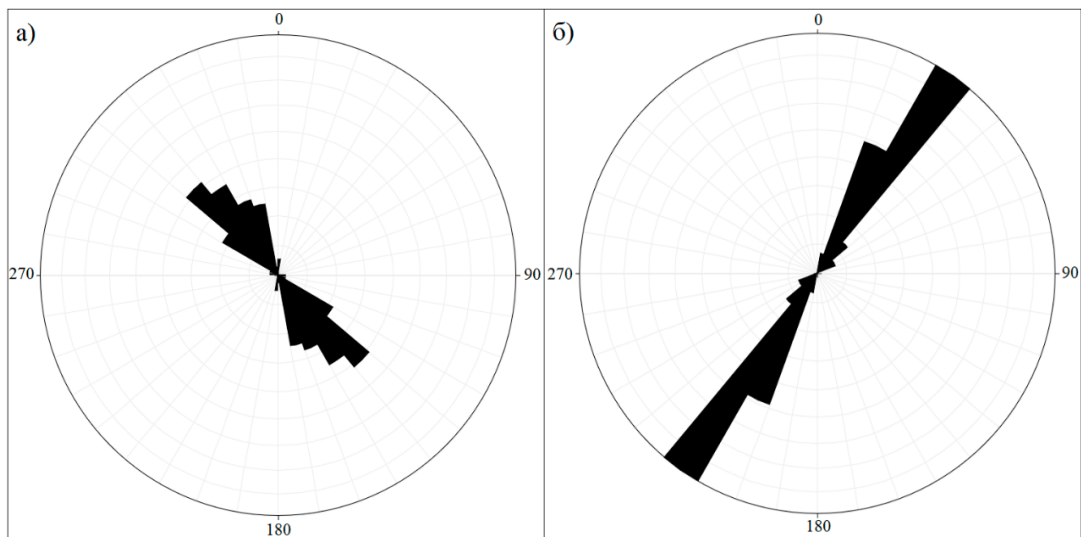


Рис. 3. Азимуты простирания: а) техногенных трещин, б) вывалов

Таким образом, метод ЭМС является высокоинформативным, а получаемые изображения позволяют решать широкий круг геологических задач. Метод ЭМС является перспективным, поскольку его актуальность будет только расти вместе с развитием компьютерных технологий.

Литература

1. Губина А. И. Основы фациальной цикличности осадочных толщ по результатам геолого-геофизических исследований скважин / А.И. Губина. – Пермь: Пресстайм, 2007. – 271 с.
2. Губина А. И. Геофизические методы стратиграфической корреляции: учеб. пособие / А.И. Губина; Перм. гос. ун-т. – Пермь: Книжный формат, 2010. – 201 с.
3. Лушев М. А., Павлов В. А., Корельский Е. П., Патутин А. В. Ориентация горизонтальных напряжений верхней части земной коры в РФ по данным инструментальных измерений в скважинах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 3. С. 337–349.
4. Тиаб Дж., Доналдсон Эрл Ч. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов / Перевод с английского. – М.: ООО «Премьюм Инжиниринг», 2009. – 868 с.
5. Luthi S. M. Geological well logs: Their use in reservoir modeling // Berlin, Springer-Verlag, 2001, P. 373.

УДК 553.98

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Арнбрехт Анастасия Эдуардовна

Кубанский государственный университет, студент 4 курса
г. Краснодар
e-mail: n.arnbrekht@yandex.ru

Викулов Георгий Евгеньевич

Кубанский государственный университет, студент 4 курса
г. Краснодар
e-mail: goshanss@rambler.ru

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Захарченко Евгения Ивановна

Аннотация: в работе изложена оценка рисков при эксплуатации нефтегазовых месторождений, актуальность которой обусловлена необходимостью своевременного выявления и предотвращения чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков эксплуатации скважин рассмотрена по основным видам аварий. Приведены возможные сценарии аварий с указанием самых распространенных причин. Предложены рекомендации для снижения риска возникновения аварий.

Ключевые слова: оценка рисков, классификация рисков, эксплуатация скважин, причины аварий, предотвращение аварий.

RISK ASSESSMENT IN THE OPERATION OF OIL AND GAS FIELDS

Anastasia Arnbrekht

Kuban state university, 4th year Student,
Krasnodar,
e-mail: n.arnbrekht@yandex.ru

Georgy Vikulov

Kuban state university, 4th year Student,
Krasnodar,
e-mail: goshanss@rambler.ru

Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Reader, Yevgenia Zakharchenko

Abstract: the paper presents an assessment of risks in the operation of oil and gas fields, the relevance of which is due to the need for timely detection and prevention of emergencies. Well operation risk assessment is considered for the main types of accidents. Possible scenarios of accidents are given with indication of the most common causes. Recommendations are proposed to reduce the risk of accidents.

Keywords: risk assessment, risk classification, well operation, causes of accidents, prevention of accidents.

Оценка рисков при эксплуатации нефтегазовых месторождений является актуальным вопросом, поскольку в современных условиях важно своевременно выявлять и предупреждать ситуации чрезвычайного характера, обусловленные аварией различного масштаба на производственных объектах.

Риском называется мера опасности, сочетающая вероятность нанесения ущерба и степень его тяжести.

Оценка рисков – это компонент анализа риска, включающий в себя установление соответствия опасности и ее потенциальных источников, исследование механизмов их возникновения, оценка вероятности возникновения опасных событий и степени их последствий [4].

Оценка рисков подразделяется на несколько категорий [6]:

- по природе ущерба (природные риски; технические риски; риски, связанные с человеческим фактором; риски, связанные с экономической активностью; политические риски; социальные риски);
- по типичности отрицательных последствий (фундаментальный риск; спорадический риск);
- по специфике исходов (чистый риск; спекулятивный риск);
- по месту появления рисков (внутренние; внешние);
- по степени зависимости ущерба (первичные риски; вторичные риски);
- по характеру распределения бремени риска (одностороннего; двустороннего; многостороннего);
- по уровню возникновения риска (риски, возникающие на уровне народного хозяйства; риски, возникающие на уровне административно-хозяйственных и региональных образований; риски, возникающие на уровне отдельного хозяйствующего объекта; риски, возникающие на уровне структурных подразделений; риски, возникающие на уровне отдельного рабочего места);
- по уровню проявления негативных последствий (проектные риски и/или риски подразделения; риски фирмы (предприятия); отраслевые риски; общеэкономические риски; глобальные риски);
- по степени учета временного фактора (срочные риски; бессрочные риски);
- по зависимости уязвимости от времени (статические риски; динамические риски);
- по степени распространенности риска (массовые риски; уникальные риски);
- по характеру влияния на различные объекты (общий риск; частный риск);
- по степени предсказуемости риска (предсказуемые (прогнозируемые) риски; непредсказуемые (непрогнозируемые) риски);
- по типу информации (количественные; качественные);
- по частоте возникновения ущерба (редкие риски; риски средней частоты; частые риски);
- по размеру (тяжести) ущерба (малые риски; средние риски; высокие риски; катастрофические риски).

Для оценки риска аварий в зависимости от поставленных задач могут применяться методы количественной оценки, которые являются приоритетными, методы качественной оценки или их сочетания. Учитывается возможность возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, тяжесть их последствий и размер ущерба, опасность аварии и угрозы в значениях показателей риска [2].

Оценку рисков эксплуатации скважин можно рассматривать по видам аварий. Авария – это разрушение сооружения или технического устройства или неконтролируемый взрыв, выброс, сброс или разлив опасных веществ.

Классификация видов аварий с соответствующими значениями вероятности и частоты их наступления приведены в таблице [2].

Таблица

Вероятность и частоты возникновения аварий на эксплуатационных скважинах [2]

Вид аварии	Вероятность, %	Частота, 1/скв
Аварии с повреждением подземного оборудования	0,1200	$1,2 \times 10^{-3}$
Аварии с фонтанированием	0,8000	$0,8 \times 10^{-3}$
Аварии с длительным фонтанированием и разрушением надземного оборудования аварийной скважины	0,0004	$4,0 \times 10^{-6}$
Аварии с длительным фонтанированием и разрушением надземного оборудования соседних с аварийной скважин	0,0004	$3,7 \times 10^{-6}$

К числу основных рисков, имеющих на любом месторождении, относятся утечки, аварийные разливы нефти, разрушение обсадной колонны, разгерметизация оборудования из-за дефектов или коррозии металла скважинной колонны, нарушение правил монтажа изделий, абразивный износ оборудования под воздействием выносимых из скважины частиц породы [5], а также региональные особенности месторождений (например, высокая концентрация сероводорода в оренбургской нефти). Для предотвращения чрезвычайных ситуаций, обусловленных рядом из перечисленных факторов, обязательно разрабатываются правила промышленной безопасности и осуществляется контроль за их соблюдением.

Наиболее типичны утечки нефти из резервуаров, обусловленные коррозией их днища под действием воды. Постоянный автоматический контроль содержимого в резервуаре позволяет своевременно обнаруживать даже небольшие утечки нефти и нефтепродуктов и устранять их [1]. Утечки углеводородов также могут происходить через неплотности во фланцевых соединениях

(сальниках, задвижках), при разрыве промысловых трубопроводов. На сегодняшний день для оперативного выявления мест утечек, вызванных негерметичностью трубопровода, внедряются беспилотные летательные аппараты, которые при помощи тепловизора фиксируют локальное повышение температуры (температура добываемой нефти выше температуры на поверхности) и координатное положение, а также имеют возможность видеозаписи, доступной для просмотра оператору.

Нарушение целостности обсадных колонн нередко происходит из-за изнашивания материала труб и цемента, напряжений, обусловленных термодинамическими условиями эксплуатации скважин, наличия интервалов со значительным искривлением ствола скважины. В случае высоких перепадов термобарических условий и наличия интервалов значительного искривления ствола скважины возможно возникновение опасных тангенциальных напряжений в обсадных трубах или образование радиального зазора между колонной и цементным кольцом, что может привести к разгерметизации околоскважинного пространства.

При наличии сероводорода и углекислого газа коррозионная активность среды резко повышается, в результате чего подземное оборудование и трубы быстро подвергаются коррозионному разрушению. Сильное разъедание подъемных труб может вызывать их обрыв и падение в скважину. Во избежание аварий и осложнений необходимо в скважины периодически закачивать ингибиторы коррозии – вещества, которые закачивают в трубу для образования защитной пленки на ее стенках, – или применять трубы из коррозионностойких материалов.

В процессе эксплуатации скважин насосно-компрессорное оборудование испытывает большие температурные, а также динамические напряжения, что наряду с другими факторами может повлечь к нарушению целостности патрубков и их разгерметизации [3]. В случае мощных кратковременных изменений давления жидкости может происходить гидроудар, который также повлечет за собой разгерметизацию оборудования. С целью предупреждения нарушения целостности рекомендуется снабжать насосно-компрессорное оборудование автоматической системой защиты, обеспечивающей надежность эксплуатации всей компрессорной установки.

Частой и наиболее опасной проблемой в работе фонтанных скважин является открытое нерегулируемое фонтанирование в результате нарушений герметичности устьевого арматуры [1], следствием чего являются продолжительные пожары, ведущие к преждевременному истощению месторождения и образованию вокруг скважины огромных воронок. Причинами могут служить неплотность соединений или их нарушения вследствие вибрации арматуры, разрывы и «свищи», возникающие в результате разъедающего действия абразивной взвеси. Для предупреждения аварий арматура обязательно опрессовывается на двукратное испытательное давление, а в скважину помещаются специальные отсекатели, перекрывающие сечение фонтанных труб в случае их повреждений и тем самым предотвращающие открытое фонтанирование.

Разливы нефти возникают из-за аварийных проливов при добыче, изношенности оборудования, нарушения правил эксплуатации оборудования, неоперативного реагирования и несовершенства технологий. Поэтому крайне важно неуклонное соблюдение установленных правил промышленной безопасности, проведение инструктажей и регулярное повышение квалификации для рабочих, своевременный контроль за состоянием применяемых аппаратуры и оборудования.

Добыча флюидов из слабосцементированных пластов практически всегда сопровождается выносом из скважины частиц породы (пескопроявлениями). Это может привести к снижению темпа отбора, абразивному износу и повреждению оборудования как в скважине, так и на поверхности [3]. Кроме того, песчаные частицы, попадая вместе с флюидом в насосно-компрессорные трубы, могут при механическом воздействии на оборудование вызвать искры, что в совокупности с компонентами природного газа может привести к аварийному возгоранию. Для предотвращения опасных ситуаций, обусловленных пескопроявлениями, прибегают к использованию специальных противопесочных фильтров, которые должны обладать необходимой механической прочностью и достаточной устойчивостью против коррозии и эрозионного воздействия; обеспечивать создание надежной гидродинамической связи с пластом и суффозионную устойчивость пород в призабойной зоне; позволять проводить механическую или химическую очистку фильтра (регенерацию) без извлечения его из скважины [6]. Наиболее эффективными являются каркасные фильтры с горизонтальными щелями, у которых меньше сопротивление и влияние интерференции отверстий. Не менее важным способом борьбы с пескопроявлениями или ослаблением их влияния на работу скважин является подбор рационального технологического режима и оптимизация показателей их эксплуатации.

Также возможны аварии при проведении геофизических работ в скважинах. К ним относятся [4]:

- прихваты геофизических зондов;
- обрыв кабеля и оставление его части в скважине;
- оставление в скважине геофизических приборов;
- оставление скважинных перфораторов, применяемых при исследовании скважины и проведении вспомогательных работ в ней;
- самопроизвольное срабатывание перфораторов;
- проведение перфорационных работ в скважине при неуравновешенности пластового давления гидростатическим давлением столба жидкости;
- разгерметизации лубрикатора и другие.

Снижение вероятности возникновения аварий при проведении геофизических работ достигается путем: проведения инструктажей для операторов и обучений для повышения квалификации для рабочих; проведения регулярного технического осмотра зондов и геофизического кабеля и обслуживания оборудования предприятия согласно принятым регламентам; улучшения подготовки скважины (качества цементирования затрубного пространства, качества тампонажного материала) к проведению геофизических исследований.

Литература

1. Галеев А.Д., Поникаров С.И. *Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие*. Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. 152 с.
2. Гамилова Д.А. *Выбор оптимального варианта страхования скважин // Нефтегазовое дело. 2013. №1. С. 400-408. URL: <http://ogbus.ru/article/view/vybor-optimalnogo-varianta-straxovaniya-skvazhin> (дата обращения: 02.03.2020).*
3. Грынив О.Б., Шумская К.А., Шумский Н.М. *Основные негативные факторы, осложняющие работу скважин // Молодой ученый. Казань: Изд-во Молодой ученый. 2020. № 25 (315). С. 23-24.*
4. Захарченко Е.И., Захарченко Ю.И., Андрейко Н.Г. *Анализ и оценка рисков опасных производственных факторов при проведение геофизических исследований скважин // Булатовские чтения. Краснодар: Издательский Дом – Юг. 2020. Т. 1. С. 104-109.*
5. *Осложнения и аварии при эксплуатации и ремонте скважин: учебное пособие / Г.П. Зозуля [и др.]. Тюмень: ТюмГНГУ. 2012. 372 с.*
6. Чернов Г.В., Кудрявцев А.А. *Управление рисками: учебное пособие*. М.: Изд-во Проспект, 2008. 160 с.

УДК 550.372

МЕТОДИКА ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Сыропятов Артем Алексеевич

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, студент
4 курса, г. Пермь
e-mail: syropyatov.artem@bk.ru*

Устюгов Кирилл Артемович

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, студент
4 курса, г. Пермь
e-mail: k_ustugov4427@mail.ru*

Обернебесов Дмитрий Сергеевич

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, магистрант
2 курса, г. Пермь
e-mail: obernebesov@gmail.com*

Научный руководитель: *PhD, доцент, Ковин Олег Николаевич*

Аннотация: Георадиолокационное зондирование имеет достаточно большой спрос ввиду того, что метод достаточно простой с большой разрешающей способностью. Тем не менее очень важная задача – это правильная интерпретация полученного результата. Методика георадиолокационного подповерхностного зондирования (ГПЗ) заключается в регистрации сигналов, являющихся отражениями коротких радиоимпульсов от геоэлектрических границ. Наблюдения ГПЗ выполнялись вдоль исследуемого профиля, а регистрация выполнялась в непрерывном режиме путем буксировки антенны. В данной статье представлен результат интерпретации полевых данных.

Ключевые слова: георадиолокационное подповерхностное зондирование, инженерные работы, диэлектрическая проницаемость, частота сигнала, радиоволны, радиограмма.

UNDER SUBSURFACE GROUND PENETRATING RADAR SENSING TECHNIQUE

Artem Syropiatov

*Perm State National Research University, 4th year Student, Perm,
e-mail: syropyatov.artem@bk.ru*

Kirill Ustugov

*Perm State National Research University, 4th year Student, Perm,
e-mail k_ustugov4427@mail.ru*

Dmitrii Obernebesov

*Perm State National Research University, 2nd year Master's Degree Student, Perm,
e-mail: obernebesov@gmail.com*

Research Supervisor: *PhD, Lecturer, Oleg Kovin*

Abstract: GPR sounding is in great demand due to the fact that the method is quite simple with a high resolution. Nevertheless, a very important task is the correct interpretation of the result obtained. The method of ground-penetrating radar subsurface sounding (GPR) is to register signals that are reflections of short radio pulses from geoelectric boundaries. The GPR observations were carried out along the studied profile, and the registration was performed in a continuous mode by towing the antenna. This article presents the result of interpretation of field data.

Keywords: GPR sounding, engineering works, dielectric constant, signal frequency, radio waves, radiogram.

Последнее время геофизические методы стали широко применяться для решения различных гидрогеологических и геоэкологических задач [5]. Метод георадиолокационного зондирования (георадар) зарекомендовал себя как высокоразрешающий и эффективный инструмент для изучения и картирования малоглубинных структур и гидрогеологических процессов геологического разреза [1, 4]. Успешное использование метода георадар для картирования поверхности грунтовых вод основано на высоком контрасте электрических свойств подземных вод и вмещающих пород.

Однако при этом возникает проблема выбора оптимальных параметров зондирующего сигнала. Амплитуда и частотный состав сигнала, отраженного от градиентной границы, представленной транзитной зоной капиллярной водонасыщенности над поверхностью слоя грунтовых вод, существенно зависит от частотного спектра излучаемого импульса [3, 6]. Так как грунтовые воды обладают низким значением диэлектрической проницаемости, при распространении электромагнитной волны в водонасыщенной среде спектр сигнала смещается в сторону низких частот в связи с дисперсией [2]. Изучение разреза с помощью георадиолокационного метода подразумевает изучение электромагнитных волн высокой частоты и получения сигнала, который отразился на границе сред с разной диэлектрической проницаемостью.

Скорость распространения электромагнитной волны находится по формуле (1):

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}} \quad (1)$$

где c – скорость света в вакууме, ϵ – диэлектрическая проницаемость среды.

Коэффициент отражения можно найти по формуле (2):

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad (2)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды.

Участок работ находится на станции Лена в Иркутской области, Усть-Кутский район.

Методика георадиолокационного подповерхностного зондирования (ГПЗ) заключалась в регистрации сигналов, являющихся отражениями коротких радиоимпульсов от геоэлектрических границ. Наблюдения ГПЗ выполнялись вдоль исследуемого профиля. Регистрация выполнялась в непрерывном режиме путем буксировки антенны. Запись электромагнитных импульсов осуществлялась с помощью георадара ОКО-2.

В георадиолокации используются радиоволны, которые посылаются в исследуемую среду и отражаются от границ сред с разной диэлектрической проницаемостью. Таким образом, георадиолокация, также, как и сейсморазведка, является волновым методом, поэтому основные методические приемы, которые используются при геологической интерпретации сейсмических данных, применяются и при анализе материалов георадиолокации. Данная методика основана на анализе динамических и кинематических особенностей всей волновой картины – как сильных, так и слабых отражений.

Проведение георадиолокационных работ показано на рис. 1.



Рис. 1. Георадиолокационное зондирование

Для обработки и интерпретации использовалась программа GeoScan. Пакет GeoScan включает набор модулей (процедур) математической, интерактивной обработки и визуализации данных.

Основной набор процедур, используемых при обработке данных: исключение постоянной составляющей переотражённых волн; фильтрация; анализ диэлектрической проницаемости среды (E); построение 2D модели разреза; интерпретация полученных радарограмм. вынесение полученных результатов на георадарные разрезы и план.

На радарограммах выделялись следующие элементы разреза: отражающие границы от сред с различной диэлектрической проницаемостью; участки с аномальными значениями амплитуд волновой картины.

Основным направлением данных исследований являлось выявление нижней границы насыпного грунта, а также уровня грунтовых вод, которые отображаются на радарограммах в виде уменьшения амплитуд электромагнитного сигнала (рис. 2) и границ, выделяемых системами асимметричных гипербол.

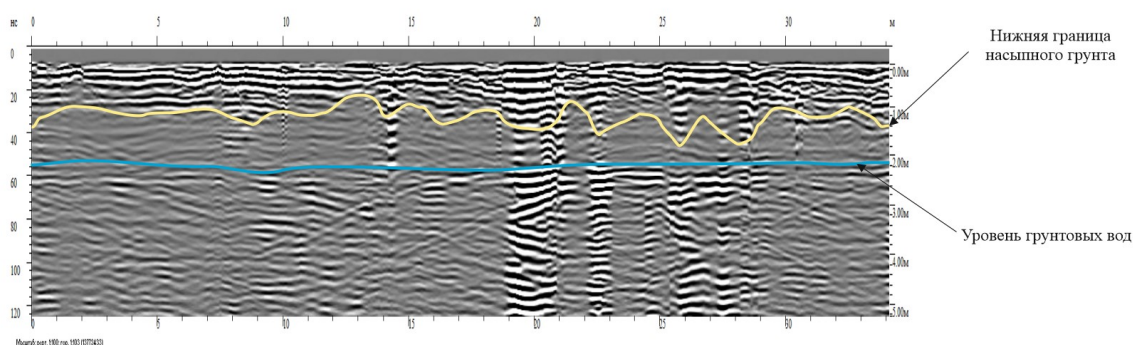


Рис. 2. Выявление объектов

Глубина выделяемых объектов рассчитывалась исходя из минимальных-средних значений диэлектрической проницаемости интервалов для выборки локальных объектов при пересчёте временной шкалы в глубинную. Для грунтов на участке исследований значения E меняются в глубину и по латерали от 6 до 25 что весьма значительно для сопоставления радарограмм. Для лучшей сопоставимости разрезов и корректного отображения, на всех профилях значения E приняты равными 15. Исходя из анализа всей имеющейся информации были выявлены границы слоев, а также обнаружено отсутствие зон распространения карстовых и суффозионных процессов грунтов на исследуемой территории. Выделена нижняя граница насыпного грунта, которая расположена на глубине от 0 до 16м. Установлен уровень грунтовых на данной территории который составил в среднем, который расположен в среднем на глубине от 2м.

По результатам проведенных работ можно сделать вывод, что данные георадарных изысканий свидетельствуют о пригодности данного метода для картирования насыпных грунтов и уровня грунтовых вод. Это один из самых перспективных методов инженерной геофизики для решения подобных задач.

Литература

1. Ковин О. Н., Логотов Б.Б., Голдырев В.В., Наумов В.А. О результатах опытных работ методом георадар для изучения строения аллювиально-делювиальных отложений // Геология и полезные ископаемые Западного Урала / гл. ред. Р.Г. Ибламинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. С. 71-74.
2. Annan, A.P., *Transmission dispersion and GPR* // JEEG. 1996. V. 1, pp. 125-136. doi:10.4133/jee1.b.125

3. Bano M. *Effects of the transition zone above a water table on the reflection of GPR waves // Geophysical Research Letters*. 2006. Vol. 33. L13309. doi:10.1029/2006GL026158.
4. Fiore J., Pugin A., Beres M. *Sedimentological and GPR Studies of Subglacial Deposits in the Joux Valley (Vaud, Switzerland): Backset Accretion in an Esker Followed by an Erosive Jökulhlaup // Géographie physique et Quaternaire*. 2002. v. 56. no. 1, pp. 19–32. doi:10.7202/008602ar
5. Kirsch R. *Groundwater Geophysics: A Tool for Hydrogeology // Berlin: Springer / Ed. Reinhard Kirsch*. 2006. XVII. 493 p.
6. Klenk P., Jaumann S., Roth K. *Monitoring infiltration processes with high-resolution surface-based Ground-Penetrating Radar // Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, doi: 10.5194/hessd-12-12215-2015, 2015.

УДК 550.837.312

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДРЕНАЖЕЙ В ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕ

Лучников Максим Сергеевич
ПФИЦ УрО РАН, молодой ученый,
г. Пермь
e-mail: MaximLuchnikov@mail.ru

Бушуева Екатерина Сергеевна
ПФИЦ УрО РАН, молодой ученый,
г. Пермь
e-mail: katerina.bushueva@mail.ru

Научный руководитель: к.г.-м.н, доцент, Степанов Юрий Иванович

Аннотация: Статистический анализ в геофизике используется как один из инструментов для увеличения объема полезной информации. В методах электрометрии такой анализ позволяет точно локализовать интервалы пониженных сопротивлений. Анализ данных, полученных в результате обследования шламонакопителя методом трехразносного СЭП, помог выявить неоднородности по проводимости грунта и зоны возможной фильтрации вод.

Ключевые слова: электроразведка, симметричное электропрофилирование, сопротивление, шламонакопитель, загрязнение грунтовых вод, статистические характеристики, распределение.

APPLICATION OF THE METHOD OF ELECTROMETRY TO DETERMINE THE DRAINAGE IN THE SLUDGE COLLECTOR

Maksim Luchnikov
PFIC UB RAS, YoungResearcher,
Perm.
e-mail: MaximLuchnikov@mail.ru

Ekaterina Bushueva
PFIC UB RAS, YoungResearcher,
Perm
e-mail: katerina.bushueva@mail.ru

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Yuriy Stepanov

Abstract: Statistical analysis in geophysics is used as one of the tools to increase the amount of useful information. In electrometric methods, this analysis allows you to accurately localize the intervals of reduced resistance. the data were obtained as a result of the inspection of the sludge pond by the three-spaced SEP method. their analysis helped to identify heterogeneities in soil conductivity and zones of possible water filtration.

Keywords: electrical prospecting, symmetrical electrical profiling, resistance, sludge storage, groundwater pollution, statistical characteristics, distribution.

В настоящее время огромное внимание уделяется вопросам экологической безопасности. Загрязнение грунтовых вод, произошедших в результате аварий на производственных комплексах, наносит ощутимый урон окружающей среде. Развитие геофизических методов позволило использовать их при мониторинге загрязнений грунтовых вод. С помощью методов электрометрии успешно решаются задачи оценки устойчивости, степени суффозии и размыва плотин в результате утечки вод из водохранилищ, шламохранилищ [4, 5]. Для изучения электрических свойств пород,

слагающих разрез, применяются методы сопротивления, в частности симметричное профилирование (СЭП).

Метод СЭП применяется для изучения кажущегося сопротивления геологического разреза в горизонтальном направлении, вдоль линии профиля. Целесообразность проведения электроразведочных работ методом СЭП обусловлена различием удельного сопротивления слагающих пород, а также их субгоризонтальным залеганием. Для решения задачи по локализации участков возможной фильтрации рассолов из отстойника-шламонакопителя через тело оградительной дамбы, следует исходить из того, что участкам повышенной утечки рассолов из шламохранилища соответствуют интервалы пониженных значений кажущегося электрического сопротивления.

Цель работы – обследование дамбы для выявления неоднородностей по проводимости грунта, определения потенциальных дренажей, течей, зон обводненного грунта тела дамбы и подстилающих слоев грунта.

Тело исследуемой дамбы сложено преимущественно щебнистым материалом, обладающим высоким сопротивлением, а подстилающие ее грунты – представлены песчано-глинистыми породами, которые по сопротивлениям значительно ниже.

Измерения методом СЭП выполнены с шагом 3 м по двум профилям, общая протяженность которых составила 2634 м. Размеры и параметры установки, т.е. взаимное расположение питающих и приемных электродов оставались постоянными [3]. Разносы питающей линии составляли АВ = 32, 64 и 100 м, что ориентировочно соответствует эффективным глубинам исследований $H_{эфф} \sim 6, 12$ и 19 м. Длина приемной линии MN была равна шагу по профилю – 3 м. При проведении измерений для обеспечения уверенного заземления использовались стальные штыревые электроды. Заглубление электродов в грунт выполнялось на 10 – 15 см. Максимальная величина силы тока, подаваемая в питающую линию, не превышала 100 мА.

По данным электроразведочных исследований, методом СЭП, вдоль западной и северной дамб шламонакопителя, в программе были построены разрезы кажущегося сопротивления (рис.1). Значения кажущегося сопротивления в пределах исследуемого участка изменяются в достаточно широком диапазоне: от 7 до 500 Ом·м. Наиболее высокие значения (150 – 500 Ом·м) соответствуют верхней и средней части разреза ($H_{эфф} \sim 6$ и 12 м). В среднем значения составляют порядка 310 и 230 Ом·м, соответственно. В нижней части разреза ($H_{эфф} \sim 19$ м) отмечается некоторое понижение сопротивлений до уровня 100 – 200 Ом·м, среднее значение составляет около 130 Ом·м.

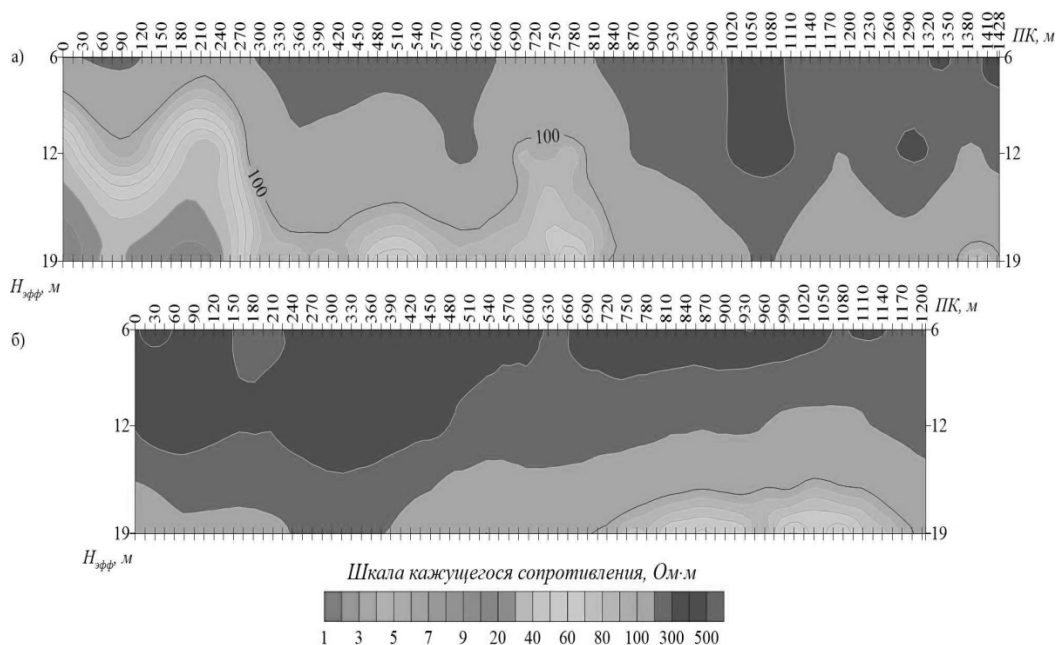


Рис. 1. Разрезы кажущегося сопротивления по профилям: а) пр.1 и б) пр.2

На фоне средних значений кажущегося сопротивления выделяются области более низких значений ρ_k . На профиле 1 они прослеживаются по разрезу на всех разносах АВ от ПК 0 до ПК 250 и от ПК 690 до ПК 810. На профиле 2 область более низких значений ρ_k прослеживается на разносе АВ=1000 от ПК 750 до ПК 1185 м.

Для точной локализации участков пониженного сопротивления, авторами проведен статистический анализ полученных данных. Практически любые данные, получаемые в результате

геолого-геофизических исследований, можно считать выборкой одной или нескольких случайных величин. Это позволяет анализировать их статистические характеристики, существенно увеличивая объем полезной для исследователя информации, содержащейся в наблюдениях, лучше подчеркнуть особенности изменения геополей, оценить закономерности распределения изучаемого параметра [1], что повышает эффективность процесса геологической интерпретации и качество конечных результатов в целом [5, 6, 7].

По результатам измерений СЭП на трех разносах питающей линии АВ было получено 2640 значений кажущегося сопротивления ($N = 2640$). Диапазон их изменения от 7,3 до 604,4 Ом·м, т.е. размах выборки составил 597,1 Ом·м. Поскольку прослеживается общая тенденция к снижению значений ρ_k с глубиной, совокупность полученных при измерениях значений, была разделена на три выборки, соответствующие разносам питающей линии АВ.

На рисунке 2 приведена гистограмма распределения значений кажущегося сопротивления, полученных при АВ = 32 м. Распределение имеет унимодальный характер (т.е. один максимум) и не противоречит нормальному закону распределения $N(M;\sigma)$ с математическим ожиданием $M=311,7$ Ом·м и среднеквадратичным отклонением $\sigma=77,1$ Ом·м. Это подтверждается проверкой гипотезы о нормальном распределении выборки по критерию Пирсона – χ^2 при уровне значимости $\alpha = 0,05$ [2].

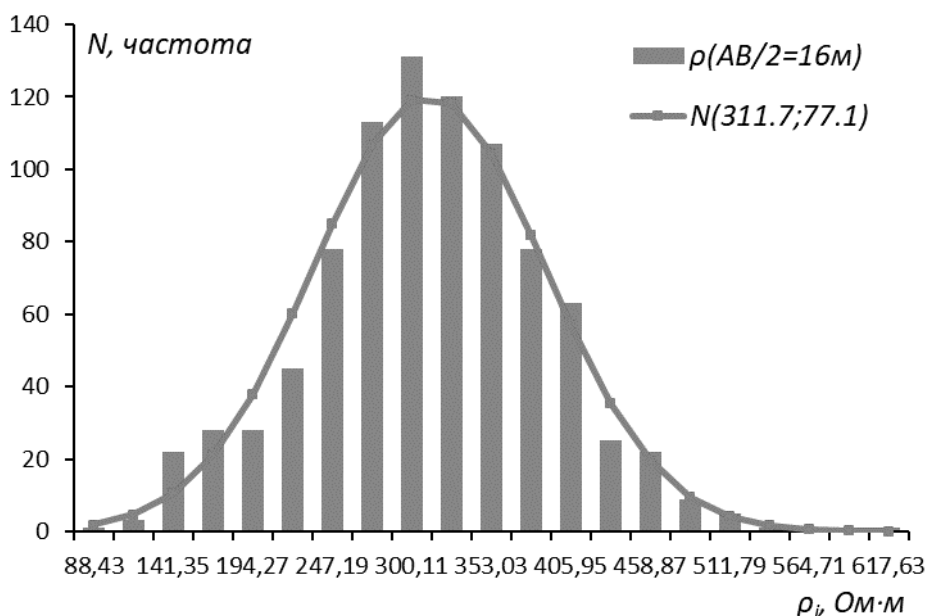


Рис. 2. Гистограмма распределения значений кажущегося сопротивления при АВ = 32 м и график нормального распределения $N(311.7;77.1)$

Для выделения аномальных участков воспользуемся правилом «трех сигм». Аномальными будем считать участки, где значения ρ_k выходят за пределы интервала $(M-2\sigma; M+2\sigma)$ или $(311.7-2\cdot77.1$ Ом·м; $311.7+2\cdot77.1$ Ом·м) на трех или более точках подряд. В этом случае вероятность ошибочного выделения аномалии составит ~5%.

Исходя из представлений о природе аномалий используемых полей над объектом поиска, наибольший интерес представляют участки, где ρ_k выходят за пределы интервала $M-2\sigma$, которые соответствуют областям пониженных сопротивлений. Такие области выделяются на профиле 1 (западная дамба) в интервалах 129 – 267 м и 675 – 720 м от начала профиля.

Распределение значений кажущегося сопротивления при АВ = 64 м имеет полимодальный характер, т.е. один центральный максимум и два локальных по бокам. Полимодальность распределения свидетельствует о том, что выборка не является однородной, и указывает на наличие в пределах исследуемого участка пород, различающихся по сопротивлению. Отличие сопротивлений может быть обусловлено разнообразными факторами, такими как различное влагосодержание, изменение литологического либо гранулометрического состава пород и т.д.

На рисунке 3 приведен график аппроксимирующий данное распределение значений ρ_k , который представляет собой суперпозицию трех предполагаемых нормальных распределений $N(208.96;42.98)$, $N(75.76;30.98)$ и $N(335.44;42.4)$. Наибольший интерес представляет распределение $N(76.76;30.98)$, так как характеризует области пониженных значений сопротивления. Однако из-за того, что данное

распределение накладывается на соседнее, невозможно их разделить в исходных данных. Поэтому пониженными сопротивлениями будем считать ρ_k меньше значения, которое является точкой пересечения распределений $N(208.96;42.98)$ и $N(76.76;30.98)$, в данном случае это $\rho_k \sim 121.45$ Ом·м. Таким образом, пониженные значения ρ_k при $AB = 64$ м выделяются в пределах профиля 1 (западная дамба) в интервалах 0 – 291 м, 672 – 810 м.

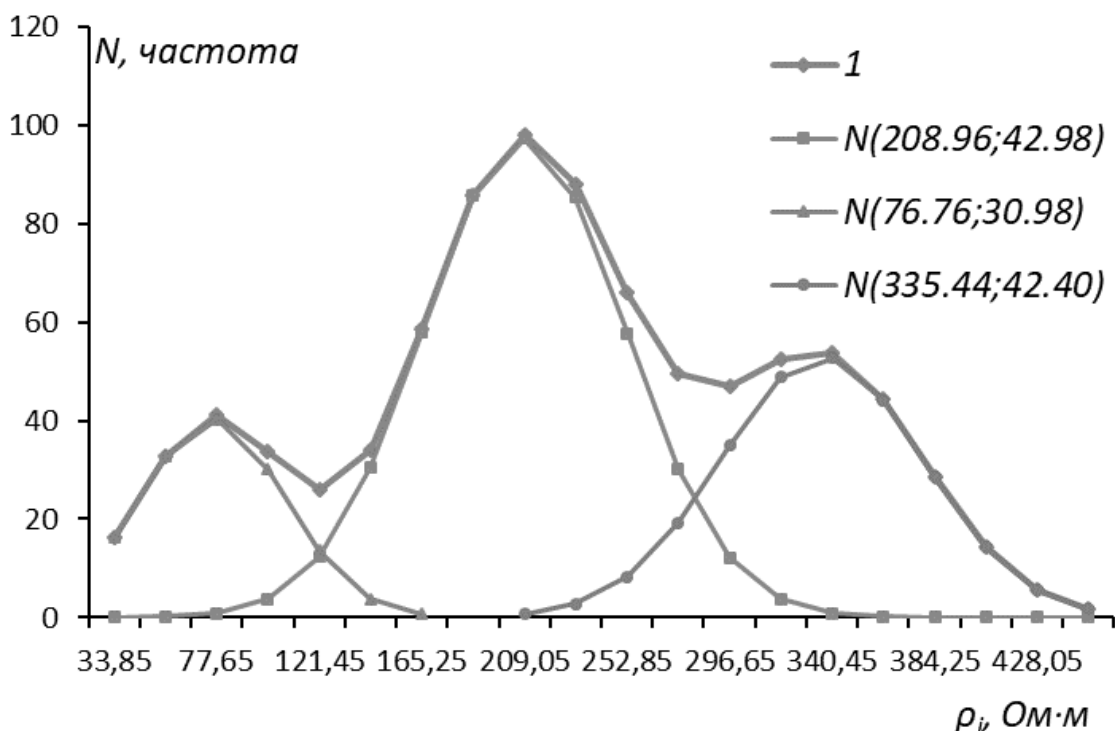


Рис. 3. Аппроксимационный график полимодального распределения и суперпозиция предполагаемых распределений, (полимодальное распределение указано под номером 1)

Распределение значений кажущегося сопротивления при $AB = 100$ м, как и при $AB=64$ м, имеет полимодальный характер и представляет собой суперпозицию трех предполагаемых нормальных распределений $N(55.59;25.69)$, $N(124.55;21.31)$ и $N(191.28;28.14)$. Руководствуясь теми же соображениями, что и при $AB=64$ м, пониженными сопротивлениями будем считать ρ_k меньше значения, которое является точкой пересечения распределений $N(55.59;25.69)$, $N(124.55;21.31)$, что составляет примерно $\rho_k \sim 98.95$ Ом·м.

Исходя из вышесказанного, пониженные значения ρ_k при $AB = 64$ м выделяются в пределах профиля 1 в интервалах 0 – 291 м, 321 – 414 м, 450 – 657 м, 672 – 861 м, 1368 – 1416 м. В пределах второго профиля пониженные сопротивления выделяются в интервале 732 – 1191 м.

Качественный анализ позволил выделить интервалы пониженных сопротивлений ρ_k , точное положение границ которых мы смогли определить после статистического анализа. На фоне средних значений кажущегося сопротивления в пределах профилей 1 и 2 выделяются интервалы пониженных значений ρ_k . На профиле 1 они прослеживаются по разрезу при всех разносах AB от ПК0 до ПК 291 и от ПК 690 до ПК 810. На профиле 2 область более низких значений ρ_k прослеживается при разносе $AB = 100$ от ПК 732 до ПК 1191 м.

В целом, следует сделать вывод о наличии участка возможной фильтрации вод в пределах первого профиля, которые могут привести к утечке рассолов из шламоохранилища. По профилю 2 изменения ρ_k могут быть обусловлены конструктивными особенностями насыпной дамбы и связаны с подстилающими ее основание песчано-глинистыми грунтами, которые по сопротивлению значительно ниже сопротивления щебнистого материала, преимущественно слагающего тело самой дамбы.

Работа выполнена при поддержке министерства науки и образования Российской Федерации при выполнении проекта 0422-2019-0147-С-02.

Литература

1. Бруснецов Н.П. и др. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике. Справочник геофизика. Кн.2. М.: Недра, 1990.
2. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. В 2 кн. / пер. В.А. Голубевой; под ред. Д.А. Родионова. Кн.1. М.: Недра, 1990.
3. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований М.: Научный мир.
4. Матвеев Б.К. Электроразведка. – М., Недра, 2007.
5. Христенко Л.А., Степанов Ю.И., Кичигин А.В. и др. Совершенствование интерпретации данных мониторинговых электроразведочных наблюдений с помощью аппарата теории оценок // Инженерная геофизика 2017: материалы 13-й науч.-практ. конф. и выставки. – Кисловодск, 2017.
6. Hristenko L., Stepanov Yu., Kichigin A., et al. Interpretation of electroprospecting monitoring observations with use of probabilistic-statistical characteristics. Engineering and mining Geophysics 2018: 14th Conference & Exhibition, Almaty
7. Khristenko L. A., Stepanov Ju. I., Kichigin A. V., Parshakov E. I., Tainickiy A. A., Shiryaev K. N. Using of Probabilistic-Statistical Characteristics in the Interpretation of Electrical Survey Monitoring Observations In: Nurgaliev D., Khairullina N. (eds) Practical and Theoretical Aspects of Geological Interpretation of Gravitational, Magnetic and Electric Fields. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. 2019, 313-320.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НЕЙРОСЕТЕЙ В ГЕОФИЗИКЕ

Мурыськин Алексей Сергеевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант 1 года
обучения, г. Пермь
e-mail: muriskinas@gmail.com*

Ворошилов Владислав Алексеевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант 2 года
обучения, г. Пермь
e-mail: vlad13a@gmail.com*

Мурыськина Кристина Игоревна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, магистрант 2
года обучения, г. Пермь
e-mail: asanovakris@gmail.com*

Научный руководитель: *д.г.-м.н., профессор Долгаль Александр Сергеевич*

Аннотация: В настоящее время в науке и промышленности все большее значение приобретают алгоритмы с использованием искусственного интеллекта, в частности нейронные сети. Эта тенденция не обошла и геологические науки. В данной работе рассмотрены плюсы и минусы алгоритмов машинного обучения и нейросетей с точки зрения геофизики. Представлен пример простейшего формального нейрона для прогноза напряженности магнитного поля на территории Пермского края. Сделан краткосрочный и долгосрочный прогноз при использовании данных Национального управления океанических и атмосферных исследований США. Код на Python опубликован в публичном репозитории на портале GitHub.

Ключевые слова: нейронные сети, геофизика, магнитное поле, матрица весов, Python.

ABOUT NEURAL NETWORKS USING IN GEOPHYSICS

Aleksei Muryskin

*Perm State University, 1st year Post-graduate Student,
Perm
e-mail: muriskinas@gmail.com*

Vladislav Voroshilov

*Perm State University, 2nd year Post-graduate Student,
Perm
e-mail: vlad13a@gmail.com*

Kristina Muryskina

*Perm State University, 2nd year Master Student,
Perm
e-mail: asanovakris@gmail.com*

Research Supervisor: *Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Alexander Dolgal*

Abstract: At present, algorithms using artificial intelligence, in particular neural networks are becoming increasingly important in science and industry. This trend has not escaped the geological sciences. In this paper, the pros and cons of machine learning algorithms and neural networks are considered from the geophysical point of view. An example of the simplest formal neuron for predicting magnetic field strength in Perm Krai is presented. A short-term and long-term prediction is made using data from the US National Oceanic and Atmospheric Administration. The code in Python is published in the public repository on the GitHub portal.

Keywords: neural networks, geophysics, magnetic field, weight matrix, Python.

Нейронная сеть – это математическая модель, её программное и аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Это понятие возникло при попытке моделирования процессов, протекающих в мозге. В теории, структура нейронных сетей описана более полувека назад, но популярность алгоритмов на их основе существенно выросла только в последнее десятилетие. Это связано в первую очередь с развитием программно-вычислительных комплексов – подобные алгоритмы требуют очень много ресурсов компьютера, а также данных на которых их необходимо обучать.

Геофизика также не осталась в стороне от тренда на использования нейронных сетей для решения прикладных задач. В основном эти алгоритмы активно применяются в сейсморазведке для прогноза геологического разреза. Так по набору скважинных данных и сейсмических атрибутов в ряде случаев удается успешно спрогнозировать мощность коллектора и его свойства. На сегодняшний день практически все программные пакеты по работе с сейсмическими данными включают в себя дополнительную опцию в виде нейросетевых алгоритмов [2]. Подобные программные комплексы выделяются среди прочих, однако имеют два серьезных недостатка. Во-первых, очень высокая цена. Часто компания просто не в состоянии оплатить лицензию и при этом оставить свои услуги достаточно рентабельными, кроме того – нейросети не всегда вообще могут помочь решить определенные задачи. Во-вторых, эти алгоритмы представляют собой «черный ящик» для оператора программного обеспечения. Таким образом, мы не в состоянии достоверно узнать, что конкретно выполняет компьютер, когда используем в работе нейронные сети. Это существенный недостаток, так как не совсем ясно как следует интерпретировать данные на выходе из такого алгоритма. Отличным выходом из подобной ситуации будет использования языка программирования Python для создания собственных нейросетевых алгоритмов [1].

Рассмотрим структуру простой сверточной нейросети, она имеет один или несколько слоев из нейронов, которые связаны между собой нейронными связями (рис.1) [3]. Каждый нейрон характеризуется своей матрицей весов, вид которой зависит от вида исходных данных. В процессе обучения как раз подбираются веса – подбор весов осуществляется либо до тех пор, пока не будет достигнута минимальная ошибка на обучающей выборке, либо пока не пройдет определенное количество эпох обучения. Как правило, выбирается второй вариант, потому что не можем с уверенностью сказать, что когда-нибудь минимальная ошибка вообще будет достигнута. На каждый нейрон подаются входные данные, которые умножаются на веса и складываются после этого. Чтобы решения нейросетевых алгоритмов были более устойчивыми, используются функции активации. Функции активации бывают самых разных видов в зависимости от решаемой задачи, и играет роль регуляризации в задачах математической физики. Например, часто на вход нейросети подаются нормированные данные и в этом случае нейрон должен вернуть нам либо 0, либо 1. Функция активации играет роль порога, который нужно преодолеть после суммирования результатов, чтобы получить значение 1 (или 0, если не порог не пройден).

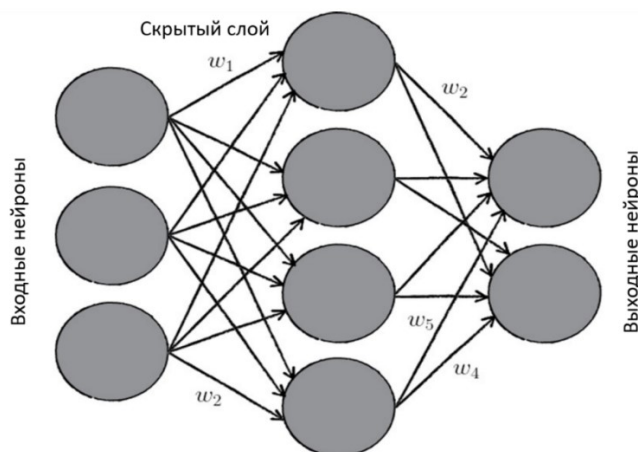


Рис. 1. Структура искусственной нейронной сети с одним скрытым слоем [3]

Теперь можно сделать выводы об основных преимуществах данных алгоритмов. Во-первых, они помехоустойчивы и способны к обобщению. Наличие сторонних шумов в данных не препятствует их успешной работе при наличии искомой тенденции. Во-вторых, они способны к примитивному обобщению данных, что является результатом гибкости матрицы весов в процессе обучения. Однако, мы также видим, что работе сети может быть сведена к работе отдельного

нейрона в первом приближении. Все что умеет делать нейрон – это умножать входные данные на веса и суммировать результат, после чего он проходит фильтр в виде функции активации.

Чтобы оценить прогностические функции алгоритмов на основе нейронных сетей, создан простейший формальный нейрон, исходный код и все данные выложены в публичном репозитории на портале GitHub [5]. В данном случае, мы будем обучать его на данных о напряженности магнитного поля на территории Пермского края. Данные взяты с сайта Национального управления океанических и атмосферных исследований США [4]. Для обучения нейрона, методом проб и ошибок подбирались параметры обучения. В результате получились следующие входные параметры: размер входных данных - 4, темп обучения - 0.01, коэффициент торможения - -0.4, количество эпох обучения - 100. Для обучающей выборки использовались данные за первые 50 лет. На полученной модели сделано 2 расчета. В первом случае, моделируются возможности краткосрочного прогноза, для чего на нейрон будут подаваться фактические данные. Во втором случае, оценим возможности долгосрочного прогноза, на нейрон будут подаваться его же прогнозные значения.

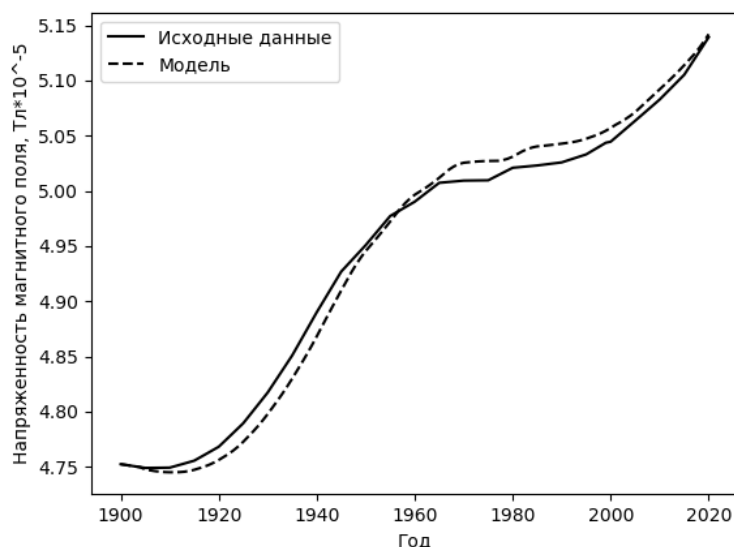


Рис. 2. Фактические значения напряженности магнитного поля и полученная модель при использовании краткосрочного прогноза

При использовании краткосрочного прогноза модель показывает неплохие результаты: визуально модель и исходные данные хорошо совпадают, максимальное отклонение составляет менее 0,5% и к. Прогноз на 2021 год составила 51560 нТл, что является вполне корректной оценкой, учитывая фактические данные. Однако, посмотрим каковы результаты долгосрочного прогноза (рис.3), для этого будем подавать на нейрон те же значения, которые он будет предсказывать.

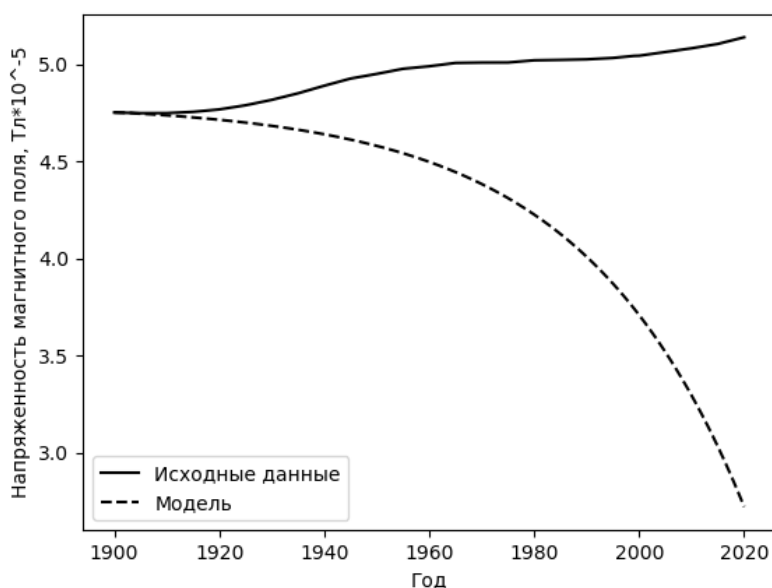


Рис. 3. Долгосрочный прогноз напряженности магнитного поля с применением формального нейрона

Как легко заметить на рисунок 3 наш нейрон не способен к корректному долгосрочному прогнозу. Связано это в первую очередь с тем, что нейронные сети и алгоритмы машинного обучения, как правило, улавливают только действующий тренд. Это позволяет им с высокой эффективностью получать краткосрочный прогноз – маловероятно, что тренд резко сменится. Для долгосрочного прогноза нам необходимы корректные объективные знания о явлении или процессе, который мы изучаем. Таким образом, нейросети и алгоритмы машинного обучения – это очень полезный и нужный инструмент для исследователя, однако, к их результатам стоит относиться с большой осторожностью. Необходимо помнить, что именно исследователь играет главную роль в процессе познания и результат исследования должен соответствовать фактическим знаниям и действующим закономерностям, которые характерны для объекта и проверены на практике.

Литература

1. *Заключнов И.С. Изучение межскважинного пространства с использованием современных технологий машинного обучения // Конференция Genature 2019. Тюмень, EAGE, 2019. 1-4 с.*
2. *Barns A.E. Handbook of Poststack Seismic Attributes // Geophysical References Series, 2016. 344 p.*
3. *Jake VanderPlas. Python Data Science Handbook // Essential Tools for Working with Data. O'Really Media, 2016. 530 p.*
4. *<https://www.ngdc.noaa.gov/> - сайт Национального управления океанических и атмосферных исследований США [Электронный ресурс]. Дата последнего посещения – 01.02.2021.*
5. *<https://github.com/AlekseiMuryskin/Geomag> - публичный репозиторий на портале GitHub с открытым кодом. Автор: Мурыськин А.С. [Электронный ресурс]. Дата последнего посещения – 10.03.2021.*

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ ПРИ ПОИСКАХ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Золотарев Александр Сергеевич

*Сколковский институт науки и технологий, магистрант 1 курса,
г. Москва*

e-mail: Aleksandr.Zolotarev@skoltech.ru

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент, Семерикова Ирина Ивановна

Аннотация: В данной работе рассматривается возможность применения методики распознавания трещиноватых зон с помощью комплекса динамических атрибутов сейсмической записи при поисках нефти и газа в районе Южно-Торавейской площади Тимано-Печорской нефтегазовой провинции. Произведен расчет ряда амплитудных и частотных параметров по кубу сейсмических данных. В результате выполнения алгоритма были получены кубы данных, отображающие пространственное распределение вероятностного параметра мелкой и крупной трещиноватости.

Ключевые слова: сейсморазведка, МОГТ, амплитудно-частотные характеристики, методика распознавания трещиноватых зон.

APPLICATION OF THE DYNAMIC ATTRIBUTES OF A SEISMIC RECORD IN THE SEARCH FOR FRACTURE ZONES

Aleksandr Zolotarev

*Skolkovo Institute of Science and Technology, 1st year Master's Degree Student,
Moscow,*

e-mail: Aleksandr.Zolotarev@skoltech.ru

Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Irina Semerikova

Abstract: In this paper, we consider the possibility of applying the methodic of recognizing fractured zones using a set of dynamic attributes of seismic recording in the search for oil and gas in the area of the South Toraveyskaya area of the Timan-Pechora oil and gas province. A number of amplitude and frequency parameters are calculated from the cube of seismic data. As a result of the algorithm, data cubes were obtained that display the spatial distribution of the probability parameter of fine and large fractures.

Keywords: seismic exploration, CDPM, amplitude-frequency attributes, methodology of the detecting fracture zones.

Введение. На сегодняшний день в нефтяной промышленности все чаще возникают задачи поиска нетрадиционных залежей углеводородов. Для поиска месторождений нефти и газа в сложных геологических условиях требуется применение 3D работ сейсморазведки, которые позволяют получить куб сейсмических данных. После получения результатов обработки данных полевых исследований необходимо провести грамотную геологическую интерпретацию полученных данных. От профессионализма специалиста-интерпретатора сейсмических данных зависит качество итоговой модели месторождения. Интерпретация данных сейсморазведки делится на кинематическую, изучающую положение отражающих границ, скорости распространения волн, и динамическую, изучающую параметры сейсмических колебаний. Последнее время все большую значимость приобретает расчет динамических параметров сейсморазведки. Именно эти параметры изучаются в данной работе.

Основой динамического анализа является оценка динамических параметров отдельных импульсов или интервалов суммотрасс. Принято называть эти параметры сейсмическими атрибутами. Сейсмический атрибут – локальная особенность колебаний, которую измеряют и анализируют с целью детальной геологической интерпретации волновой картины. В данной работе особое внимание уделяется расчету именно амплитудных и частотных параметров, что обусловлено решаемой задачей по поиску наиболее вероятных зон трещиноватости [2].

Выделение зон трещиноватости. В данной работе целевой толщей для изучения являлись карбонатные породы Южно-Торавейского месторождения в интервале залегания комплексов пород палеозойского и мезозойского возраста. Первичная получение, обработка и интерпретация полевых сейсмических данных на изучаемом месторождении производилась Центральной геофизической экспедицией (ЦГЭ). Основным признаком, по которому проводилось выделение тектонических нарушений, является разрыв корреляции сейсмических горизонтов. К сожалению, данный признак не всегда однозначен, так как прекращение корреляции может быть обусловлено множеством причин. Другим признаком является смещение горизонтов по различным направлениям. В связи с ограниченностью разрешающей способности сейсморазведки по вертикали направление смещения определялось по форме изгиба горизонтов на плоскости, по направлению одновозрастных горизонтов. Кроме того, применялось резкое изменение углов наклона горизонтов, как признак, обусловленный взаимным перемещением по плоскости сбрасывателя тектонического нарушения соответствующих геологических тел. Применялся также ряд особенностей волновой картины при фиксации разрывных нарушений. К ним относятся: резкое изменение амплитуд в зоне тектонического нарушения, резкое понижение когерентности сейсмической записи, понижение частоты. Применение данных особенностей сейсмической записи позволило ЦГЭ выделять ряд крупных тектонических нарушений, в том числе магистральный разлом, проходящий через всю территорию исследований. В качестве примера на рис. 1 представлено выделение тектонических нарушений по инлайну 135.

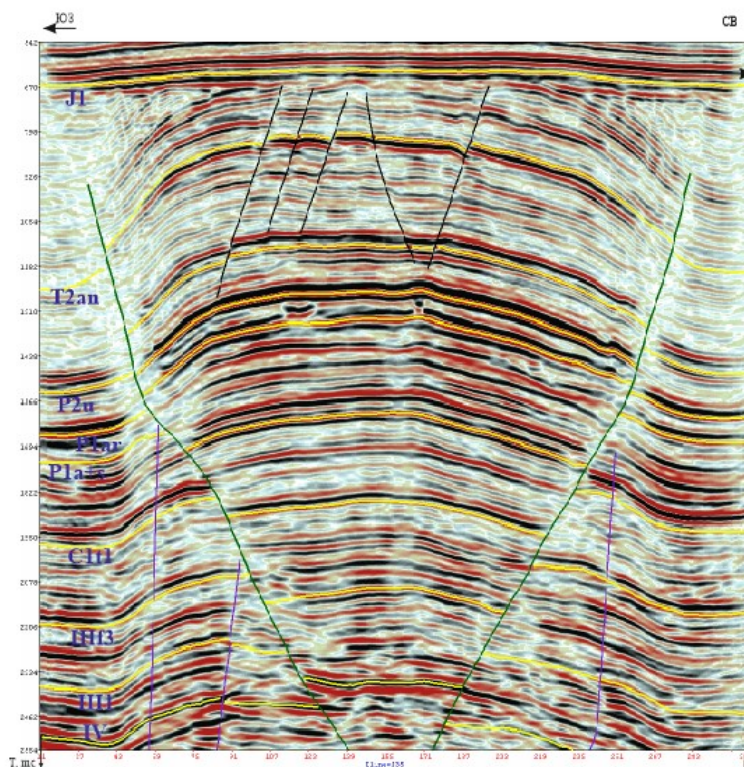


Рис. 1 Выделение тектонических нарушений на примере inline 135

Исходным материалом для проведения исследований в данной работе является 3D куб сейсмических данных, полученный по результатам работ МОВ ОГТ ЦГЭ. Из-за выбранной методики интерпретации данных по кинематическим параметрам ЦГЭ удалось выделить крупные тектонические разрывные нарушения - разломы. Однако, большая часть сейсмической записи остается недифференцированной по признаку трещиноватости. В связи с этой причиной, а также для увеличения разрешающей способности сейсморазведки принято решение использовать методику

распознавания трещиноватых зон, базирующуюся на применении комплекса динамических атрибутов сейсмической записи [3,4].

Для применения данной методики необходимо было рассчитать комплекс динамических амплитудных и частотных параметров сейсмической записи. Следует отметить, что все параметры рассчитываются в определенном временном окне, характерном для конкретного месторождения, по каждой трассе [1]. В ходе анализа возможностей существующего программного обеспечения по интерпретации сейсмических данных выяснилось, что возможности программ Petrel, OpendTect, Kingdom, Radex Pro ограничены и они не позволяют выполнить необходимые операции. В связи со сложностью и уникальностью рассчитываемых параметров, было принято решение реализовать расчет динамических атрибутов по кубу сейсмических данных при помощи собственных программ, написанных на языке Python 3. Главным модулем для работы с сейсмическими данными на Python является `segio`. Данный модуль позволяет читать сейсмические файлы формата `sgu` и записывать рассчитанные параметры в новый файл формата `.sgu`.

Изначально рассчитывался частотный параметр сейсмической записи – частотная координата центра тяжести во временном окне. Расчет производился по следующей формуле 1:

$$f = \frac{\int f_i \times A(f_i)}{\int A(f_i)} \quad (1)$$

где f – частотная координата центра тяжести, f_i – частота, $A(f_i)$ – амплитуда, соответствующая определенной частоте.

Затем производился расчет амплитудных динамических параметров сейсмической записи. Сперва рассчитывался параметр, представляющий собой средние значения амплитуд во временном окне. Затем рассчитывался параметр, представляющий собой абсолютное значение от предыдущего параметра. Также рассчитывался параметр, представляющий собой приращение средних значений амплитуды. После рассчитывался параметр, представляющий собой модуль приращения среднего значения амплитуд во временном окне.

После расчета всех параметров, производилось нормирование их значений и умножение на соответствующие весовые коэффициенты. Данная операция производилась с целью привести все параметры к единой единице измерения – вероятность. Выходным параметром методики является куб эффективного параметра, характеризующего наличие мелких и протяженных трещин, согласно методике распознавания зон трещиноватости. В итоге, были получены два сейсмических куба, представляющих собой эффективный параметр протяженной и мелкой трещиноватости. Длина трещин определялась по сравнению с длиной распространяющейся сейсмической волны. Если длина трещины больше – ее относим к протяженной, соответственно мелкие – наоборот. Полученные кубы эффективного параметра, характеризующего наличие зон протяженных или мелких трещин, можно увидеть на рисунках 2,3.

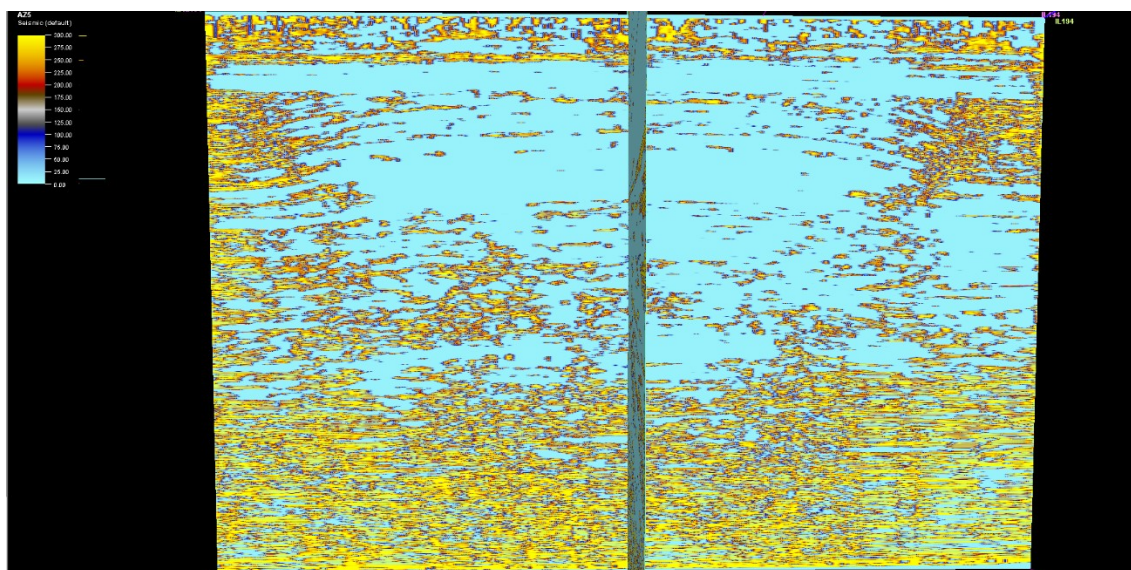


Рис. 2. Куб эффективного параметра вероятности мелкой трещиноватости

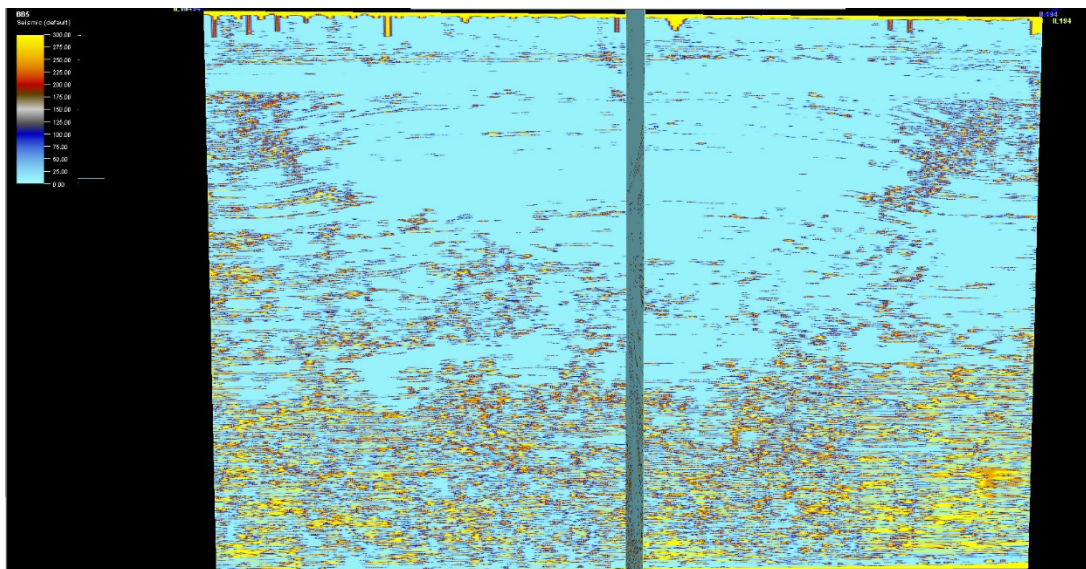


Рис. 3. Куб эффективного параметра вероятности протяженных трещин

Гораздо более детально выделяются мелкие трещины. Как можно заметить при сравнении инлайна куба трещиноватости и инлайна, по которому выделялись разломы Центральной Геофизической Экспедицией (ЦГЭ), местоположение крупных зон трещиноватости совпадает, однако применение данной методики позволяет выделять отдельные разрывные нарушения сплошности пород.

В результате, можно сделать вывод, что данная методика может быть полезна при изучении тектонической картины района работ в целом, так и при проведении перфорации в скважинах. Знание о наличии зон трещиноватости в уже выделенных коллекторах позволяет выполнять перфорацию в скважинах более точно.

Литература

1. Золотарев А.С. // Изучение влияния ствола соледобывающей шахты на спектральные характеристики сейсмической записи на территории Верхнекамского месторождения солей, статья, Сборник тезисов докладов всероссийской молодежной геологической конференции памяти В. А. Глебовицкого – Санкт-Петербург, 2020, с. 314-317.
2. Степанов А.В. // Обработка сейсмических данных: Учебно-методическое пособие к курсам повышения квалификации «Петрофизика и геофизика в нефтяной геологии» - Казань: Казанский университет. 2013
3. Семерикова И.И. // Методика распознавания трещиноватых сред в полях отраженных волн для прогноза коллекторов углеводородов, статья, научно-технический журнал «Экспозиция нефть газ», ТМС-групп, октябрь 2015, с. 44-47
4. Семерикова И.И., Ладейщиков С.В. // Методика распознавания трещиноватых сред по сейсмозаписям для изучения трещиноватых коллекторов в Тимано-Печерской нефтегазовой провинции, тезисы доклада на конференции, 22-я научно-практическая конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа, «Геомодель 2020», Геленджик, 2020.

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

РАЗДЕЛ 5:

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

И ОХРАНЫ НЕДР.

ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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

Section 5:

УДК 624.131.414

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЛИН НА ИХ СОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ

Анюхина Анна Викторовна

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, аспирант, 2 курса,
г. Пермь*

e-mail: anuhina.com@gmail.com

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Середин Валерий Викторович

Аннотация: Исследовано влияние термической обработки глин на их сорбционную активность. Выявлено, что с увеличением температуры отжига до 200°C сорбционная активность исследуемых глин увеличивается за счет увеличения энергетического потенциала на поверхности частиц. При отжиге в 600°C показатель сорбции снижается в 6-8 раз, а при 800°C сорбция отсутствует. Установлено, что при обработке глин растворами солей, их сорбционная активность возрастает следующей последовательности $KCl \rightarrow CaCl_2 \rightarrow FeCl_3$.

Ключевые слова: Каолинит, монтмориллонит, бентонит, метиленовый голубой, термообработка, катионные растворы, отжиг.

Anna Anyukhina

Perm National Research Polytechnic University, Post-graduate Student 2st year, Perm,

e-mail: anuhina.com@gmail.com

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Valery Seredin

Abstract: The effect of thermal treatment of clays on their sorption activity has been investigated. It was found that with an increase in the annealing temperature to 200°C, the sorption activity of the studied clays increases due to an increase in the energy potential on the surface of the particles. Upon annealing at 600°C, the sorption rate decreases by 6-8 times, and at 800°C, there is no sorption. It was found that when clays are treated with salt solutions, their sorption activity increases in the following sequence $KCl \rightarrow CaCl_2 \rightarrow FeCl_3$.

Keywords: Kaolinite, montmorillonite, bentonite, methylene blue, heat treatment, cationic solutions, annealing.

Актуальность. Глины – полиминеральные природные материалы, обладающие сложным химическим составом, структурой и свойствами [2,3,8,9], способностью к ионному (катионному) обмену, физической и химической сорбции. На данный момент глинистые минералы часто используются в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве [11].

Существует большое количество работ, описывающих методы обработки глинистых грунтов для изменения их сорбционных свойств [1,5]. Одной из наиболее эффективных обработок является термообработка. Термообработка глин до 250°C не изменяет структуру глин и сопровождается повышением сорбционной. При термообработке происходит удаление слоя связанной воды с поверхности частицы [5]. Термообработка свыше 500°C необратимо меняет структуру глин [11,12].

При насыщении глинистых минералов катионами растворов солей катионы металлов вступают в быстрые реакции обмена с глинистыми минералами, что приводит к изменению поверхностных свойств минералов и, как следствие, изменению их способности сорбировать воду. Манучаров А. С., Черноморченко Н. И., Карпачевский Л. О., Зубкова Т. А. проанализировав изотермы сорбции паров воды установили, что влияние растворимых солей на гидросорбционные свойства глинистых минералов зависят от природы минерала, свойств используемой соли и области сорбции [4]. Обработка глинистых минералов катионными растворами приводит к водоудерживающей способности, тем самым уменьшая показатели сорбции. Содержание связанной воды в глинах во многом определяется энергетическим потенциалом поверхности глинистых частиц, который во

многим зависит от дефектности структуры глин [10]. Однако, информации по данному вопросу недостаточно.

Целью данной работы является изучение влияния термической обработки глин на изменение их сорбционных свойств.

Объект исследования: монтмориллонитовая глина Лобановского месторождения, каолиновая глина Челябинского месторождения, бентонитовая глина Курганского месторождения. По результатам рентгеноструктурного анализа [13], монтмориллонитовая глина состоит из: монтмориллонита (75%), каолинита (3,6%), кварца (11,4%), альбита (6,7%), кальцита (3,3%). 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%), плаггиоклазы (1,9%), калиево-полевые шпаты (0,4%), кальцит (0,9%).

Методика

Навеска грунта подвергалась предварительному отжигу на 200, 400, 600, 800°C. Термообработку образцов глин проводили в высокотемпературной печи SNOL 12/1300 в течение 2 часов. Затем отожженные и исходные (без отжига) образцы были помещены в эксикатор с силикагелем и хранились в течение 7 суток. Адсорбцию по метиленовому голубому определяли по методике [13]

Результаты и их обсуждение.

1. *Обработка образцов температурами в интервале от 0 до 800°C.*

По результатам эксперимента построен график зависимости показателя сорбционной активности исследуемых глин от температуры (Рис. 1.).

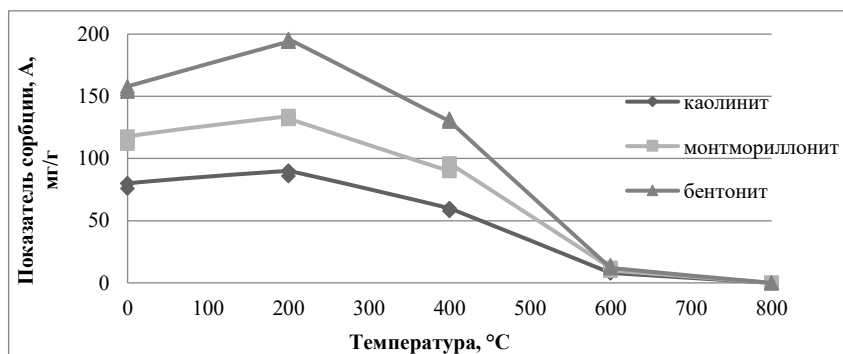


Рис.1. Зависимость показателя сорбции от температурообработки для исследуемых глин

Максимальные показатели сорбции глин наблюдаются при температуре обработки в 200°C для всех исследуемых образцов глин. Это связано с удалением слоя адсорбируемой воды на поверхности глинистых частиц. При низких температурах происходит освобождение поверхности коллоида (частицы) от молекул воды, что приводит к увеличению энергетического потенциала поверхности частиц и как следствие к большей сорбции красителя метиленовый голубой. При температуре отжига до 350°C существенных изменений в структуре глин не происходит, а значит, процессы считаются обратимыми. За счет удаления слоя связанной воды, на поверхности частицы возникает некомпенсированный отрицательный заряд, что приводит к увеличению площади активной поверхности частиц, доступной для катионов красителя МГ. При температуре обработки глин 400°C и выше, глины постепенно теряют адсорбционные свойства за счет сфероидизации частиц (спекания) и преобразования структур глин. Отсюда, при термообработке в 800°C образцы глин полностью теряют адсорбционные свойства.

Таблица

Вид обработки глин	Температура обработки глин, °C	Глины		
		Каолин	Монтмориллонитовая	Бентонитовая
Адсорбция по метиленовому голубому, мг/г				
Термическая	нет	78	114	156
	200	88	132	194
	400	59	93	131
	600	8	11	13

Согласно экспериментальным данным (табл.), наибольшей сорбционной активностью, до температуры отжига в 600°C, обладает бентонитовая глина, промежуточные значения имеет монтмориллонитовая глина, а наименьшие каолиновая. Это связано с кристаллическим строением исследуемых глин и содержанием в их составе минерала группы монтмориллонит.

Таким образом, с увеличением температуры отжига до 200°C сорбционная активность исследуемых глин увеличивается за счет увеличения энергетического потенциала на поверхности частиц. При отжиге в 600°C показатель сорбции снижается в 6-8 раз, а при 800°C сорбция отсутствует.

2. *Обработка образцов температурами в интервале от 40 до 220°C.*

По результатам эксперимента построен график зависимости показателя сорбционной активности исследуемых глин от увеличения температуры (Рис. 2.).

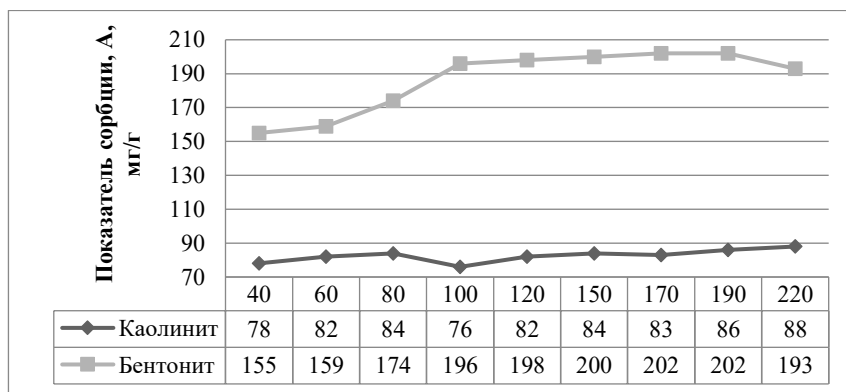


Рис.2. Зависимость показателя сорбции от температуры в интервале от 40 до 220 °C для исследуемых глин

Результаты исследований показали, что термическая обработка каолина существенно не влияет на ее адсорбционные свойства. Противоположная зависимость выявлена для бентонитовой глины. При обработке глины температурой до 100°C ее адсорбционная активность существенно не изменяется, а при температуре обработки глины от 100°C до 220°C, наоборот, увеличивается на 20%. Это, вероятно связано с увеличением энергетической активности поверхности частиц, обусловленной удалением молекул воды с поверхности энергетических центров.

3. *Влияние соляных (катионных) растворов на сорбционную способность глин.*

По результатам эксперимента построены графики зависимости показателя сорбционной активности исследуемых глин от соляных (катионных) растворов (рис. 3). Из графиков видно, что сорбционная активность глин возрастает с увеличением валентности растворов, т. е. в последовательности $KCl \rightarrow CaCl_2 \rightarrow FeCl_3$. Наибольшей сорбционной активностью обладает бентонитовая глина, а наименьшей каолиновая.

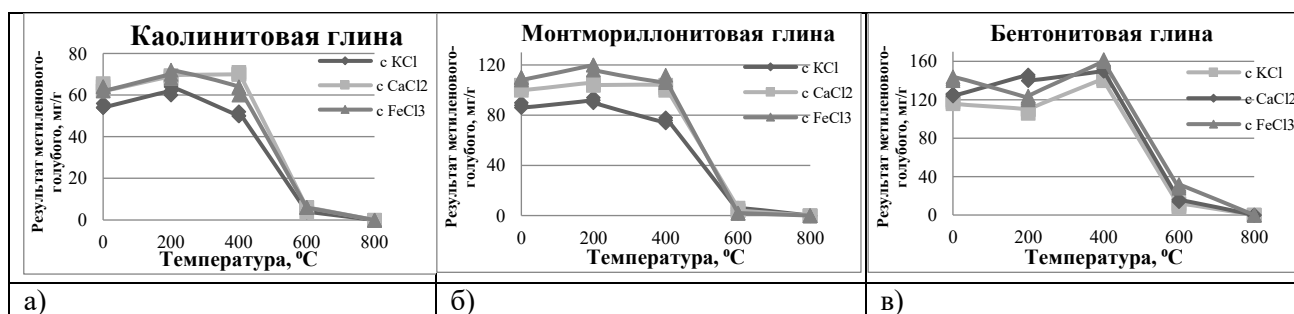


Рис. 3. Графики изменения адсорбции глин: а) каолиновой, б) монтмориллонитовой, в) бентонитовой глин, подверженных термической обработке и насыщенных соляными (катионными) растворами

Заключение:

1. Выявлено, что с увеличением температуры отжига до 200°C сорбционная активность исследуемых глин увеличивается за счет увеличения энергетического потенциала на поверхности частиц. При отжиге в 600°C показатель сорбции снижается в 6-8 раз, а при 800°C сорбция отсутствует.

2. При обработке бентонитовой глины температурой до 100°C ее адсорбционная активность существенно не изменяется, а при температуре обработки глины от 100°C до 220°C,

наоборот, увеличивается на 20%.. Это, вероятно связано с увеличением энергетической активности поверхности частиц, обусловленной удалением молекул воды с поверхности энергетически центров.

3. Установлено, что при обработке глин растворами солей, их сорбционная активность возрастает следующей последовательности $KCl \rightarrow CaCl_2 \rightarrow FeCl_3$.

Поддержка

Работа выполнена в рамках реализации лучших проектов фундаментальных научных исследований, выполняемыми молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре («Аспиранты»). Работа поддержана грантом РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90027.

The work was carried out within the framework of the implementation of the best projects of fundamental scientific research carried out by young scientists studying in graduate school («Postgraduate students»). This work was supported by the RFBR grant in the framework of the scientific project number 20-35-90027.

Литература

1. Анюхина А.В., Федоров М.В. Изменение содержания воды в глинах при высоких давлениях // *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. Пермь, 2017. С. 100-101.

2. Анюхина А.В., Федоров М.В. Изучение форм связанной воды в глинах. *Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых: в 3 т. / отв. ред. А. Б. Трапезникова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2018. – Т. III.*

3. Долгов С.И. О связанной и капиллярной воде в почве // *Почвоведение*. №9-10. 1943.

4. Злочевская Р.И., Королев В.А., Кривошеева З.И., Сергеев Е.М. О природе изменения свойств связанной воды в глинах под действием повышающихся температур и давлений // *Вестник Московского Университета Серия 4. Геология*. 1977. №3. С.80-96.

5. Злочевская Р.И. *Связанная вода в глинистых грунтах*. М.: Изд-во Москва.гос. ун-та. 1969. 175с.

6. Лебедев А.Ф. *Почвенные и грунтовые воды*. М.-Л.: Сельхозгиз, 1930.-278 с.

7. Осипов В.И., Солоколов В.Н. *Глины и их свойства*. М.:ГЕОС. 2013. 576 с.

8.Роде А.А. *Основы учения о почвенной влаге*. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва. 2008. Т. 3. 664 с.

9.Сергеев Е.М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. *Грунтоведение*. М.: МГУ, 1973. 388 с.

10.Середин В.В., Федоров М.В., Лунегов И.В. , Медведева Н.А. Закономерности изменения сил адгезии на поверхности частиц каолиновой глины, подверженной сжатию. *Инженерная геология*. 2018. №3.С. 8-18.

11. Sruthi P.L., Reddy P.H.P. Swelling and mineralogical characteristics of alkali-transformed kaolinitic clays // *Applied Clay Science*. – 2019. – Vol. 183, p.105353. DOI: 10.1016/j.clay.2019.105353

12. Synthesis and characterization of zeolite LTA by hydrothermal transformation OF A natural Algerian palygorskite / Y. L. Dali, L.S. Belaroui, A. López-Galindo, C. Verdugo-Escamilla // *Applied Clay Science*. – 2020. – Vol. 193, 105690. DOI: 10.1016/j.clay.2020.105690.

13. Медведева Н.А., Ситева О.С., Середин В.В Сорбционная способность глин, подверженных сжатию. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2018. Т. 18. № 2. С. 118-128.

УДК 551.3

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЧАСТКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ КРЫМСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Балахнин Дмитрий Андреевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,
г. Пермь,
e-mail: dbalaxnin@mail.ru*

Волков Станислав Андреевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,
г. Пермь,
e-mail: deni.volk00@gmail.com*

Кивилёва Зоя Васильевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант 2 года
обучения,
г. Пермь,
e-mail: zoya.kivileva@mail.ru*

Научный руководитель: *к.г.-м.н, доцент, Ковалёва Татьяна Геннадьевна*

Аннотация: Крымский район характеризуется широким распространением просадочных грунтов, что в свою очередь влияет на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений. При строительстве на территории распространения специфических грунтов необходимо изучение дополнительных условий (тип грунтовых условий, величина просадки от собственного веса, мощность просадочной толщи и площадное распространение). В статье рассмотрены особенности распространения просадочных грунтов, определены величина относительной просадочности, начальное просадочное давление и тип грунтовых условий.

Ключевые слова: просадочность, Крымский район, инженерно-геологические условия, специфические грунты.

FEATURES OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE AREA OF DISTRIBUTION OF SUBSIDENCE SOILS OF THE CRIMEAN DISTRICT

Dmitriy Balakhnin

*Perm State National Research University, 3rd year student,
Perm,
e-mail: dbalaxnin@mail.ru*

Stanislav Volkov

*Perm State National Research University, 3rd year student,
Perm,
e-mail: deni.volk00@gmail.com*

Zoya Kivilyova

*Perm State National Research University, Post-graduate Student,
Perm,
e-mail: zoya.kivileva@mail.ru*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Tat'yana Kovalyova*

Abstract: The Crimean region is characterized by a wide spread of subsidence soils, which in turn affects the construction and operation of buildings and structures. When building on the territory of the distribution of specific soils, it is necessary to study additional conditions (the type of soil conditions, the amount of subsidence from its own weight, the thickness of the subsidence layer and the areal distribution). The article considers the features of the distribution of subsidence soils, determines the value of the relative subsidence, the initial subsidence Pressure and the type of soil conditions.

Keywords: subsidence, Crimean region, engineering and geological conditions, specific soils.

Введение. Просадочные грунты занимают около 15% территории Российской Федерации, они почти сплошным покровом лежат на юге ее европейской части. В Крымском районе Краснодарского края просадочные грунты залегают под зданиями, промышленными сооружениями, дорогами, сельскохозяйственными полями и из-за своих специфических свойств оказывают влияние на жизнь людей. Они чутко реагируют на техногенные воздействия. Неправильная или неполная инженерно-геологическая оценка территории, на которой распространены просадочные грунты, влечет за собой весомые последствия: деформации зданий и сооружений. Эти грунты требуют особого подхода в процессе инженерно-геологических изысканий, а также постоянного наблюдения за техногенными факторами, влияющими на их свойства, такими как: подъем уровня подземных вод, замачивания просадочных грунтов, аварийные ситуации на предприятиях, проблемы с водоснабжением. Следовательно, деформация и разрушение значительного количества зданий и других строительных сооружений из-за неправильной оценки инженерно-геологических условий и неправильного прогноза их изменений, говорит о том, что эти подходы требуют совершенствования в районах распространения просадочных грунтов.

Объект исследования: изыскания в районе распространения грунтов, обладающих просадочными свойствами, которые являются основанием зданий и сооружений в строительстве.

Предмет исследования: просадочные грунты, которые определяют устойчивость зданий и сооружений.

Цель исследования: оценка особенностей проведения инженерно-геологических изысканий в районах распространения просадочных грунтов Крымского района.

Задачи:

1. Выделение особенностей инженерно-геологических условия в рассматриваемом районе;
2. Выявление неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений, способствующих развитию процессов просадочности;
3. Изучение состава, состояния и свойств грунтов Крымского района;
4. Выдача рекомендаций по защите от опасных геологических процессов.

Одной из особенностей инженерно-геологического строения Крымского района Краснодарского края является распространения просадочных грунтов. Инженерно-геологические изысканий в районах распространения просадочных грунтов регламентируются требованиями нормативных документов (СП 11-105-97 ч.III, СП 448.1325800.2019) и включают в себя (сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет, дешифрирование аэро- и космоматериалов, маршрутные наблюдения, проходка горных выработок, полевые исследования грунтов, гидрогеологические, геофизические, сейсмологические исследования, лабораторные исследования грунтов и подземных вод, камеральная обработка материалов, составление прогноза изменений инженерно-геологических условий, оценка опасности и риска от геологических и инженерно-геологических условий, составление технического отчета) [5,6]. Отличительной особенностью инженерно-геологических изысканий в районе распространения просадочных грунтов состоит в обязательном установлении следующих параметров:

- приуроченность просадочных пород к определенным геоморфологическим элементам и формам рельефа;
- тип грунтовых условий;
- мощность просадочной толщи и ее изменения по площади;
- цикличность строения;
- особенности структуры и текстуры;
- величины просадок от собственного веса;
- гранулометрический состав;
- характер деформаций существующих зданий и сооружений;

–наличия возможных источников замачивания грунта [2,3].

Просадочные грунты в соответствии с СП 11-105-97 ч. III относятся к специфичным грунтам, то есть грунтам, требующим особого внимания при инженерно-геологических изысканиях, как изменяющие свою структуру и свойства в результате замачивания. Основными специфическими характеристиками просадочных грунтов являются относительная просадочность ε_{sl} , начальное просадочное давление p_{sl} и начальная просадочная влажность ω_{sl} . Просадочными принято называть грунты, которые при их увлажнении характеризуются относительной дополнительной осадкой – относительной просадочностью $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$. К ним относятся пылевато-глинистые разновидности дисперсных осадочных минеральных грунтов такие как лессовидные супеси и суглинки, а также насыпные грунты [1]. Наибольшая просадочность характерна для лессов, покрывающих обширные плоские водоразделы, их склоны, поверхность высоких террас, в поймах и нижних частях склонов просадки практически отсутствуют. На активизацию данного процесса влияют разнообразные факторы. К основным, из которых относятся: степень и режим увлажнения пород, гранулометрический состав, минералогический состав, физико-механические свойства пород, мощность и глубина их залегания, техногенная нагрузка [2].

Просадочность обычно проявляется при техногенном замачивании или повышении влажности просадочных грунтов, связанных с утечками из водонесущих коммуникаций; интенсивным поливом парков, садов, огородов; строительством каналов, водохранилищ, оросительных систем; нарушениями режима испарения и миграцией влаги под экранирующими покрытиями (взлетно-посадочные полосы, асфальтированные стоянки автомашин, площади, улицы и др.) [4].

Особенности инженерно-геологических условий участка распространения просадочных грунтов рассмотрены на примере Крымского района Краснодарского края. Оценка геологических условий территории исследования дана по результатам выполненных инженерно-геологических изысканий в 2020 году.

Крымский район расположен в юго-западной части Краснодарского края. Общая площадь его составляет 1,6 тыс. км². Исследуемая территория на севере граничит со Славянским районом (по реке Кубань), на западе – с Анапским районом, на востоке – с Абинским районом, на юге — с Новороссийском и Геленджиком (рисунок 1). В геоморфологическом отношении Крымский район располагается на территории пластовых денудационных и аккумулятивных равнин Причерноморской и Азово-Кубанской низменностей. Абсолютные отметки рельефа изменяются от первых метров в пределах поймы р. Кубань, до 120 м на склонах водоразделов. Большая часть территории Крымского района подвержена техногенному воздействию (сельскохозяйственные луга и пашни, сеть водосборных каналов, грунтовых и асфальтированных дорог).

В соответствии со схемой климатического районирования для строительства, приведенной в СП 131.13330.2012, участок изысканий располагается в строительно-климатической зоне III-Б. Климат исследуемого района характеризуется умеренно холодной зимой и жарким летом.

В геологическом отношении исследуемая территория сложена юрскими (J), палеогеновыми (P), неогеновыми (N) образованиями и перекрывающими их четвертичными отложениями (Q). В приповерхностной части исследуемого участка по данным инженерно-геологического бурения до глубины 15,0 м принимают участие четвертичные отложения, представленные почвенно-растительным слоем (pQ), насыпными грунтами (tQIV), аллювиальными (aQ) и аллювиально-морскими (amQ) отложениями, сложенными преимущественно глинистыми образованиями, реже песками.

В соответствии с полевым описанием грунтов и лабораторными данными, классификации их по ГОСТ 25100-2011 и в соответствии с ГОСТ 20522-2012 на изыскиваемой территории выделено 8 инженерно-геологических элементов и 2 слоя. Насыпной грунт (tQ) и почвенно-растительный слой (pQ) в отдельные ИГЭ не выделялись в виду малой мощности и ограниченного распространения.

Геологический разрез в пределах пойменной части р. Кубань представлен преимущественно мягко- и тугопластичными суглинками с мощными прослоями песков пылеватых, и подстилающими их твердыми суглинками, и глинами. В песках пылеватых и пластичных суглинках вскрывается уровень грунтовых вод. Геологический разрез склонов водоразделов и высоких террас представлен преимущественно суглинками твердыми просадочными, и подстилающими их твердыми суглинками, и глинами. Глубина залегания суглинков, обладающих просадочностью изменяется от 1,3 до 6,2 м, Мощность увеличивается с возрастанием абсолютных отметок рельефа. Подземные воды до глубины 10 м не вскрыты.



Рис. 1 Расположение района исследования на территории Краснодарского края (региональный масштабный уровень)

Согласно лабораторным данным суглинки легкие, реже тяжелые, пылеватые твердые, слабopросадочные, ненабухающие, с редкими прослоями супеси. Суглинки характеризуются относительно остальных грунтов низкой влажностью ($W = 0,115$ д.е.) и низкими значениями плотности грунта ($\rho=1,74$).

Для определения просадочности грунта выполнялись компрессионные испытания в естественном и водонасыщенном состояниях без возможности бокового расширения образцов грунта (рисунок 2). По компрессионным кривым (метод двух кривых) определялась относительная деформация просадочности ε_{sl} при различных давлениях, начальное просадочное давление P_{sl} .

Согласно лабораторным данным нормативное значение относительной деформации просадочности ε_{sl} для суглинки равно 0,019 д.е., начального просадочного давления $P_{sl} - 0,142$ МПа (при нормальном давлении $P=0,3$ МПа), что согласно табл. Б.21 ГОСТ 25100-2011 классифицирует глинистые грунты как слабopросадочные.

Для просадочных грунтов согласно СП 21.13330.2012 определяется тип грунтовых условий. В зависимости от величины просадки грунтов от собственного веса различают I тип – величина просадки отсутствует или не превышает 5 см, и II тип – если просадка превышает 5 см. На территории Крымского района Краснодарского края выделяется II тип грунтовых условий.

При проектировании зданий и сооружений на просадочных грунтах необходимы мероприятия по обеспечению прочности и нормальной их эксплуатации:

- устранение просадочных свойств грунтов путем уплотнения, предварительного замачивания, закрепления грунтовых толщ набивными и прочими армированными конструкциями;
- прорезка просадочной толщи грунтов забивными, буровыми сваями и фундаментами глубокого заложения с опиранием их на подстилающие непросадочные грунты;
- водозащитные мероприятия, с целью предотвращения замачивания грунтов основания;
- конструктивные мероприятия, обеспечивающие повышение прочностных жестких зданий и сооружений и увеличение податливости сооружений гибкой конструкции, в случае неравномерных деформаций грунта.

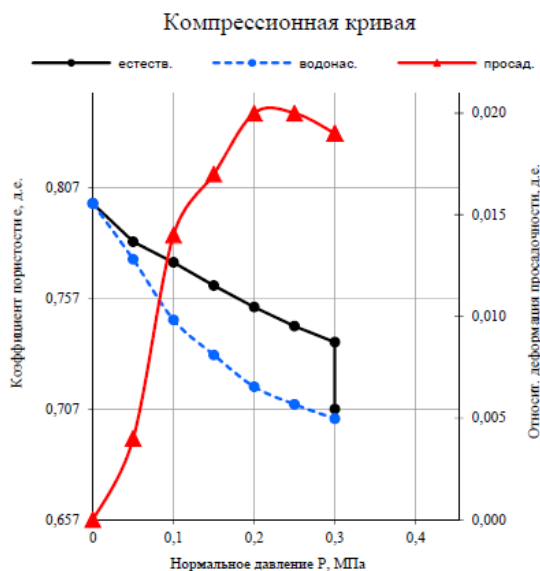


Рис. 2 – График компрессионной кривой

Заключение. Особенностью инженерно-геологического строения Крымского района Краснодарского края является распространение просадочных грунтов. Эти грунты требуют особого подхода в процессе инженерно-геологических изысканий и дальнейшего использования, за ними необходимо постоянное наблюдение, так как они сильно подвержены влиянию различных техногенных факторов. Неблагоприятными инженерно-геологическими процессами и явлениями исследуемой местности являются интенсивный полив садов и огородов, утечки из водонесущих коммуникаций, нарушение режима испарения и миграцией влаги под экранирующими покрытиями (взлетно-посадочные полосы, асфальтированные стоянки автомашин, площади, улицы, железные и автомобильные дороги), а также овражно-балочная эрозия и подтопление. Сама территория района расположена на пластовых денудационных и аккумулятивных равнин Причерноморской и Азово-Кубанской низменностей. Просадочные грунты исследуемой области приурочены низкогорному и холмистому эрозионному тектоническому рельефу. На территории Крымского района просадочные грунты распространены почти повсеместно, мощность их в среднем составляет 1,3-6,2 метров. Согласно СП 21.13330.2012 по просадке от собственного веса грунты на территории Крымского района относятся ко второму типу грунтовых условий. Для безаварийного функционирования зданий и сооружений на территории распространения просадочных грунтов необходимо применение специальных мероприятий (устранение просадочных свойств грунтов, водозащитные мероприятия и при необходимости проведение конструктивных мероприятий по укреплению фундаментов).

Литература

1. Беляев Н.В., Иванкова Н.С. Просадочные грунты как одна из главных проблем современного фундаментостроения. Журнал: СИНЕРГИЯ НАУК. С. 1212-1218. [1]
2. Востриков Н.Г. Особенности инженерно-геологических изысканий в районах распространения просадочных грунтов. ЖУРНАЛ: Геология, География и Глобальная Энергия. Издательство Астрахань. С. 203-206. [2]
3. Н.А. Платов, А.Д. Потапов, Н.А. Лаврова, И.А. Потапов, М.А. Калашников. Инженерно-геологические изыскания в сложных условиях. Москва. С. 42-43. [3]
4. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. редакция СП 11-105-97. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. [4]
5. СП 448.1325800.2019 Инженерные изыскания для строительства в районах распространения просадочных грунтов. Общие требования. редакция СНиП 11-02-96. – М.: Стандартинформ, 2019. – Глава 4. [5]
6. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. СП 11-105-97. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – Глава 4. [6]

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ИОНОВ ЖЕЛЕЗА НА АДсорбЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ ПО ВОДЯНОМУ ПАРУ

Джугинисов Максим Алексеевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
магистрант 1 курса,
г. Пермь
e-mail: maks150494@mail.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Середин Валерий Викторович

Аннотация: В статье приведены результаты исследования изменения адсорбционных свойств активированной бентонитовой глины. Установлено, что опробованные методы активации глины: давлением и давления с последующим насыщением глины ионами железа оказывают разнонаправленное воздействие на адсорбционную активность бентонитовой глины. Активация давлением повышает адсорбционную активность глины, а давление с последующим насыщением ионами железа, наоборот, снижает адсорбционную активность бентонитовой глины.

Ключевые слова: обменные катионы, адсорбция, сорбция, влажность, давление, бентонит, кристаллическая решётка, глина.

Maxim Dzhuginisov

*Perm state national research university, 1st year Master's Degree Student,
Perm
e-mail: maks150494@mail.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor Valery Seredin

Abstract: The article presents the results of a study of changes in the adsorption properties of activated bentonite clay. It was found that the tested methods of clay activation: pressure and pressure followed by saturation of clay with iron ions have a multidirectional effect on the adsorption activity of bentonite clay. Activation by pressure increases the adsorption activity of clay, and pressure, followed by saturation with iron ions, on the contrary, decreases the adsorption activity of bentonite clay.

Keyword: exchangeable cations, adsorption, sorption, humidity, pressure, bentonite, crystal lattice, clay.

Введение Физические, механические и химические, в том числе и сорбционные свойства глин зависят от группы факторов, определяющих энергетический потенциал на поверхности частиц. Для формирования энергетического потенциала глины используются различные способы их активации: щелочной, кислотный, ультрафиолетовый, механический и др.[1,2]. Влияние высокого давления на изменения свойств глин, изучено не достаточно полно. Поэтому целью работы является оценка влияния высокого давления и ионов железа на адсорбционную способность бентонитовой глины по водяному пару.

Объектом исследований является бентонитовая глина. По результатам рентгеноструктурного анализа [3] бентонитовая глина в обогащенном состоянии состоит из монтмориллонита (88,0%), кварца (8,1%), плагиоклаза (1,2%), кальцита (0,6%), каолинита (0,9%), гидрослюда (0,9%), калиевых полевых шпатов (0,3%)

Методика исследований. Образцы обогащенной глины обрабатывались давлением от $P=0$ МПа до $P=800$ МПа на специально сконструированном приборе.

Определение адсорбции (A_1) образцами [4] водяного пара из воздуха, при комнатной температуре $t=22^\circ\text{C}$.

Для этого образцы помещали в бьюксы с открытой крышкой и оставляли на 24 часа в комнате при температуре воздуха $t=22^{\circ}\text{C}$, а затем высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при $t=200^{\circ}\text{C}$. Адсорбция определялась по зависимости:

$$A_1 = m_1/m_r \quad (1)$$

где m_1 - масса воды, мг; m_r - масса сухой глины, г

Определение адсорбции (A_2) образцов насыщенных водяным паром. Для этого образцы в бьюксах с открытой крышкой помещались на решетку накрытой сверху стеклянным колпаком. Снизу подавался пар в течение 7 часов. Затем образцы высушивались при $t=200^{\circ}\text{C}$ и рассчитывалась адсорбция по зависимости (1).

Определение концентрации фильтрата после обработке глины хлоридом железа (Сф). Высушенный грунт, массой $m_r = 3\text{г}$ помещался на 24 часа в стакан с раствором хлорида железа FeCl_3 , концентрацией - $C=5\text{мг/дм}^3$ и объемом 100мл. Затем фильтруем полученный раствор: на фильтре остаются частицы глины, а в стакане фильтрат. В фильтрате определяем оптическую плотность раствора, измеренную на фотоколориметре при длине волны $\lambda=425\text{ нм}$ в кювете $l=10\text{ мм}$ по отношению к холостой пробе [5]. Затем по градуировочному графику используя оптическую плотность определяли концентрацию ионов железа в фильтрате.

Определение адсорбции, по водяному пару (A_3), глины предварительно насыщенных ионами железа. Для этого насыщенный ионами железа грунт сушим при $t=200^{\circ}\text{C}$, затем по схеме A_2 насыщаем его парами воды и определяем адсорбцию по зависимости (1).

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

Таблица

Результаты исследований					
№ пробы	P, МПа	Адсорбция глины водяного пара из воздуха, A_1 , мг/г	Адсорбция глины по водяному пару, A_2 , мг/г	Адсорбция глины по водяному пару, предварительно насыщенная ионами $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – A_3 , мг/г	Концентрация хлорида железа в фильтрате Сф, мг/дм ³ .
1	0	91,0	180,0	278,0	2,19
2	10	92,6	212,5	273,0	3,67
3	25	95,0	209,0	218,4	6,08
4	35	96,4	205,4	247,2	5,92
5	50	94,0	223,5	221,4	5,94
6	60	99,0	193,2	230,0	5,92
7	85	100,0	220,0	212,9	6,32
8	105	97,5	211,2	195,2	7,45
9	125	96,0	224,0	180,0	6,94
10	200	95,8	230,0	197,0	8,43
11	300	99,7	215,7	205,0	10,49
12	400	98,7	230,0	184,0	9,21
13	500	99,2	206,9	210,6	12,08
14	600	100,7	239,3	187,0	7,63
15	700	104,0	220,0	225,8	8,75
16	800	103,0	244,0	164,0	10,82

Обсуждение результатов исследований.

На рисунке 1 приведено поле корреляции между давлением (P) и адсорбцией водяного пара из воздуха (A_1) бентонитовой глины. Из рисунка видно, что с увеличением давления обработки глины до 150 МПа ее (глины) адсорбционная активность возрастает от $A_1= 91\text{мг/г}$ до $A_1= 100\text{мг/г}$. При увеличении давления до $P=800\text{МПа}$ существенного изменения адсорбционной активности глины не наблюдается.

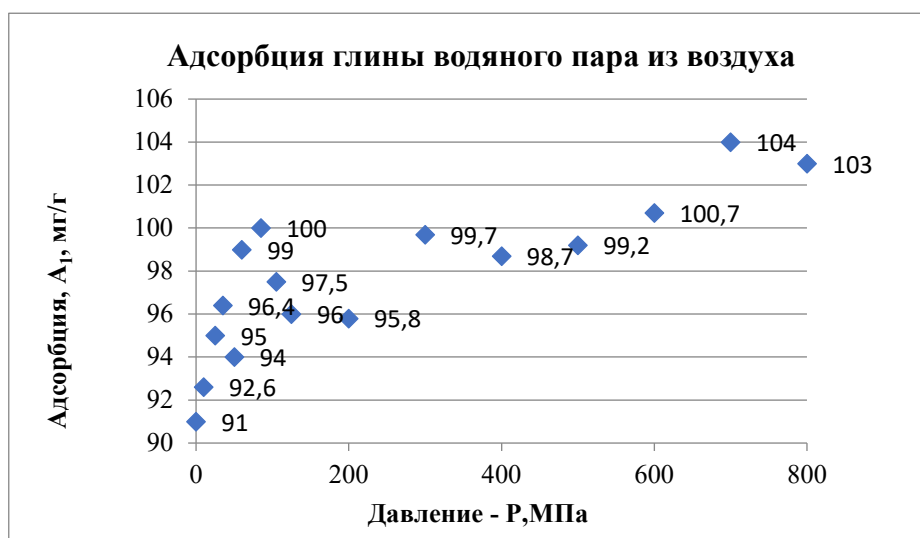
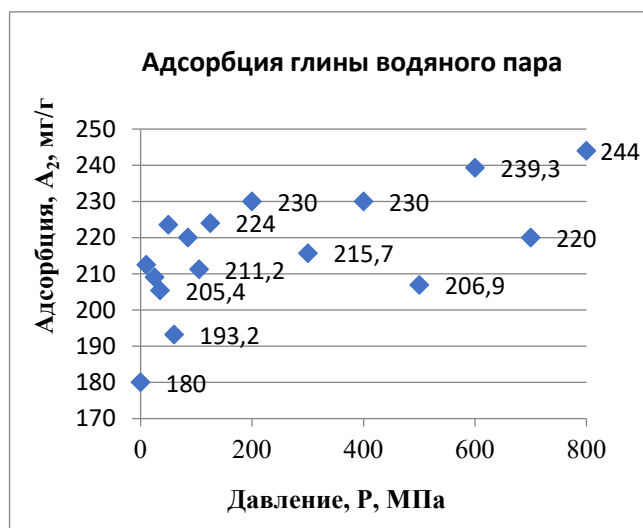
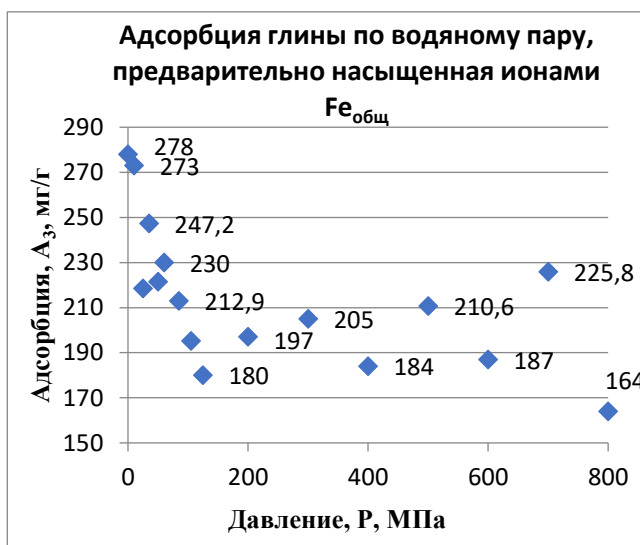


Рис.1. Поле корреляции между давлением (P) и адсорбцией водяного пара из воздуха (A₁) бентонитовой глины

Анализ изменения адсорбции насыщенного водяного пара бентонитовой глиной (рис. 2а) показал, что зависимость A₂ от P аналогична вышеописанной. Однако численные значения адсорбции A₂ возрастают по сравнению с A₁ в 2-2,5 раза. Это связано с тем, что образцы находятся в более насыщенной влагой емкости (над паровой баней).



а



б

Рис.2. Поле корреляции между давлением (P) и адсорбцией водяного пара бентонитовой глиной: а) предварительно обработанной давлением (A₂); б) обработанной давлением и предварительно насыщенной ионами железа (A₃)

На рисунке 2б приведены данные адсорбции глины предварительно обработанной давлением и насыщенной ионами железа (A₃). Из рисунка видно, что с увеличением давления до P=150МПа адсорбционная активность глины снижается от A₃=278мг/г до A₃=180мг/г. При дальнейшем увеличении давления до P=800МПа A₃ существенно не изменяется и в среднем составляет A₃=190мг/г.

Таким образом, различные методы активации глины: давлением (рис. 2а) и давлением плюс насыщением глины ионами железа (рис. 2б) оказывают разнонаправленное воздействие на адсорбционную активность бентонитовой глины. Активация давлением повышает адсорбционную активность глины, а давление с последующим насыщением ионами железа, наоборот, снижает адсорбционную активность бентонитовой глины.

Для выяснения причинно-следственных связей полученной закономерности изучено влияние давления обработки глины на содержание в ней ионов железа (рис. 3).

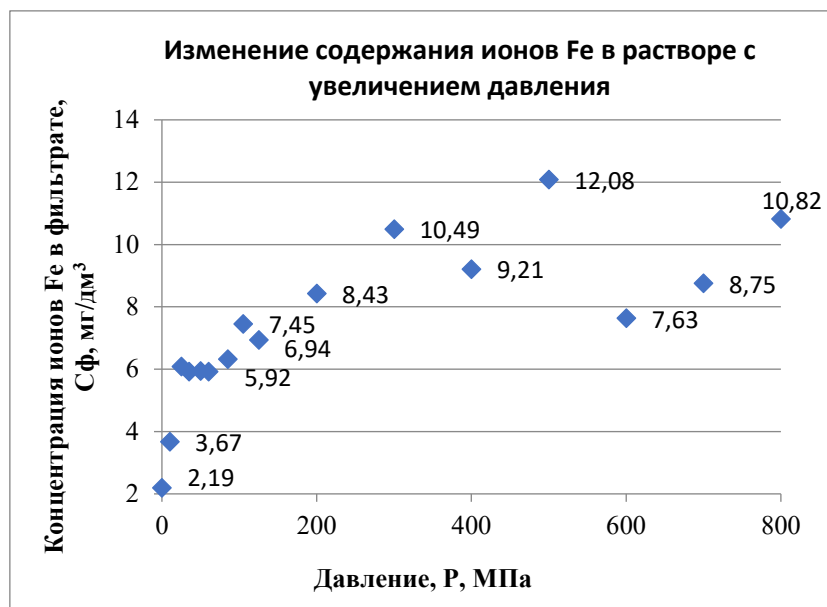


Рис.3. Поле корреляции между давлением (Р) и концентрацией ионов железа (Сф) в фильтрате

На рисунке 3 приведены экспериментальные данные по изменению концентрации фильтрата полученного из раствора хлорида железа $FeCl_3$, с начальной концентрацией $C=5\text{мг/дм}^3$. Из рисунка видно, что с увеличением давления от $P=0$ МПа до $P=10$ МПа глина сорбирует ионы железа в объеме от 2,81 до 1,33 мг/дм^3 . С увеличением давления $P=25-200$ МПа, наоборот, глина «отдает» в раствор ионы железа до 2 мг/дм^3 , а при дальнейшем увеличении давления до $P=800$ МПа концентрация фильтрата существенно не изменяется. Это свидетельствует о том, что ионы железа в фильтрат не поступают из глины.

Полученную закономерность можно объяснить следующим образом. В обогащенной бентонитовой глине содержание оксидов железа достигает 7,70% [1]. При активации глины давлением происходит разрушение оксидов железа. Одна часть ионов Fe^{3+} «выносятся» в диффузный слой частицы, который нами зафиксирован в виде увеличения концентрации фильтрата по ионам железа. Другая часть ионов железа компенсирует отрицательный заряд на поверхности глинистых частиц, снижая ее энергетическую емкость, и как следствие уменьшает адсорбционную активность глины.

Заключение. В процессе исследований установлено, что опробованные методы активации глины: давлением и давления с последующим насыщения глины ионами железа оказывают разнонаправленное воздействие на адсорбционную активность бентонитовой глины. Активация давлением повышает адсорбционную активность глины, а давление с последующим насыщением ионами железа, наоборот, снижает адсорбционную активность бентонитовой глины.

Литература

1. Изменение физико-химических свойств глин, подверженных давлению / Середин В.В., Ситева О.С., Алванян К.А, Андрианов А.В.// Недропользование. – 2020. – Т.20, №4. – С.304-316. DOI: 10.15593/2712-8008/2020.4.
2. Медведева Н.А., Ситева О.С., Середин В.В. Сорбционная способность глин, подверженных сжатию Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2018. Т. 18. № 2. С. 118-128.
3. Changes of energy potential on clay particle surfaces at high pressures / V.V. Seredin, T.Y. Parshina, A.V. Rastegaev, V.I. Galkin, G.A. Isaeva // Applied Clay Science. – 2018. – Vol. 155. – P. 8-14. DOI: 10.1016/clay.2017.12.042
4. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
- 5.л ПНД Ф 14.1:2.50-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИНТОВЫХ СВАЙ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РАЙОНОВ С ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТОЙ

Шелакина Марина Алексеевна

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный университет», молодой ученый,
г. Краснодар
e-mail: libral1@bk.ru*

Ишков Александр Сергеевич

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный университет», студент 3 курса,
г. Краснодар
e-mail: sashaishkov@mail.ru*

Научный руководитель: *к.г.-м.н., заведующий кафедрой региональной и морской геологии,
Любимова Татьяна Владимировна*

Аннотация: Актуальность темы связана с тем, что освоение северных территорий, с условиями вечной мерзлоты, специфических органо-минеральных грунтов потребовало вновь вернуться к вопросу использования винтовых свай, как экономически выгодных, наименее трудоемких при производстве и транспортировке. Фундаменты, устроенные с применением винтовых свай – довольно новый вид фундаментов; потенциал этой технологии еще слабо раскрыт. Связано это, прежде всего, со слабой изученностью работы винтовых свай в отдельных инженерно-геологических условиях. В статье описываются перспективы применения винтовых свай в строительстве, оценка экономической эффективности свай, применение их для фундаментов на мерзлых грунтах. На примере территорий Западной Сибири рассмотрены преимущества строительства и эксплуатации инфраструктуры объектов месторождений нефти.

Ключевые слова: винтовые сваи, вечномерзлый грунт, инженерно-геологические условия, строительство.

APPLICATION OF SCREW PILES IN ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF PERMAFROST AREAS

Marina Shelakina

*Kuban State University, Young Researcher,
Krasnodar,
e-mail: libral1@bk.ru*

Alexander Ishkov

*Kuban State University, 3 st. year Student,
Krasnodar,
e-mail: sashaishkov@mail.ru*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy, Head of the Department of Regional and Marine Geology, Tatyana Lyubimova*

Abstract: The relevance of the topic is connected with the fact that the development of the northern territories, with the conditions of permafrost, specific organo-mineral soils required to return to the issue of using screw piles as economically profitable, the least labor-intensive in production and transportation. Foundations constructed using screw piles are a fairly new type of foundation; the potential of this technology is still poorly disclosed. This is primarily due to the poor knowledge of the operation of screw piles in certain engineering and geological conditions. The article describes the prospects for the use of screw piles in construction, the assessment of the economic efficiency of piles, their use for foundations on frozen soils. On the example of the territories of Western Siberia, the advantages of the construction and operation of the infrastructure of oil field facilities are considered.

Keywords: screw piles, permafrost ground, engineering and geological conditions, construction.

Можно смело сказать, что фундаменты, устроенные с применением винтовых свай – довольно новый вид фундаментов. Уже сегодня винтовые сваи обретают широкую известность при возведении фундаментов самых разных объектов. Несмотря на то, что применения винтовых свай в современном строительстве занимает относительно небольшую долю, данная технология зарекомендовала себя с самой наилучшей стороны.

Сегодня существуют два подхода к технологии производства свай:

- отечественный (несущая способность сваи увеличивается за счет увеличения диаметра ствола и лопасти);
- западный (несущая способность увеличивается благодаря добавлению лопастей и увеличению толщины трубы).

В России технологии разрабатывались независимо от западных достижений, поскольку конфигурацию сваи во многом определяет прочность грунта. Если сваи с двумя и более лопастями применимы больше для глинистых и влажных грунтов, то в России, где большая часть территории находится в северных широтах важна была простота погружения. Именно потому отечественные сваи однолопастные или многовитковые.

Вторая причина — материалоемкость. В СССР отдавали предпочтение легкости погружения, мало принимая во внимание экономическую составляющую. Однако популярная «анкерная» свая (лопасть на заостренном конце) хуже держала осевую нагрузку, потому в то время эту проблему решали увеличением диаметра опоры и лопасти. Это объясняет, почему отечественные сваи не пользуются спросом в Европе и США. Зарубежные технологии пошли по иному пути — лопасти не располагались непосредственно на краю ствола, улучшая качество фундамента на винтовых сваях [2].


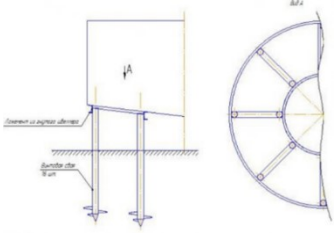
В России впервые возможность применения винтовой сваи в условиях вечной мерзлоты обводнённых и слабых грунтов было продемонстрировано Дмоховским Владиславом Карловичем в конце XIX в. Та конструкция, которая сейчас часто используется (стальная винтовая свая с одной лопастью в 1,25 витка, начинающейся на скошенной части ствола и плавно увеличивающейся в ширину), была изобретена Виктором Николаевичем Железковым. Он выбрал эту конфигурацию, потому что такое расположение лопасти облегчало и ускоряло процесс завинчивания, особенно в плотных и промерзших грунтах, и делало сваю более универсальной. Так как технологию в СССР использовали в военном строительстве, строительстве ЛЭП и трубопроводов, именно скорость и универсальность были главными приоритетами, на что и ориентировался В.Н. Железков.

В настоящее время в нефтегазовой промышленности винтовые сваи применяются как показано в таблице 1 [1]:

Таблица 1

Преимущества использования винтовых свай под различные типы сооружения

Тип сооружения	Преимущества использования
<p data-bbox="188 1413 520 1444">Опоры для трубопроводов</p> 	<p data-bbox="584 1413 1430 1711">Опоры нефтеперекачанных и других трубопроводов испытывают вертикальные, выдергивающие, горизонтальные нагрузки, именно по этой причине лучшим фундаментом для трубопроводов являются винтовые сваи. Они с легкостью выдерживают все эти типы нагрузок и очень быстро монтируются. Это самое быстрое, эффективное и экономически выгодное решение для прокладки трубопровода. Винтовые сваи используются также в качестве фундамента, работающего как анкер, при прокладке трубопроводов в болотах и под водой.</p>
<p data-bbox="228 1718 501 1749">Станки нефтедобычи</p> 	<ul style="list-style-type: none"> •Незначительные расходы на транспортировку винтовых свай к месту монтажа; •станки нефтедобычи на фундаменте из винтовых свай не подвержены силам пучения грунтов; •опора в виде винтовых свай дает возможность быстро и без затрат выровнять фундамент для установки станка нефтедобычи; •срок службы фундамента на винтовых сваях для станка нефтедобычи значительно превышает этот показатель для обычного железобетонного фундамента, позволяя не ремонтировать его весной, когда танки обычно «сползают» с фундамента или кренятся в момент оттаивания грунта.

<p>Быстровозводимые сооружения, склады, цеха</p> 	<ul style="list-style-type: none"> •Фундамент на винтовых сваях позволяет строительство зданий и сооружений в стесненных условиях; •отсутствуют вибрации в момент монтажа винтового фундамента, которые могут разрушать рядом стоящие сооружения; •высочайшая скорость строительства фундамента на винтовых сваях; •низкая стоимость свайного фундамента.
<p>Емкости и резервуары нефтехранилищ и других назначений</p> 	<p>Если емкость установлена на фундамент из железобетона, то, осмотр его днища затруднен, или даже невозможен. Фундамент же на винтовых сваях позволяет с легкостью проводить ревизию емкости с любых сторон и вовремя избежать аварий и экологических бедствий, связанным с разливом нефтепродуктов</p>

Ниже на примере Лабаганского месторождения нефти можно рассмотреть возможности применения винтовых свай для строительства объектов нефтегазовой промышленности.

Рассматриваемое месторождение расположено в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов, мощность которых составляет 300 – 480 м, под крупными реками и озерами она уменьшается до 280 – 300 м. Мерзлота эпигенетического типа. Тип сезонного промерзания и оттаивания пород – длительно устойчивый. Глубина сезонного колебания температур грунтов составляет 10.0 м. Температура грунта на глубине 10.0 м (глубине нулевых годовых амплитуд) составляет от минус 0.8 до минус 2.0 °С [5]. Особенностью района является его расположение в тундровой зоне, обуславливающее большое разнообразие и дифференцированность поверхностных условий, что приводит к значительной изменчивости характеристик сезонно-мерзлого слоя. [6]. Химический состав твердой среды значения рН от 6,3 до 6,7. Данные показатели рН позволяют применять винтовые сваи при возведении фундамента.

Многолетнемерзлые грунты относятся к группе специфических грунтов. В естественных условиях они обладают высокими прочностными свойствами. Их механические характеристики соизмеримы с соответствующими показателями полускальных грунтов. При сохранении мерзлоты эти грунты будут являться надежным основанием сооружений. Однако изменение условий залегания грунтов, деградация и нарушение температурного режима многолетнемерзлых грунтов, приводит к ухудшению их прочностных свойств. В талом состоянии они обладают текучей и текучепластичной консистенцией, дают большие осадки при оттаивании (особенно льдистые) [7].

В геологическом строении Лабаганского месторождения до глубины 20.0 м принимают участие грунты 5 литологических слоев, которые объединены в 14 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Согласно ГОСТ 25100-2011 (сверху-вниз) это [7]:

- комплекс современных органических грунтов (b QIV), преимущественно торфов, мощностью от 0,5 до 2,9 м.

- комплекс верхнеплейстоценовых и голоценовых аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений (a, Ia QIII-IV), представленных песчано-гравийным грунтом, супесями и суглинками, мощностью от 4 м и более.

- комплекс среднеплейстоценовых морских и ледниково-морских отложений (m, gm QII), преимущественно пески, глины и суглинки, мощностью более 8 м.

Применительно к описанным выше условиям возможно использование узколопастные анкеры с диаметром < 1,5 м.

Сваи, предназначенные для погружения в многолетнемерзлый грунт, имеют большой угол наклона спирали, большее количество "витков" анкерной части, но существенно меньший диаметр анкера.

В отличие от прочих свай, винтовые сваи для мёрзлых грунтов не закачиваются в форме конуса, однако они снабжены заостренным или зазубренным концом. При установке винтовых свай полностью исключаются процессы, связанные с водой, что является важным в условиях Крайнего Севера. В условиях, когда доставка материалов возможна только зимой, применение смеси песка и цемента, которую необходимо постоянно подогревать, нецелесообразно. Тем не менее, не стоит забывать о том, что при установке винтовых свай все равно не обойтись без бетона. Фундаменты на винтовых сваях не требуют проведения земляных работ. Кроме того, при возведении фундамента не требуется выравнивать участок и использовать строительную технику. Уникальность конструкции винтового наконечника позволяет погружать сваи, не нарушая естественной структуры грунта, при этом обеспечивается максимальная несущая способность сваи. Повышенная несущая способность винтовой сваи объясняется тем, что при завинчивании межвитковые промежутки грунта не разрыхляются, а на оборот, уплотняются лопастью сваи. Кроме того, лопасть позволяет распределять усилия входе эксплуатации фундамента по наибольшей площади [4].

Кроме винтовых свай возможно применение в мерзлых грунтах буронабивных свай. Для оценки экономической эффективности были произведены расчеты 2-х типов свай (табл. 2).

Таблица 2
Расчет экономической эффективности фундамента быстровозводимого сооружения на вечномерзлых грунтах

Расчетные показатели	Винтовая свая	Буронабивная свая
Площадь строения	10x15 м.	10x15 м
Количество свай	30 шт.	30 шт.
Длина сваи	12 м	12 м
Материал сооружения	Газосиликатный блок	Газосиликатный блок
Монтаж	1400р./шт	Входит в стоимость
Скорость монтажа	40 шт/смена	25 шт/смена
Стоимость сваи	3400р.	от 1500р./м
Срок службы	До 80 лет	До 75 лет
Итого:	144 000 руб.	540 000 руб.

По результатам расчета можно сделать следующий вывод: стоимость фундамента на винтовых сваях в 3,75 раза экономически выгоднее буронабивной сваи; скорость монтажа винтовых свай в 1,6 раз быстрее; срок службы свай приблизительно равен.

Результаты по оценке эффективности фундаментов на винтовых сваях [3] приведены в таблице 3:

Преимущества и недостатки фундамента на винтовых сваях

Таблица 3

Преимущества фундамента на ВС	Недостатки фундамента на ВС
1. Скорость монтажа и низкая трудоемкость;	1. Устройство фундаментов на винтовых сваях допускается только в районах с низкой или умеренной сейсмической активностью;
2. Низкая цена устройства фундамента;	2. Подвержены коррозии в грунтах с pH менее 5.5;
3. Способность противостоять выдергивающим нагрузкам;	3. Невозможность установки винтовых свай в каменистые, скалистые или очень большая стоимость монтажа
4. Уменьшение объемов земляных работ при устройстве фундаментов;	
5. Широкий диапазон климатических условий;	
6. Возможность повторного использования.	
7. Возможность круглогодичного ведения строительно-монтажных работ.	
8. Безударность погружения	
9. Экологическая безопасность (т.к. исключает рекультивационные работы)	

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

1. Технология винтовых свай стремительно развивается и в будущем способна заменить многие из существующих традиционных свайных технологий. Применение данной технологии имеет широчайший спектр применения (малоэтажное строительство, городское благоустройство, возведение опор ЛЭП и нефтедобывающих сооружений). Основным сдерживающим фактором распространения винтовых свай остается недостаточная изученность их работы в различных инженерно-геологических условиях. Оценка экономической эффективности винтовых по сравнению с буронабивными сваями показала, что стоимость фундамента на винтовых сваях экономически выгоднее буронабивной сваи, скорость монтажа винтовых свай быстрее, а срок службы свай приблизительно равен.

2. Фундамент на винтовых сваях – наиболее эффективное соотношение сил и затраченных средств для будущего основания здания. И это является причиной увеличения объема строительства сооружений с фундаментами таких конструкций, особенно в болотистых местностях и районах Крайнего Севера с возможностью применения в районах с вечной мерзлотой. К районам с вечной мерзлотой относятся: г. Новый Уренгой, г. Салехард, г. Якутск, полуостров Ямал и северные районы Якутии.

Литература

1. *Винтовые сваи в нефтегазовой промышленности [официальный сайт ПК АтомСтройКом]* – URL: <https://atomstroycom.ru/articles/screw-piles/screw-piles-in-the-oil-and-gas-industry/> (дата обращения 25.02.2021г.)

2. *Зарубежные и отечественные винтовые сваи [Электронный ресурс]* – URL: <http://svaigermes.ru/news/otechestvennye-i-zarubezhnye-vintovye-svai-raznica-plyusy-i-minusy/> (дата обращения 01.03.2021г.)

3. Карпенко И.С. *Использование винтовых свай в промышленном строительстве / И.С. Карпенко, С.С. Сафронов // МОЛОДЕЖЬ И XXI ВЕК – 2019. Материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. – Т.4. – С.77-80.*

4. Турдагина, Ю. П. *Винтовые сваи в вечномёрзлых грунтах // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. — URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html> (дата обращения 01.03.2021г.)*

5. *Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Лабаганское месторождение. Кусты 1, 2». Заказ № 1750616/0708Д, Краснодар, ООО «НК «Роснефть» – НТЦ», 2016.*

6. *Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Лабаганское месторождение. Кусты 2, 3, 4, 6». Заказ № 1750616/0710Д, Краснодар, ООО «НК «Роснефть» – НТЦ», 2016.*

5. *Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Обустройство Лабаганского месторождения. Расширение. Куст 5а». Заказ № 1750616/0890Д, Краснодар, ООО «НК «Роснефть» – НТЦ», 2016.*

УДК 552.525

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ АДГЕЗИИ ЧАСТИЦ МОНТМОРИЛЛОНИТОВОЙ ГЛИНЫ, АКТИВИРОВАННЫХ КИСЛОТОЙ И ДАВЛЕНИЕМ

Федоров Максим Вячеславович

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
аспирант 2 года обучения,
г. Пермь
e-mail: fedorovmaxim5035@gmail.com*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Середин Валерий Викторович

Аннотация: Известно, что монтмориллонит, благодаря внутрикристаллическому разбуханию и наличию отрицательного заряда на своей поверхности, который равен 0,66 на элементарную ячейку, используется в качестве природного сорбента во многих отраслях промышленности. В последние годы широкое признание получили различные методики активации энергетических свойств глинистых минералов, с целью улучшения их энергетических и сорбционных свойств. В данном исследовании рассмотрено влияние химической и механической активации монтмориллонитовой глины на изменение ее энергетических свойств, оцененных посредством измерения силы адгезии поверхности частиц. Полученные результаты могут использоваться для формирования глинистых грунтов с «заданными» энергетическими свойствами.

Ключевые слова: монтмориллонит, кислотная активация, механическая активация, сила адгезии, атомно-силовая микроскопия.

THE STUDY OF THE ADHESION FORCES OF MONTMORILLONITE CLAY PARTICLES ACTIVATED BY ACID AND PRESSURE

Maksim Fyodorov

*Perm State National Research University, 2nd Post-graduate year Student,
Perm,
e-mail: fedorovmaxim5035@gmail.com*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Valerij Seredin

Abstract: It is known that montmorillonite, due to its intra-crystalline swelling and the presence of a negative charge on its surface, which is equal to 0.66 per unit cell, is used as a natural sorbent in many industries. In recent years, various methods of activating the energy properties of clay minerals, in order to improve their sorption properties, have been widely recognized. In this study, the influence of chemical and mechanical activation of montmorillonite clay on the change in its energy properties, estimated by measuring the adhesion strength of the particle surface, is considered. The results obtained can be used to form clay soils with "given" energy properties.

Keywords: montmorillonite, acid activation, mechanical activation, adhesion force, atomic force microscopy.

Введение. Глинистые породы являются самым распространенным типом отложений верхней части земной коры, где их содержание составляет 40-50% от общего состава пород [3]. Глины и глинистые минералы, являясь естественной неорганической частью верхней части земной коры, в изобилии доступны и недороги, а также используются в качестве сырья в сотнях промышленных процессов. К примеру, глинистые минералы монтмориллонитовой группы широко используются как универсальные сорбенты. Основным компонентом монтмориллонитовых глинистых минералов является монтмориллонит, имеющий элементарный структурный слой типа 2:1, состоящий из октаэдрической сетки, расположенной между двух тетраэдрических сеток. Благодаря изоморфным замещениям в октаэдрической сетке на поверхностях структурных слоев появляется некомпенсированный электрический заряд, равный 0,66 на элементарную ячейку. Непрочная молекулярная связь между структурными слоями способствует тому, что структурные слои могут раздвигаться при поступлении воды и обменных катионов. Таким образом, и внешние и внутренние поверхности структурных слоев монтмориллонита участвуют в процессе сорбции, вследствие чего монтмориллонит обладает высокой сорбционной способностью [3].

Для улучшения, и без того высоких показателей энергетической активности глин, разработаны различные методики активации энергетических свойств глинистых минералов: механическая (дробление частиц и воздействие давлениями), физическая (воздействие физическими полями, ультрафиолетовыми и ультразвуковыми излучениями), химическая (воздействие химическими растворами), термическая (воздействие высокими температурами) и комплексная активация (воздействие несколькими методами). Так, в работе [5] процесс кислотной активации глинистых минералов, сопровождается вымыванием из остова кристаллической решетки ионов и образованием дефектов структуры. Дефекты кристаллической решетки обеспечивают изменение дисперсности системы и пористости глинистых образцов, что вызывает изменение энергетического потенциала поверхности глинистых частиц. В работе [2] было установлено, что при обработке природных силикатов 20%-ным раствором серной кислоты в течение шести часов значительно увеличиваются предельный адсорбционный объем, удельная площадь поверхности сорбента, ёмкость монослоя по парам воды.

Из приведенного видно, что вопросы влияния техногенной обработки на формирование физико-химических свойств глин представляют значительный интерес.

Поэтому **целью работы** является изучение закономерностей изменения сил адгезии частиц монтмориллонитовой глины, активированных соляной кислотой и давлением.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

- Составить методику обработки глинистых грунтов кислотой и высоким давлением;
- Изучить силы адгезии полученных образцов с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ);
- Выполнить обработку полученных результатов;
- Сформулировать выводы о влиянии модификации глин кислотой и давлением на энергетический потенциал поверхности глинистых частиц.

Объектом исследования стала лобановская аргиллитоподобная монтмориллонитовая глина шешминского горизонта верхней Перми. По результатам рентгеноструктурного анализа [4], монтмориллонитовая сырая глина содержит (масс. %): монтмориллонит – 75,0; кварц – 11,4; каолинит – 3,6; альбит – 6,7; кальцит – 3,3.

Методика исследования. Подготовка образцов глинистых грунтов состояла из нескольких этапов. На первом этапе производилась химическая активация глин соляной кислотой. Для этого навеску монтмориллонитовой глины в воздушно-сухом состоянии массой 2,5 г погружали в колбу, в которую наливали 50 мл раствора HCl 0,1M. После этого содержимое колбы тщательно перемешивали в течение десяти минут. Полученную суспензию оставляли на 72 часа при комнатной температуре для того, чтобы прекратились процессы, протекающие между грунтом и реагентом. После этого производилась промывка суспензии дистиллированной водой до образования нейтральной среды. Суспензия помещалась в воронку Бюхнера, на дне которой находилась фильтровальная бумага. Далее, в воронку поэтапно наливали по 50 мл дистиллированной воды, ожидали окончания ее фильтрации через грунт и фильтровальную бумагу и измеряли pH отфильтрованной воды. Промывка продолжалась до того момента, когда отфильтрованная вода имела нейтральную среду (pH = 7). После промывки образованные грунты высушивали в печи при температуре 40-60°C. Затем высушенный грунт растирался пестиком с резиновым наконечником до образования однородного глинистого порошка. На втором этапе производилась механическая

активация полученного порошка глины в результате воздействия высоких давлений (от 25 до 800 МПа) на специально изготовленном устройстве по методике, описанной в работе [4].

Измерения сил адгезии и шероховатости образцов глины проведены на АСМ NT MDT NTEGRA Prima. Сканирование образцов проводилось в полуконтактном режиме с использованием кремниевого кантилевера GOLDEN Silicon Probes NSG10. Жесткость кантилевера – 3,1–37,6 Н/м. Сканирование поверхности образцов позволило рассчитать их среднеарифметическую шероховатость по формуле ISO 4287/1-1997:

$$R_c = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |r_j| \quad (1)$$

где $\sum_{j=1}^N |r_j|$ - сумма измерений неровностей поверхности образца; N – количество точек измерений.

Значения сил адгезии снимались с графиков зависимости силы взаимодействия зонда с поверхностью образца от расстояния между ними (force-distance curves) [1]. В соответствии с кривой силы-расстояния сила адгезии может быть рассчитана по следующей формуле:

$$F = k \times \Delta \text{Height} \quad (2)$$

где k – жесткость кантилевера, в расчетах $k = 3,1$ Н/м; ΔHeight – разность между положениями кантилевера (изгиба консоли) при скачке к поверхности и отрыве от нее, нм [1].

Измерение сил адгезии производилось в 10 точках, как на поверхности частицы (F_p), так и в пространстве между частицами (F_m). Всего исследован 21 образец различной степени уплотнения: от 25 до 800 МПа.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения определения силы адгезии монтмориллонита, обработанного соляной кислотой и давлением

Р, МПа	25	40	50	60	75	90	100	115	125	150	200
F_p , нН	0,337	0,335	0,321	0,282	0,292	0,325	0,293	0,312	0,281	0,304	0,292
F_m , нН	0,321	0,323	0,316	0,321	0,285	0,303	0,305	0,287	0,293	0,289	0,271
R_c , нм	151,4	98,5	89,8	140,9	107,5	99,7	106,2	90,6	166,5	148,2	147
Р, МПа	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	
F_p , нН	0,294	0,309	0,293	0,297	0,297	0,306	0,263	0,292	0,296	0,326	
F_m , нН	0,282	0,314	0,299	0,284	0,276	0,312	0,273	0,314	0,3	0,262	
R_c , нм	169,2	159,1	115,7	136,4	148,3	113,6	143,6	138,2	150,3	130,1	

Результаты показали, что с увеличением давления на монтмориллонитовую глину, предварительно обработанной соляной кислотой и давлением, силы адгезии на поверхности глинистых частиц (F_p) изменяются незначительно – от 0,263 до 0,337 нН, причем наблюдается общий тренд уменьшения силы адгезии с увеличением давления. Подобная зависимость наблюдается и для силы адгезии между частицами (F_m). Для большей наглядности были построены графики сравнения изменения силы адгезии монтмориллонитовой глины, обработанной только давлением (более ранние исследования, проведенные автором [4]), с полученными данными (рис.). Из графика видно, что в первом случае, с увеличением P от 25 до 200 МПа силы адгезии на поверхности частиц и между ними возрастают. Последующее увеличение давления ($P > 200$ МПа) приводит к уменьшению сил адгезии. Таким образом, визуально полученную выборку можно разделить на два класса: в первом классе при давлениях $P = 25–200$ МПа происходит возрастание сил адгезии; во втором ($P = 200–800$) – силы адгезии уменьшаются.

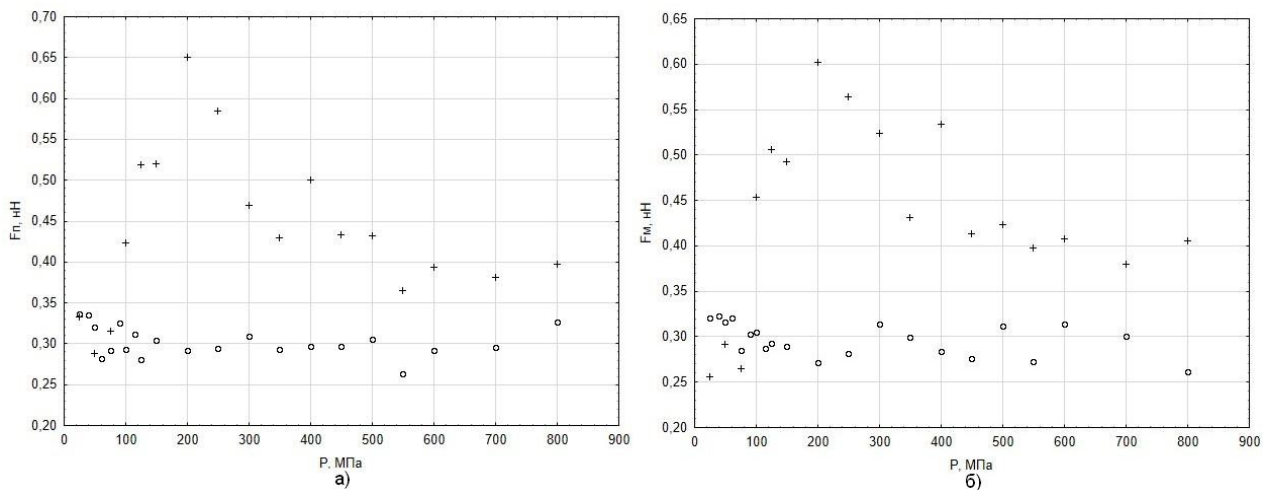


Рис. Сравнение средних значений силы адгезии монтмориллонитовой глины, обработанной давлением (+) и соляной кислотой и давлением (°): а) силы адгезии на поверхности частиц (F_p , нН); б) в пространстве между частицами (F_m , нН)

Во втором случае, когда происходила совместная химическая и механическая активация монтмориллонитовой глины, силы адгезии с ростом давления не изменяются. Это может свидетельствовать о том, что при предварительной обработке глины соляной кислотой, влияние давления на формирование силы адгезии аннулируется. Об этом также свидетельствуют низкие значения коэффициентов корреляции между давлением и силами адгезии (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между силами адгезии и давлением уплотнения

	Активация давлением		Активация кислотой и давлением
	1 класс ($P < 200$ МПа)	2 класс ($200 < P < 800$ МПа)	
F_p , нН	0,96	-0,85	-0,22
F_m , нН	0,97	-0,89	-0,41

Таким образом, можно сделать вывод, что при активации частиц монтмориллонитовой глины соляной кислотой и давлением, силы адгезии изменяются незначительно от 0,263 до 0,337 нН. Исследования показали, что при предварительной обработке глины соляной кислотой, влияние давления на формирование силы адгезии аннулируется.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90035.

Литература

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии // РАН Институт физики микроструктур, Нижний Новгород, 2004, 114 с.
2. Бельчинская Л. И., Козлов К. А., Бондаренко А. В., Петухова Г. А., Губкина М. Л. Изучение структурных и адсорбционных характеристик при активации и модификации природных силикатов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2007. Т. 7, № 4. с. 571–576.
3. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. Москва, Изд-во ГЕОС, 2013, 576 с.
4. 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. Т.19, №1, с. 121–130.
5. Яковлева А.А., Мальцева Г.Д. Кристаллохимические аспекты оценки энергии взаимодействия частиц глинистых минералов // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2018. Т. 41. № 1. С. 99–114. DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-1-99-114

УДК 624.131.1

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПЕСЧАНИКОВ КРАСНОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ И ИХ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Останина Юлия Васильевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
магистрант 1 курса, г. Пермь
e-mail: yuliaostaninaavrpr@gmail.com*

Козьминых Ирина Юрьевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
магистрант 1 курса, г. Пермь
e-mail: kozminih_irina@gmail.com*

Научный руководитель: *к.г.-м.н., доцент, Гайнанов Шарибзан Хатинович*

Аннотация: В данной статье проведен сравнительный анализ физических свойств различных генетических типов песчаников красноцветной терригенной формации, распространенной в пределах Восточной окраины Русской платформы. На основе данных о гранулометрическом составе, типе, составе и степени сохранности цемента пород проведено сравнение плотности и пористости песчаников различных генетических типов.

Ключевые слова: красноцветная терригенная формация, верхнепермские отложения, физические свойства пород, тип цемента, плотность, пористость.

GENETIC TYPES OF RED-COLORED SANDSTONES AND ITS PHYSICAL PROPERTIES

Julia Ostanina

*Perm State University, 1st year Master's Degree Student,
Perm
e-mail: yuliaostaninaavrpr@gmail.com*

Irina Kozminih

*Perm State University, 1st year Master's Degree Student,
Perm
e-mail: kozminih.irina@gmail.com*

Research Supervisor: *Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Sharibzan Gaynanov*

Abstract: In this article, a comparative analysis of the physical properties of various genetic types of sandstones of the red-colored terrigenous formation distributed within the Eastern edge of the Russian platform was carried out. Based on the granulometric composition, type, composition and degree of preservation of rock cement, the density and porosity of sandstones of various genetic types were compared.

Keywords: red-colored terrigenous formation, Upper Permian deposits, physical properties of rocks, type of cement, density, porosity.

Красноцветная терригенная формация – это комплекс отложений, обладающий набором пород, сформированных в условиях различной степени аридного климата и колебательных тектонических движений преимущественно в континентальной обстановке. Красноцветная формация представляет собой переслаивание песчаников, глин, алевролитов, в меньшей степени известняков и мергелей с прослоями гипса. Однако значительную роль в строении красноцветной толщи играют песчаники (до 60-80%) и глины (до 32-40%) [3]. Основное внимание в исследовании обращено к песчаникам верхнепермского возраста.

Песчаники играют значительную роль в разрезе верхнепермских красноцветных отложений. Как правило, в разрезе красноцветной формации встречается два типа песчаников.

Песчаники первого типа залегают слоями мощностью от 0,1 до 8,0 м, переслаиваясь с глинами и алевролитами, нередко постепенно переходя в них по простиранию или вверх по разрезу. Обычно они окрашены в серовато-коричневую, красно-бурую, а в более мощных прослоях зеленовато-серую и желтовато-серую окраску, иногда с голубыми и красными пятнами и прожилками. По гранулометрическому составу песчаники относятся к мелкозернистым, с преобладающим размером зерен 0,15-0,20 мм. В песчаниках преобладает угловатая форма обломочных зерен. Минеральный состав преимущественно полимиктовый, зерна состоят из кварца, полевого шпата, эффузивных и кремнистых пород.

Песчаники, переслаиваясь с глинами, алевролитами, мергелями и известняками и замещая друг друга в пространстве, слагают комплекс верхнепермских пород, осадконакопление которых происходило в условиях мелководного бассейна.

Второй тип песчаников относится к аллювиальному комплексу красноцветных верхнепермских пород. В толще глин, алевролитов, известняков, мергелей, представляющих отложения мелководного бассейна, на разных стратиграфических уровнях залегают линзы песчаников мощностью от 4 до 15 м. Линзы песчаников в плане имеют рукавообразную форму (Н.Н. Форш, 1955) [4], а в поперечном сечении достигают 200-300 м. Песчаники, слагающие мощные линзы, часто имеют полимиктовый состав. Петрографический состав обломков такой же, как и у вышеописанных песчаников. Цемент данного типа песчаников всегда карбонатный, слагается мелко- и среднезернистым кальцитом. Преобладающий тип цемента – поровый. Содержание цемента составляет в среднем 25-30%. Вверх по разрезу красноцветной толщи тип цементации постепенно сменяется и переходит в цемент контактового типа, содержание цемента в верхней части разреза не превышает 10%.

Кроме песчаников, образовавшихся на дне мелководного бассейна, и песчаников, слагающих линзы аллювиального генезиса, среди верхнепермских отложений встречаются довольно мощные песчаники, во многом напоминающие аллювиальные. Эти песчаники вдаются в область развития бассейновых отложений в виде неправильного конуса, постепенно переходя в них в вертикальном и горизонтальном направлениях.

В гранулометрическом составе пород преобладает мелкозернистая фракция. Иногда присутствуют прослои алевролитов и красно-бурых глин. Песчаники всегда слабоглинистые. Форма обломков, слагающих породы, угловатая и полуокатанная. Данные песчаники обладают ясной косою слоистостью. Грубозернистый материал чаще приурочен к средней части толщи. К краям линзы в песчаниках появляются прослои алевролитов, слоистость их становится прерывистой горизонтальной и пологоволнистой, они расклиниваются на ряд тонких прослоев и переходят в типично бассейновые отложения.

Л.Н. Ботвинкина в своей работе [1] относит схожую по строению и литологическому составу толщу к фации речных выносов. Породы её образуются продолжением речного потока при впадении его в водоем, а также прибрежными движениями воды в самом водоеме, то есть представляют собой отложения подводной дельты.

Таким образом, по условиям осадконакопления среди песчаников красноцветной формации можно выделить три основных генетических типа: бассейновый, аллювиальный и дельтовый [2].

Несмотря на довольно большой разброс процентного содержания обломочного материала и минералов, можно говорить о некоторой закономерности их распределения. Песчаники имеют полимиктовый состав, и содержание минералов определяется динамикой и режимом водоемов при осадконакоплении (таблица 1).

Четкую тенденцию повышения содержания от русловых к бассейновым песчаникам можно наблюдать у обломков эффузивных и кремнистых пород. Обратная закономерность наблюдается в изменении содержания кварца, глинистых и алевролитовых обломков. Различные фации аллювиального генетического комплекса также характеризуются изменчивостью минерального состава.

В целом минеральный состав верхнепермских пород является стабильным. С изменением условий накопления осадков и дальнейшего их преобразования на стадиях диагенеза и катагенеза меняется лишь количественное соотношение компонентов.

Степень сортированности обломочного материала и размер зерен также отражают условия осадконакопления.

Наименее сортирован обломочный материал в аллювиальных песчаниках, поскольку линзы этих пород сложены слоями, сформированными в различных фациальных условиях. Поэтому в толще

аллювия по разрезу снизу вверх меняется размер зерен: от крупнозернистых с примесями гальки (0,30-1,00 мм) до тонкозернистых (0,20-0,05 мм) пойменной фации, а также от конгломератов до хорошо сортированных песчаников периферии русла и поймы.

Таблица 1

Содержание обломочного материала в песчаниках различных генетических типов*

Генетический тип песчаников	Содержание обломочного материала, %				
	эффузивы	кремнистый	полевой шпат	кварц	Глинистый и алевролитовый
Аллювиальный	$\frac{22}{10-37}$	$\frac{27}{20-35}$	$\frac{13}{8-24}$	$\frac{10}{5-20}$	$\frac{25}{15-35}$
Дельтовый	$\frac{34}{30-35}$	$\frac{28}{25-35}$	$\frac{6}{1-8}$	$\frac{4}{1-5}$	$\frac{15}{10-30}$
Бассейновый	$\frac{35}{15-50}$	$\frac{31}{10-40}$	$\frac{9}{5-25}$	$\frac{5}{1-20}$	$\frac{11}{5-20}$

*Примечание: в числителе указано среднее значение, в знаменателе – диапазон изменения величины.

Лучше сортирован материал в дельтовых песчаниках. Преобладающий размер зерен здесь составляет 0,15-0,30 мм. Более крупные обломки (0,40-0,60 мм) содержатся в породе в количестве от 3 до 5% и приурочены к средней части дельтовой толщи.

Бассейновые песчаники обладают наилучшей сортировкой. Преобладающий размер зерен здесь 0,1-0,2 мм.

Одним из основных факторов, определяющих свойства песчаников, является характер цемента. Наиболее широкое распространение в песчаниках красноцветной формации имеют базальный, порово-базальный, поровый, контактово-поровый и контактовый типы цемента [2].

По составу цемент преимущественно карбонатный и глинистый, однако часто встречаются песчаники со смешанным составом. Многие из разновидностей цемента представлены в песчаниках всех генетических комплексов. Однако можно заметить некоторые закономерности по преобладанию того или иного типа цемента в песчаниках различных генетических типов, что в конечном счете характеризует их отличительные черты.

Наибольшим разнообразием характера цемента обладают аллювиальные песчаники. Наиболее представительными являются песчаники самой мощной части аллювиальной линзы – русловой фации, для которой характерны базальный и поровый типы цемента с явным преобладанием в нем кальцита. В цементе периферийной части русла большую роль играет глина, увеличивается роль контактового типа цемента. Для фации размыва наиболее характерны поровый и базальный тип цемента, но, в отличие от русловой части линзы, в составе цемента большую роль играет глинистый материал.

Для дельтовых песчаников характерным является преобладание в верхней и нижней части толщи порово-контактового типа цемента глинисто-карбонатного состава, а средняя часть представлена поровым и базальным цементом преимущественно карбонатного состава.

Бассейновые песчаники имеют различные виды цемента, как по составу, так и по типу. Однако наиболее типичным для них является базальный карбонатный цемент.

Тип цемента отражает его количество. В исследуемых породах это соотношение выглядит так:

- до 10% – контактовый;
- 10-20% – поровый;
- 20-30% – порово-базальный;
- >30% – базальный [2].

Иногда встречаются сложные формы цементации, когда при одном и том же количестве цемента можно наблюдать несколько типов цемента. Так, при содержании цемента 10%, характерном

для контактового типа в дельтовых песчаниках встречается и контактовый, и поровый цемент. В бассейновых песчаниках при таком же количестве цемента к контактовому и поровому типам добавляется еще и пойкилитовый. При прочих равных условиях содержание цемента зависит от преобладающего размера зерен, слагающих песчаники.

Среди физических свойств в большей степени характеризуют состояние песчаников плотность и пористость.

При относительно постоянном полимиктовом минеральном составе плотность и пористость определяются, прежде всего, составом сохранностью цемента. Степень сохранности цементирующего вещества во многом объясняет различие прочности при одинаковом типе, составе цемента и схожести прочих компонентов.

В таблице 2 можно увидеть влияние типа и состава цемента на плотность. Кроме того, на рисунке 1 можно заметить, что чем больше цемента в породе, тем больше диапазон плотности. Это еще одно, хотя и косвенное, подтверждение в пользу зависимости плотности от степени сохранности цемента. Именно цементирующее вещество реагирует на воздействие внешних факторов, что сопровождается его выносом в случае с глинистым цементом, или растворением, в случае кальцитового цемента.

Таблица 2

Плотность верхнепермских песчаников при различном составе и типе цемента

Тип цемента	Состав цемента	Плотность ρ , г/см ³	Интервал плотности $\Delta\rho$	Пористость n , %	Интервал пористости Δn
Контактный	карбонатный	2,0-2,25	0,25	10-15	5
	глинистый	1,95-2,05	0,10	30-37	7
Порово-контактный	глинисто-карбонатный	2,10-2,20	0,10	10-18	8
	глинистый	2,00-2,15	0,15	27-37	10
Поровый	карбонатный	2,18-2,32	0,14	10-18	8
	глинисто-карбонатный	2,10-2,25	0,15	10-20	10
	карбонатно-глинистый	2,0-2,25	0,25	15-20	10
Порово-базальный	карбонатный	2,20-2,35	0,15	15-26	11
	глинисто-карбонатный	2,15-2,35	0,20	15-25	10
Базальный	карбонатный	2,25-2,55	0,30	11-25	14
	глинисто-карбонатный	2,19-2,50	0,31	15-28	13
	карбонатно-глинистый	2,00-2,35	0,35	16-30	14
	глинистый	1,95-2,35	0,40	20-38	18

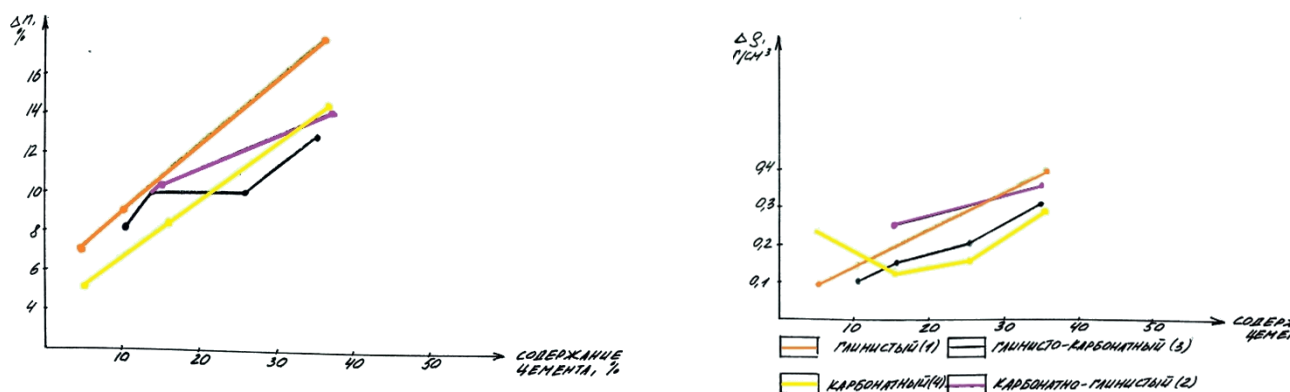


Рис. 1. Изменение диапазона пористости (Δn) (слева) и плотности ($\Delta\rho$) (справа) в верхнепермских песчаниках в зависимости от содержания цемента

Учитывая, что для истории развития красноцветной формации было характерно в условиях колебательных движений частое расположение верхних слоев в зоне гипергенеза, это существенно влияло на характер цемента.

Плотность песчаников с глинистым цементом ниже, чем с аналогичным типом цемента карбонатного состава. Наибольшей плотностью обладают породы с карбонатным базальным цементом ($\rho=2,25-2,55$ г/см³), характерные для аллювиальных песчаников русловой фации, а также большей части бассейновых песчаников. Значительно уступают им по этому показателю породы с глинистым цементом ($\rho=1,95-2,35$ г/см³), характерного для аллювиальных песчаников фации периферии русла, реже – фации размыва и дельтовых песчаников.

В песчаниках с глинистым цементом интервал пористости (Δn) колеблется от 7% (при контактовом цементе) до 18% (при базальном), а интервал плотности ($\Delta \rho$) варьирует от 0,10 до 0,40 г/см³. В случае карбонатного цемента эти показатели изменяются, соответственно: Δn варьирует от 5 до 14%, $\Delta \rho$ от 0,14 до 0,30 г/см³.

Таким образом, фациальные условия осадконакопления и постседиментационные процессы обусловили особенности основных физических характеристик пород, определяющих их инженерно-геологические свойства. Физические свойства песчаников в значительной степени определяют свойства механические. Подробно физико-механические свойства песчаников красноцветной терригенной формации были описаны в работе Ш.Х. Гайнанова, А.В. Трусовой [2]. В данной работе автор сравнивает прочность на одноосное сжатие (R_c , МПа), прочность на разрыв (R_p , МПа) и модуля деформации (E , МПа) песчаников, относящихся к различным генетическим комплексам терригенной красноцветной формации и сцементированных различным по составу материалом.

Литература:

1. Ботвинкина Л.Н. Слоистость осадочных пород. Труды Геологического института АН СССР. 1962, вып. 59, 543 с.
2. Гайнанов Ш. Х., Трусова А. В. Генетические типы песчаников красноцветной терригенной формации как основа для оценки их инженерно-геологических свойств // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 28–37.
3. Гайнанов Ш.Х., Трусова А.В. Типы текстур глинистых пород красноцветной терригенной формации и их влияние на прочностные свойства // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 2. С. 123–131.
4. Форш Н.Н. Красноцветные отложения Прибалтики. Л., Недра, 1955.

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КАК ОСНОВА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Куропаткина Татьяна Николаевна

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный университет», магистрант 2 курса,
г. Краснодар*

e-mail: kharchenkotanya@mail.ru

*Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор кафедры региональной и морской геологии,
Бондаренко Николай Антонович*

Аннотация: Особое значение в современном облике южного склона Северо-Западного Кавказа приобрели разнонаправленные вертикальные неотектонические движения, создавшие контрастность рельефа, наблюдаемое в настоящее время. В этой связи становится очевидным, что структурно-геоморфологическое изучение этой территории имеет большое значение при выборе и эксплуатации площадей под дорожное, промышленное и гражданское строительство, для освоения горных и приморских территорий в оздоровительных и туристических целях, при выборе мероприятий по защите от стихийных явлений. В статье рассматривается необходимость использования комплекса структурно-геоморфологических методов, так как они имеют информативную значимость для целей крупномасштабного инженерно-геологического районирования территории исследований. Представлена сводная схема применяемых методов, составленная автором статьи.

Ключевые слова: структурно-геоморфологические методы, тектонические структуры, рельеф, инженерно-геологическое районирование.

STRUCTURAL-GEOMORPHOLOGICAL METHODS AS A BASIS FOR ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONING OF THE SOUTH SLOPE OF THE NORTHWESTERN CAUCASUS

Tatiana Kuropatkina

*Kuban State University, 2st year Master's Degree Student,
Krasnodar,*

e-mail: kharchenkotanya@mail.ru

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor. Nikolay Bondarenko

Abstract: Multidirectional vertical neotectonic movements have acquired special significance in the modern appearance of the southern slope of the Northwestern Caucasus, which created the contrast of the relief that is currently observed. In this regard, it becomes obvious that the structural-geomorphological study of this territory is of great importance in the selection and operation of areas for road, industrial and civil construction, for the development of mountain and coastal territories for recreational and tourist purposes, when choosing measures to protect against natural phenomena. The article discusses the need to use a complex of structural-geomorphological methods, since they have informative significance for the purposes of large-scale engineering-geological zoning of the research area. The summary diagram of the applied methods, compiled by the author of the article, is presented.

Keywords: structural and geomorphological methods, tectonic structures, relief, engineering and geological zoning.

Интенсивное освоение Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа в последнее десятилетие приводит к увеличению объемов строительства капитальных объектов, к которым относятся здания и сооружения производственного (порты, карьерное производство,

эксплуатационные скважины), непроизводственного назначения (сооружения жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового) и линейные объекты (трубопроводы, автомобильные и железные дороги, ЛЭП и др.). Однако современные темпы строительства не в полной мере позволяют учитывать особенности строения геологической среды горно-складчатой структуры, к которым относится территория.

На южном склоне Северо-Западного Кавказа особенно четко проявляется тот факт, что все основные элементы рельефа являются новейшими тектоническими структурами. Важность выявления неотектонических структур для инженерно-геологического районирования подобных территорий определяется, в первую очередь, необходимостью обнаружения разрывных структур, которые оказывают влияние на условия строительства, устойчивость инженерных сооружений, развитие опасных природных процессов.

Поскольку для инженерно-геологического районирования первостепенное значение имеет учет новейших и современных тектонических структур, то может быть использован соответствующий набор основных, второстепенных и вспомогательных комплексных методов [3].

Обработка имеющихся данных была построена на основе: методов инженерно-тектонического исследования, метода морфологического анализа рельефа, морфометрического метода в морфоструктурном анализе рельефа. Сводная схема методов представлена на рисунке 1:

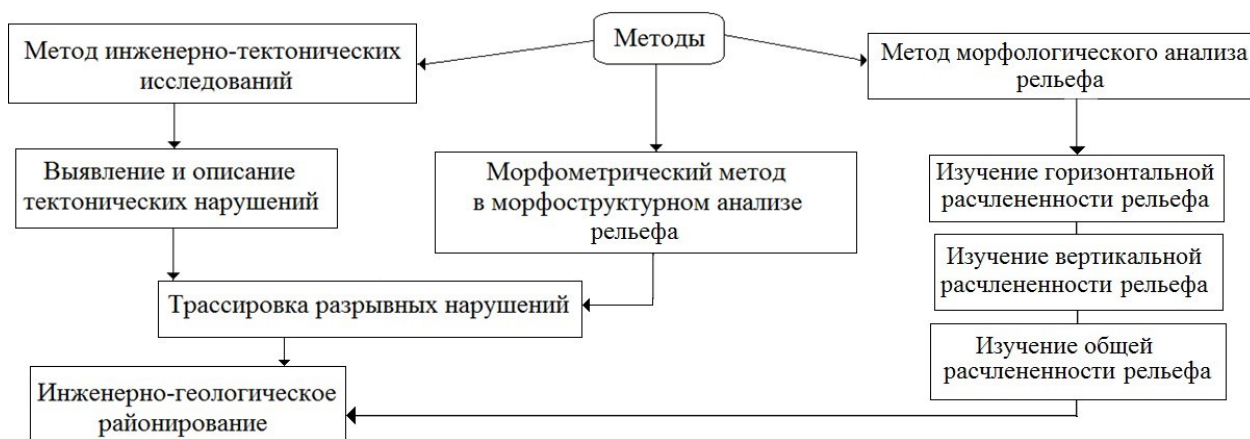


Рис. 1. Сводная схема применяемых методов

В задачу исследования входило для Черноморского побережья от Геленджика до Туапсе применить такие методы как морфоструктурный и морфометрический. Исходным материалом послужили топографические карты масштаба 1:50000 и 1:25000.

Морфоструктурный (или морфотектонический) метод направлен на выявление новейших структур, получивших прямое отражение в рельефе – метод, который широко используется в практике геоморфологических исследований. Одним из модификаций морфоструктурного метода является метод изучения распределения эрозионных врезов и планового распределения речной сети.

Для выявления особенностей развития эрозионных форм рельефа были изучены речные бассейны Афипско-Дефановской ступени, которая протягивается от Геленджика до Туапсе.

Методически в начале исследования вычислялся порядок для каждого элемента сети потоков по методу Стралера. На следующем этапе определялись азимуты простираения для каждого элемента полученной модели потоков. В этом случае, если элемент потоковой модели (речной системы) не являлся прямой линией (т.е. представлен ломаной), то азимут вычислялся для отрезка, соединяющего начальную и конечную точки (ломаной). В результате были построены розы-диаграммы для элементов речной системы каждого порядка. Единая речная долина разделяется на множество элементов в точках впадения притоков (долин) меньшего порядка. Подразумевается, что эти элементы являются своеобразными структурными единицами, и, исходя из этих позиций, рассчитывается частота встречаемости того или иного простираения элементов для долин каждого порядка. Анализ диаграмм показал, что для каждой из четырех рек имеют место две смены преобладающего простираения элементов потоковой системы от первого порядка до четвертого. Так элементы долин четвертого порядка речных систем Адербы, а также третьего и четвертого порядка

рек Бетта и Джанхот ориентированы преимущественно на север, северо-запад. Ориентировка элементов долин второго порядка речных систем Бетты и Джанхота, а также третьего Адербы изменяется на северо-западную (для Бетты кроме того сохраняется ориентировка на север). Элементы долин более низкого порядка ориентированы преимущественно на северо-запад.

Выявленный факт смены доминирующих азимутов для элементов разнопорядковых долин отражает смену условий заложения и развития рельефа региона. Принимая во внимание относительную молодость долин на рассматриваемой территории, можно заключить, что на протяжении новейшего этапа имела место смена условий протекания эрозионных процессов, что определяло развитие и становление геоморфологических структур – долин разного порядка.

В результате анализа распределения эрозионных врезов и планового распределения речной сети обнаружены сходства в ориентировке однопорядковых элементов речных долин, которые отражают смену условий заложения и развития рельефа региона. Закономерности пространственной изменчивости разнопорядковых элементов дренажной сети – речных долин показывают различия в преобладающих простираниях низко-, средне- и высокопорядковых долин.

Установлено, что ориентировка высокопорядковых речных долин совпадает с ориентировкой продольных и поперечных (соответственно кавказских и антикавказских) разломов, сформировавшихся в пределах Кавказской складчатой системы. При этом разрывные зоны закономерно (с появлением новых генераций разломов) изменяют простирание долин по отношению к главной разломной зоне (направлению), что находит подтверждение в характере заложения эрозионной сети. Кроме этого, на многих участках главных речных долин на протяжении всего новейшего и современного этапов возникали условия подпруживания. Они были вызваны тектоническим поднятием отдельных блоков, пересекаемых этими реками. Как следствие меандрирование русел рек в пределах таких блоков и формирование относительно мощных разновозрастных аллювиальных отложений речных террас, контролирующей динамику русловых процессов [2].

Для изученной территории данный метод позволяет определить основные рельефообразующие тектонические разрывные структуры.

Морфометрический метод, разработанный В.П. Философовым [4] позволяет по косвенным признакам выделять тектонические структуры преимущественно на равнинных территориях. Наиболее интересным считается направление составления карт интенсивности расчленения рельефа. Расчлененность (вертикальная и горизонтальная) является наряду с формой (вытянутость, извилистость, кривизна) и плотностью (густота, равномерность) основным фундаментальным показателем рельефа.

Предпочтение в рамках данного метода отдано расчлененности, поскольку ее изучение позволяет обнаружить разные проявления складчатых, блоковых и разрывных структур.

Морфометрический метод был применен к нескольким речным бассейнам. Рассмотрим на примере речного бассейна реки Бетта. Методически работа включала в себя построение двух типов карт по топооснове масштаба 1:25000 [1].

В первом случае, графо-аналитическим способом была определена вертикальная расчлененность водосборной площади реки Бетта и ее притоков. В ходе работы было выделено 35 элементарных бассейнов. Из них 14 принадлежат западному борту реки Бетта, 12 располагаются на восточном борту щели Правой, а 9 элементарных бассейнов находятся в междуречье реки Бетта и щели Правой. По полученным цифровым показателям было выделено 5 градаций глубины расчленения рельефа: от 150-200 м, 200-250 м, 250-300 м, 300-350 м, 350-400 м. В целом глубина расчлененности рельефа оказалась выше в пределах западной части территории. Здесь преобладают элементарные бассейны с глубиной расчленения от 300-350 м. Кроме того, в пределах побережья граничат элементарные бассейны с резко различными значениями глубины вреза: до 200 м и более 300 м. Северо-восточная часть территории, а именно верховья основных водотоков оказались сглаженными. Здесь находятся элементарные бассейны с глубиной расчленения до 200 м и до 250 м. Это объясняется развитием здесь водотоков 1-го порядка. На востоке изучаемой площади отмечаются элементарные бассейны со средними и высокими значениями глубинной эрозии. Максимальные значения до 350 м принадлежат элементарному бассейну урочища Каракули [2].

Таким образом, косвенным образом характер проявления эрозионной сети подтверждает большую тектоническую раздробленность западного борта реки Бетта.

Аналогичным графо-аналитическим способом на данную территорию была построена карта густоты горизонтального расчленения. Были определены рискоопасные участки, которые приурочены к нижнему течению щелейлевой и Правой, в местах развития надпойменных террас.

Значение морфоструктурного и морфометрического методов для изучения южного склона Северо-Западного Кавказа не одинаково:

1. Морфоструктурный метод может являться основным для неотектонического крупномасштабного картирования и вспомогательным при качественном сравнении относительной активности разрывных тектонических структур.

2. Морфометрический метод наоборот, выступает вспомогательным при определении тектонических и геоморфологических элементов рельефа и основным в случае определения относительной активности тектонических структур.

3. Выявление и изучение неотектонических структур горно-складчатых районов необходимо на всех уровнях детальности инженерно-геологического районирования. При выделении таксонов крупнее, чем области, возможно, обособление районов, подрайонов и участков по зонам трещиноватости, разломам, которые ограничивают разнблоковые структуры. Кроме того, тектонические смещения могут рассматриваться как самостоятельный опасный эндогенный геологический процесс и представлять основу для выделения инженерно-геологических участков.

Литература

1. Куропаткина Т.Н., Любимова Т.В., Бондаренко Н.А. Влияние инженерно-геологических компонентов на интенсивность эрозионных процессов южного склона Северо-Западного Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. 2008. – № 4 – С. 90-95.

2. Куропаткина Т.Н. Развитие эрозионных форм рельефа Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии: труды VII Международной конференции. 2019. – С. 131-135.

3. Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. М.: Наука, 2004. 779 с.

4. Философов В.П. Основные морфометрические методы при поисках тектонических структур. Саратов: Изд-во СГУ, 1975. 232 с.

ЗАВИСИМОСТЬ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ОТ ЕГО ВЛАЖНОСТИ

Лесников Никита Олегович

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

Женихова Анна Владимировна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 4 курса,
г. Пермь,
e-mail: anyagenihova@gmail.com*

*Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
Ковалёва Татьяна Геннадьевна*

Аннотация: определены физические характеристики глинистого грунта, проведены лабораторные исследования влияния влажности глинистого грунта на его модуль деформации. Проведен анализ, полученных лабораторным способом результатов, и выявлена зависимость.

Ключевые слова: модуль деформации, глинистый грунт, влажность.

DEPENDENCE OF THE MODULE OF DEFORMATION OF CLAYY SOIL ON ITS MOISTURE

Nikita Lesnikov

*Perm State National Research University, 4^d year student,
Perm,
e-mail: nikitalesnikov_pochta@mail.ru*

Anna Zhenikhova

*Perm State National Research University, 4^d year student,
Perm,
e-mail: anyagenihova@gmail.com*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Tat'yana Kovalyova

Abstract: The physical characteristics of clay soil were determined, laboratory studies of the influence of clay soil moisture on its deformation modulus were carried out, the analysis of the results obtained by the laboratory method was carried out, and the dependence was revealed.

Keywords: deformation modulus, clay soil, moisture.

Введение. Работа написана на основании лабораторных исследований, выполненных авторами. Выбранная тема актуальна для строительства зданий и сооружений на глинистых грунтах, так как большое значение на деформационные свойства оказывает влажность, поэтому выявление зависимости важно для определения несущей способности фундаментов зданий и сооружений.

Объект исследования: глина легкая пылеватая.

Предмет исследования: зависимость изменения деформационных характеристик грунта, а именно модуля деформации от его влажности.

Цель исследования: определение зависимости модуля деформации от влажности глинистого грунта.

Задачи:

- Определить физические свойства грунта, в том числе нижний и верхний пределы пластичности, число пластичности, плотность твердых частиц;
- Определить гранулометрический состав грунта;
- Классифицировать грунт по его гранулометрическому составу и числу пластичности;
- Провести деформационные испытания глинистого грунта с разной влажностью;
- Интерпретировать результаты испытаний, получить значения основных показателей деформационных свойств;
- Установить зависимость между модулем деформации грунта и его влажностью.

Физические свойства. По результатам испытаний, влажность на границе раскатывания данного грунта составила 25%. Влажность на границе текучести – 43,7%. Число пластичности – 18,7. Согласно ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» исследуемый грунт является глиной, так как значение его числа пластичности более 17.

Значение плотности твердых частиц было получено в ходе испытания пикнометрическим методом и составило 2,71 г/см³.

На основе гранулометрического состава грунта суммарное содержание глинистых частиц составляет 33,99% от общей массы грунта. Общее содержание пылеватой фракции – 63,15%. Суммарное содержание песчаной фракции – 2,86%. Следовательно, в исследуемом грунте пылеватых частиц больше, чем песчаных. Согласно классификации В. В. Охотина, глинистый грунт, содержащий от 30 до 60% глинистых частиц, при этом в грунте больше пылеватых частиц, чем песчаных, можно определить как глину легкую пылеватую.

Деформационные свойства. Для определения деформационных характеристик глины был использован метод компрессионного сжатия согласно ГОСТ 12248 - 2010.

Компрессионные испытания проводились на образцах грунта с влажностью 25%; 34,4% и 43,7%. Такие значения были взяты в соответствие с верхним и нижним пределами пластичности, чтобы установить, каким образом изменяются значения деформационных характеристик как на этих граничных влажностях, так и в среднем между этими значениями влажности, соответствующем пластичному состоянию грунта.

Ниже представлены журналы компрессионных испытаний и графики зависимости для каждой влажности.

Таблица 1

Результаты компрессионных испытаний при влажности 25%

Масса грузов на подвеске кг.	Давление p, МПа	Показания индикаторов		Среднее значение, h _{ср} , мм	Тариров. поправка на прибор, Т, мм	Абсолют. Деформ. Δh= h _{ср} -Т	Относит. Деформ. Δh/h	Коэф. пористости	Коэф. Сжимаемости МПа ⁻¹
		h ₁	h ₂						
2	0,1	0,84	0,24	0,54	0,15	0,39	0,017	0,386	0,24
4	0,2	1,08	1,06	1,07	0,20	0,87	0,038	0,356	0,3
6	0,3	1,28	1,26	1,27	0,24	1,03	0,045	0,347	0,09

Начальный коэффициент пористости был равен 0,41, после оказания давления в 0,1 МПа коэффициент пористости стал равен 0,386, при давлении 0,2 МПа коэффициент пористости был равен 0,356, а при давлении 0,3 МПа – 0,347. Расчетным путем был вычислен коэффициент относительной сжимаемости, который равен 0,19 МПа⁻¹. Также расчетным путем был вычислен компрессионный модуль деформации, который равен 2,13 МПа.

Таблица 2

Результаты компрессионных испытаний при влажности 34,4%

Масса грузов на подвеске кг.	Давление p, МПа	Показания индикаторов		Среднее значение, h_{cp} , мм	Тариров. поправка на прибор, T, мм	Абсолют. Деформ. $\Delta h = h_{cp} - T$	Относит. Деформ. $\Delta h/h$	Коеф. пористости	Коеф. Сжимаемости МПа ⁻¹
		h_1	h_2						
2	0,1	1,35	1,81	1,60	0,10	1,5	0,065	0,356	0,94
4	0,2	1,67	1,93	1,80	0,17	1,63	0,071	0,347	0,09
6	0,3	1,85	3,11	2,48	0,20	2,28	0,099	0,306	0,41

Начальный коэффициент пористости был равен 0,45, после оказания давления в 0,1 МПа коэффициент пористости стал равен 0,356, при давлении 0,2 МПа коэффициент пористости был равен 0,347, а при давлении 0,3 МПа – 0,306. Расчетным путем был вычислен коэффициент относительной сжимаемости, который равен 0,36 МПа⁻¹. Также расчетным путем был вычислен компрессионный модуль деформации, который равен 1,1 Мпа.

Таблица 3

Результаты компрессионных испытаний при влажности 43,7%

Масса грузов на подвеске кг.	Давление p, МПа	Показания индикаторов		Среднее значение, h_{cp} , мм	Тариров. поправка на прибор, T, мм	Абсолют. Деформ. $\Delta h = h_{cp} - T$	Относит. Деформ. $\Delta h/h$	Коеф. пористости	Коеф. Сжимаемости МПа ⁻¹
		h_1	h_2						
2	0,1	4,17	2,53	3,35	0,12	3,23	0,140	0,281	2,09
4	0,2	5,16	3,55	4,36	0,15	4,21	0,183	0,217	0,64
6	0,3	5,55	5,15	5,35	0,17	5,18	0,225	0,155	0,62

Начальный коэффициент пористости был равен 0,49, после оказания давления в 0,1 Мпа коэффициент пористости стал равен 0,281, при давлении 0,2 Мпа коэффициент пористости был равен 0,217, а при давлении 0,3 Мпа – 0,155. Расчетным путем были вычислены коэффициент относительной сжимаемости, который равен 0,91 МПа⁻¹, и компрессионный модуль деформации, который равен 0,44 МПа.

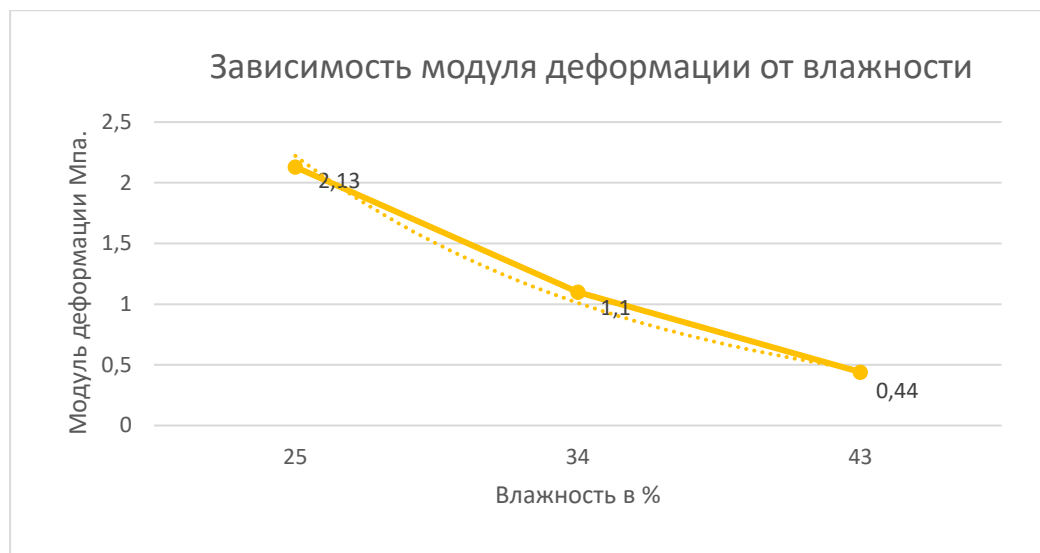


Рис. 1. График зависимости модуля деформации глинистого грунта от его влажности

Общий вид графика зависимости модуля деформации от влажности показывает, что указанные зависимости являются нелинейной функцией. Модуль деформации при влажности в 25% составил 2,13 МПа, при влажности 34% составил 1,1 МПа, а при влажности в 43,7% составил 0,44 МПа.

Чем ниже влажность, тем выше модуль деформации и соответственно устойчивей грунт к деформациям.

Заключение. Компрессионный модуль деформации изменился в пределах от 2,13 МПа до 0,44 МПа для влажности 25% и 43,7% соответственно. Из полученных данных видно, что значение модуля деформации уменьшается при возрастании влажности грунта, что говорит об обратной зависимости.

Коэффициент относительной сжимаемости изменяется от $0,19 \text{ МПа}^{-1}$ до $0,91 \text{ МПа}^{-1}$ для влажности 25% и 43,7% соответственно. На основе этих показателей можно сказать, что с увеличением влажности грунта коэффициент относительной сжимаемости увеличивается, что говорит о прямой зависимости.

Таким образом, можно сделать вывод, что влажность отрицательно влияет на устойчивость грунтов к деформациям, в частности на глину.

Литература

1. В.В. Охотин, 4,6 Классификация по гранулометрическому 4.6 По гранулометрическому составу и числу пластичности.
2. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
3. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
4. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
5. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАССИВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ КАК ЭЛЕМЕНТ BIM-ТЕХНОЛОГИИ

Абызов Алексей Владимирович

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2 курса,
г. Казань*

e-mail: abyzov.aleksei@yandex.ru

Научный руководитель: к. т. н., доцент, Латыпов Айрат Исламгалиевич

Аннотация: В статье описывается возможность применения трехмерных моделей геологического массива для разработки проектной документации. Выделены преимущества и недостатки использования различных программных комплексов. Даны краткие прогнозы развития компьютерного моделирования в ближайшем будущем.

Ключевые слова: моделирование, трехмерная модель, инженерные изыскания, геологический массив, компьютерные технологии.

THREE-DIMENSIONAL MODEL OF THE GEOLOGICAL MASS OF THE CONSTRUCTION SITE AS AN ELEMENT OF BIM TECHNOLOGY

Alexey Abyzov

*Kazan (Volga region) Federal University, 2nd year Master's Degree Student
Kazan*

e-mail abyzov.aleksei@yandex.ru

Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Reader, Airat Latypov

Abstract: The article describes the possibility of using three-dimensional models of the geological array for the development of project documentation. The advantages and disadvantages of using different software systems are highlighted. Brief forecasts of the development of computer modeling in the near future are given.

Keywords: modeling, three-dimensional model, engineering surveys, geological array, computer technologies.

Проектирование сооружений невозможно без проведения инженерных изысканий. По их результатам составляются таблицы, содержащие различные показатели характеристик грунтов, а также инженерно-геологические разрезы, отражающие особенности пространственного залегания расчетно-геологических элементов. Подобное предоставление информации является традиционным и встречается повсеместно. Однако, в начале XXI века начали быстрыми темпами развиваться технологии компьютерного моделирования. К настоящему моменту практически во всех сферах человеческой деятельности внедрено это перспективное направление, в том числе и в геологии [5].

В 2020 году Правительство Российской Федерации внесло изменения в Положение о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства. С этого момента если застройщик обеспечивает формирование информационной модели объекта, то результаты инженерных изысканий следует подготавливать таким образом, чтобы существовала возможность их использования при создании модели [3].

Таким образом, всем проектным организациям рекомендуется в той или иной степени осваивать процесс создания компьютерных моделей, вместо традиционных инженерно-геологических разрезов. Разработка трехмерных моделей может проводиться в программах, обеспечивающих лишь базовую визуализацию залегания грунтов. Другие программы позволяют производить дополнительное моделирование геомеханических процессов и явлений. Особое место в этом ряду занимает программный комплекс GEO5 компании Fine Software. Комплекс включает в себя большое количество программных модулей и позволяет не только моделировать геологическое строение изучаемой территории, но и проводить разнообразные расчеты геотехнических сооружений и фундаментов. Эта особенность комплекса может оказаться в равной степени полезной как для изыскателей, так и для проектировщиков. Моделирование геологической ситуации проводится в модуле «Стратиграфия». Процесс работы в программе относительно трудоёмок, однако возможность произвести интеграцию в прочие программные продукты компании Fine Software компенсирует этот недостаток. На рисунке 1 показано, как выглядит переслаивание инженерно-геологических элементов в северо-восточной части комплекса нефтеперерабатывающих заводов АО «ТАНЕКО» вблизи г. Нижнекамск.

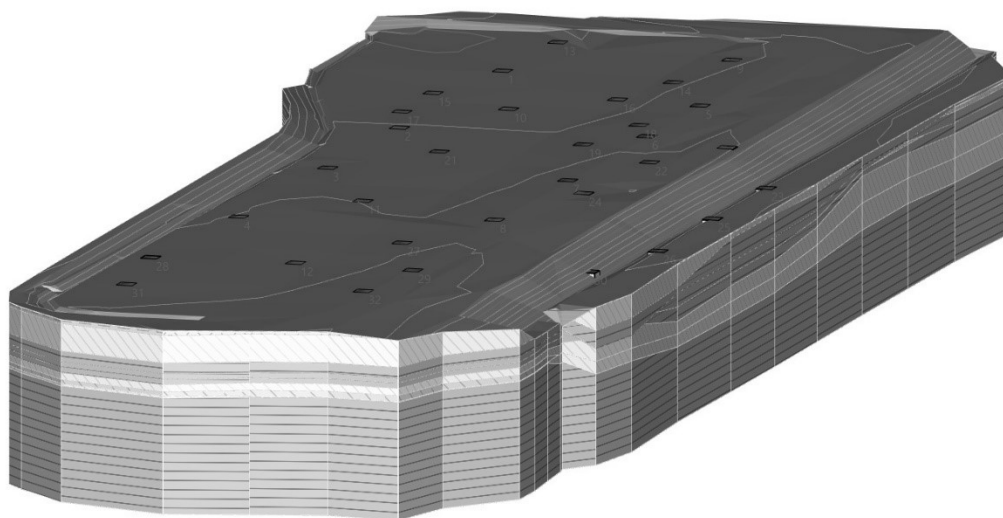


Рис. 1. Пример готовой модели, созданной в модуле «Стратиграфия»

Преимущества трехмерных моделей в данном случае очевидны:

- в отличие от инженерно-геологических разрезов, для подготовки модели не требуется большого количества результатов бурения скважин, так как часть из них можно заменить точками статического зондирования. Это позволит сократить затраты на выполнение инженерных изысканий;
- в случае получения некой новой информации или изменения ситуации на строительной площадке модель гораздо проще редактировать. Внесенные изменения тут же будут отражены в итоговом результате;
- модель является гораздо более информативной. Информацию о характере залегания грунтов в пределах строительной площадки можно получить в абсолютно любой точке [2];
- модель позволяет построить инженерно-геологические разрезы без привязки их к скважинам в произвольных местах (рис. 2).

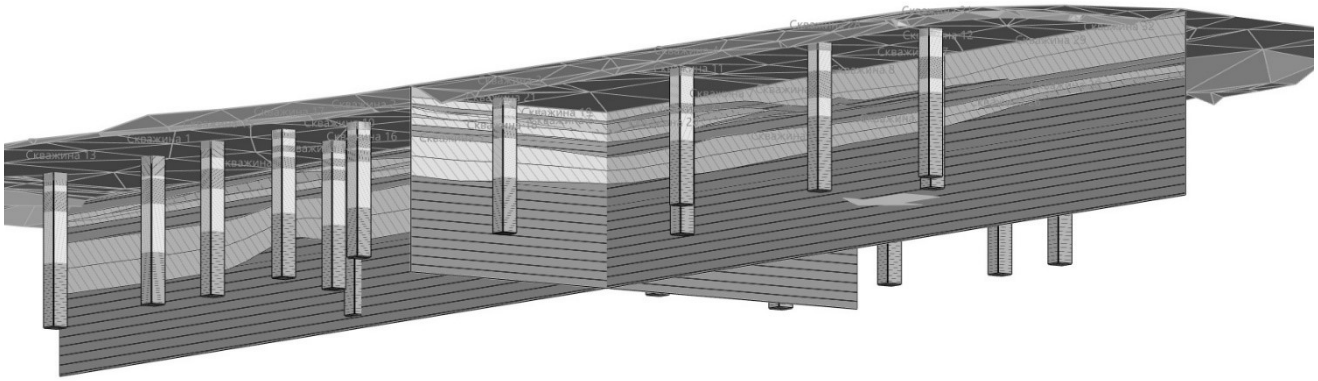


Рис. 2. Демонстрация возможности построения разрезов без привязки к скважинам

В то же время моделирование имеет и определенные недостатки. Вот некоторые из них:

- до сегодняшнего дня в России не принят единый стандарт, который бы регламентировал процесс создания трехмерных моделей геологического массива. Это привело к тому, что специализированные программы используют специфичные форматы программирования, которые плохо поддаются преобразованию и импорту в другие программные комплексы [4];

- несмотря на более высокую информативность модели в плане отображения инженерно-геологических элементов, зависимость от дискретности вводимых данных все еще остается достаточно высокой. Для максимального качества итогового результата рекомендуется дополнять инженерные изыскания геофизическими исследованиями [4].

Возможности использования трехмерных моделей не ограничиваются инженерными изысканиями, которые предшествуют процессу проектирования и строительства здания. Результаты моделирования могут быть объединены в единую базу данных какой-либо территории. В дальнейшем эта база данных может быть использована при реконструкции существующих зданий или техническом перевооружении промышленных объектов. Помимо этого, специалисты, занимающиеся мониторингом геомеханических процессов, также извлекут пользу от использования трехмерных моделей. Своевременно получая необходимые данные, можно преобразовывать модель и таким образом прогнозировать места возникновения возможных негативных процессов и степень их опасности.

С развитием данного направления, открывается возможность создания масштабных трехмерных геологических массивов, которые найдут свое применение при разработке схем территориального планирования [4]. Вне всякого сомнения, разработка таких масштабных проектов представляет очень сложную задачу. Для её реализации потребуются координация процесса разработки сразу нескольких проектных организаций, привлечение огромных ресурсов и большой объем трудозатрат. Получение качественного результата потребует много времени, однако в долгосрочной перспективе готовая модель существенно упростит процесс инженерных изысканий.

Внедрение компьютерных технологий позволило изменить процесс выполнения работ, связанных с геодезическими, геологическими, проектными изысканиями. Но даже не смотря на сегодняшний уровень развития технологий, не нужно останавливаться на достигнутом. Уже ведутся разработки, позволяющие совместить процесс бурения скважин со статическим зондированием [1]. В будущем, с развитием цифровых технологий, возможно объединение всех этапов инженерных изысканий. Например, геолог, вместо заполнения бурового журнала, может осуществлять привязку вскрытых грунтов в электронном виде при помощи компактного планшета. Затем данные проходки (вместе с данными статического зондирования) будут отправляться на центральный компьютер, где программное обеспечение автоматически создаст модель грунтового массива. Специалисты-проектировщики могут в реальном времени отслеживать процесс создания модели и при необходимости вносить правки в процесс работ. Внедрение подобных технологий способно кардинально изменить существующий подход к проведению инженерных изысканий.

Литература

1. Болдырев Г.Г., Идрисов И.Х. Комплексная технология инженерно-геологических исследований и проектирования оснований // Независимый электронный журнал «ГеоИнфо». – 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoinfo.ru/product/boldyrev-gennadij-grigorevich/kompleksnaya-tekhnologiya-inzhenerno-geologicheskikh-issledovaniy-i-proektirovaniya-osnovanij-40201.shtml> (дата обращения 10 марта 2021)
2. Каня Е.В., Димухаметов Д.М., Коноплев А.В., Спасский Б.А., Лунев Б.С. Трехмерная визуализация и анализ результатов инженерно-геологических и геоэкологических исследований // Научный журнал Фундаментальные исследования. – 2014. – №9 часть 12. – с 2708 – 2712.
3. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 №1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменений в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства» // Собрание законодательства РФ. – 28.09.2020. – №39. – Ст. 6030.
4. Самосват В.В. «Трехмерная цифровая модель геологической среды как ключевой элемент BIM-технологии и высшая ступень цифровизации строительства» // Независимый электронный журнал «ГеоИнфо». – 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoinfo.ru/product/samosvat-viktor-vadimovich/trekhmernaya-cifrovaya-model-geologicheskoy-sredy-kak-klyuchevoy-ehlement-bim-tekhnologii-42694.shtml> (дата обращения: 10 марта 2021).
5. Сидиков Ф.У. Трехмерное моделирование геологической среды на основе топогеодезических карт // Научный журнал «Молодой ученый». – 2015. – №22 (102). – с 79 – 81.

УДК 624.131.439.4, 624.131.22

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЙ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ТРЕХОСНЫХ И КОМПРЕССИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Долгополов Роман Эдуардович

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, магистрант 2 года
обучения, г. Казань
e-mail: derryberry@gmail.com*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Муравьев Федор Александрович

Аннотация: в данной работе приводится сравнительная характеристика результатов компрессионного и трехосного сжатия глинистых грунтов с целью определения переходного коэффициента между ними и сравнения его с нормативным коэффициентом. Выявлено, что значения модуля деформации из трехосных испытаний для глин полутвердых в 3,2 – 4,6 (для суглинков тугопластичных в 3,4 – 7,3) раза выше компрессионного модуля деформации. Переходной коэффициент, полученный по результатам исследования существенно отличается от коэффициентов, приведенных в нормативных документах.

Ключевые слова: метод трехосного сжатия, метод компрессионного сжатия, модуль деформации, глинистые грунты.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF DETERMINATION OF THE DEFORMATION MODULES OF THREE-AXIAL TESTS AND COMPRESSION TESTS

Roman Dolgoplov

*Kazan (Volga region) Federal University, 2nd year Master's Degree Student, Kazan,
e-mail: derryberry@gmail.com*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Fedor Mouraviev

Abstract: this paper provides a comparative characteristic of the results of compression and triaxial compression of clay soils in order to determine the transition coefficient between them and compare it with the standard coefficient. It was revealed that the values of the deformation module from triaxial tests for stiff clays are 3.2 - 4.6 (firm-stiff loams, 3.4 - 7.3) times higher than the compression module of deformation. The transition coefficient obtained from the research results differs significantly from the coefficients given in the regulatory documents.

Keywords: triaxial compression method, compression method, deformation modulus, clay soils.

Актуальность. Модуль общей деформации является основным параметром, который используется в качестве деформационного показателя и характеризует сжимаемость грунтов, а также он используется для расчетов оснований и сооружений. Данный модуль деформации может быть определен как при помощи полевых, так и лабораторных испытаний. Самым распространенным лабораторным методом являются компрессионные испытания, по результатам которых определяется одометрический и компрессионный модули деформации. В дальнейшем при помощи коэффициентов, прописанных в нормативных документах [4], одометрический модуль деформации переводится в общий модуль деформации. Испытания методом трехосного сжатия проводятся намного реже, хотя они более реально моделируют поведение грунта при действии внешних нагрузок. Целью данной работы было определение компрессионного и трехосного модуля деформации, выявление коэффициента перехода между ними и сравнение его с нормативными коэффициентами.

Материалы и методы исследования. Объектом изучения были выбраны суглинки тугопластичные и глины полутвердые.

Монолиты суглинков тугопластичных были отобраны из скважин с глубин 3,0 м, 3,2 м. Площадка изысканий, где были отобраны монолиты, располагается в Елабужском районе Республика Татарстан, в особой экономической зоне Алабуга.

Монолиты глины полутвердой были отобраны из скважин с глубин 7,0 м, 9,1 м, 10,4 м. Участок, где были отобраны монолиты, располагается в Бавлинском муниципальном районе Республики Татарстан.

Лабораторные методы исследования включали в себя определение физических свойств грунтов согласно ГОСТ 5180-2015 [3] и ГОСТ 25100-2011 [2], а именно определение природной влажности, влажности на границе текучести, влажности на границе раскатывания, числа пластичности, показателя текучести, плотности в природном состоянии, плотности скелета грунта, плотности частиц грунта, количества органического вещества.

Также определялись деформационные свойства грунтов в соответствии с ГОСТ 12248-2010 [1], при помощи компрессионных испытаний и трехосных испытаний.

Физические характеристики грунтов

Лабораторные исследования физических параметров грунтов выполнялись в соответствии с ГОСТ 5180-2015 [3]. Исходя из полученных физических характеристик, а именно числа пластичности и показателя текучести, изучаемые грунты были классифицированы согласно ГОСТ 25100-2011 [2]. Результаты определения основных физических характеристик грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные физические характеристики грунтов

Номер образца	Наименование грунта согласно [2]	Номер выработки	№ ИГЭ	Природная влажность W, %	Число пластичности I _p , %	Показатель текучести I _L	Плотность грунта ρ, г/см ³	Коэффициент пористости e	Коэффициент водонасыщения S _r
1	Суглинок тугопластичный	85	1	27,5	16,8	0,27	1,81	0,909	0,82
2	Суглинок тугопластичный	91	1	25,8	16,9	0,26	1,91	0,785	0,89
3	Глина полутвердая тяжелая	21	2	32,3	34,8	0,20	1,93	0,878	1,0
4	Глина полутвердая тяжелая	25	2	30,9	40,4	0,09	1,96	0,830	1,0
5	Глина полутвердая тяжелая	43	2	31,6	39,3	0,05	1,81	0,992	0,87

Деформационные характеристики грунтов

Комплекс лабораторных испытаний по определению деформационных свойств грунтов проводился в соответствии с ГОСТ 12248-2010 [1]. В него входили:

- 1) компрессионные испытания;
- 2) консолидированно-недренированные трехосные испытания.

Испытания в условиях компрессионного сжатия

Испытания в условиях компрессионного сжатия были выполнены на приборах НПП «Геотек» с использованием измерительно-вычислительного комплекса АСИС.

Деформационные свойства грунтов определялись в компрессионных приборах без возможности бокового расширения грунта с площадью колец 60 см² и высотой 2,5 см по схеме «одной кривой» в водонасыщенном состоянии.

Проведенные испытания позволили определить одометрический модуль деформации $E_{од}$ и компрессионный модуль деформации E_k для каждого образца ненарушенной структуры в необходимом интервале давлений, для сравнения с результатами трехосных испытаний.

Типичные результаты испытаний на компрессионном приборе для суглинка тугопластичного и глины полутвердой тяжелой приведены на рисунке 1.

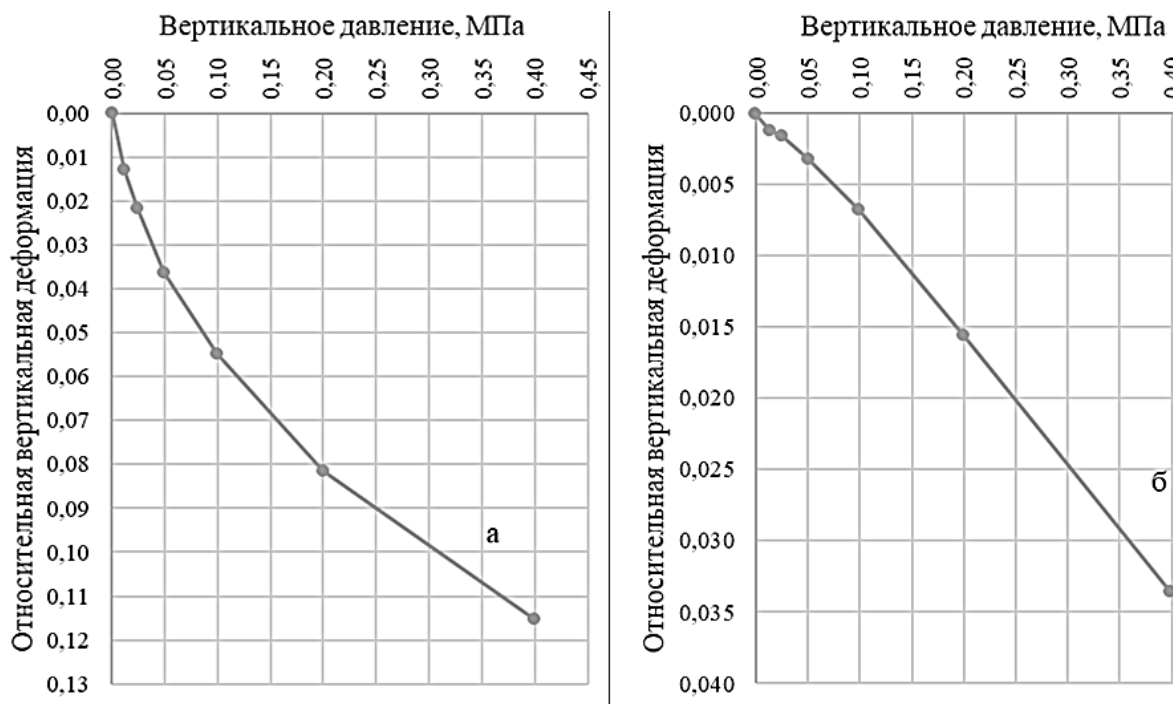


Рис.1 Компрессионные кривые: а – для суглинков, б – для глин

Испытания в условиях трехосного сжатия

Испытания образцов грунта с ненарушенной структурой высотой 76 мм и диаметром 38 мм были выполнены на приборе трехосного сжатия от компании НПП «Геотек» с использованием измерительно-вычислительного комплекса АСИС. Предварительно все образцы суглинков и глин водонасыщались, испытания проводились по консолидированно-недренированной схеме. Предварительное водонасыщение необходимо для контроля порового давления и эффективных напряжений в образце в процессе испытания [1]. Давление консолидации и ступени давления на образец грунта выбирались согласно ГОСТ 12248-2010 [1].

Типичные результаты испытаний на трехосном приборе для суглинка тугопластичного и глины полутвердой тяжелой приведены на рисунке 2.

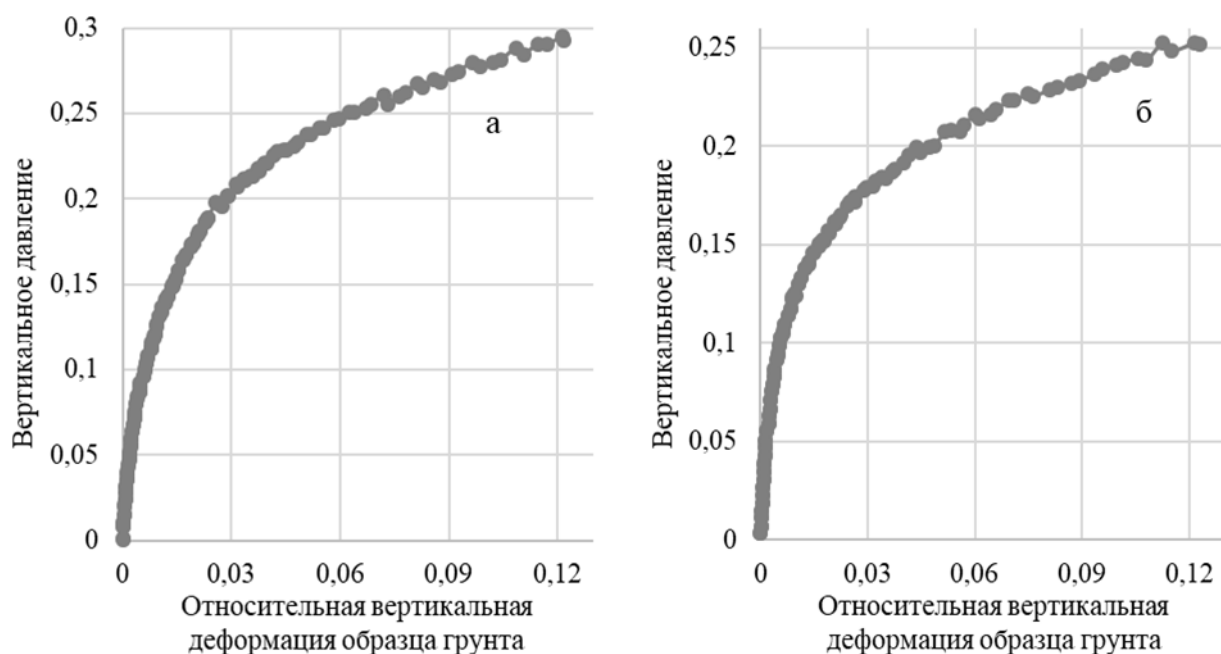


Рис.2 Результаты испытаний консолидированно-недренированного трехосного сжатия: а – для суглинков, б – для глин

Интерпретация и анализ результатов испытаний

По результатам трехосных и компрессионных испытаний были определены модули деформации, результаты приведены в таблице 2. Для каждого вида грунта были определены средние значения всех необходимых параметров и рассчитаны средние значения переходных коэффициентов между трехосным и одометрическим модулями деформации. Значения коэффициента m_{oed} [4] находилось методом интерполяции для каждого образца, исходя из значения коэффициента пористости, также было найдено среднее значение данного коэффициента для каждого вида грунта.

Таблица 2

Значение модулей деформации по результатам трехосных и компрессионных испытаний

Номер	Наименование грунта согласно [2]	Число пластичности	Коэффициент пористости	Трехосный модуль деформации, E_3	Одометрический модуль деформации, E_1	Компрессионный модуль деформации, E_k	Коэффициент перехода между E_1 и E_{oed}	Значения коэффициента m_{oed} [4]
1	Суглинок тугопластичный	16,8	0,909	2,73	1,33	0,80	2,05	1,71
2	Суглинок тугопластичный	16,9	0,785	1,098	2,51	1,51	4,37	2,26
	Среднее значение	16,85	0,847	6,86	1,92	1,16	3,57	2,00
3	Глина полутвердая тяжелая	34,8	0,878	2,697	14,44	5,78	1,87	2,14
4	Глина полутвердая тяжелая	40,4	0,830	5,461	42,50	17,00	1,28	2,22
5	Глина полутвердая тяжелая	39,3	0,992	1,247	6,89	2,76	1,81	1,92
	Среднее значение	38,17	0,900	3,135	21,28	8,51	1,47	2,1

Зависимость между средними значениями коэффициентов перехода между трехосными и одометрическими модулями деформации, и значениями коэффициентов m_{oed} для каждого вида грунта можно наглядно увидеть на рисунке 3.

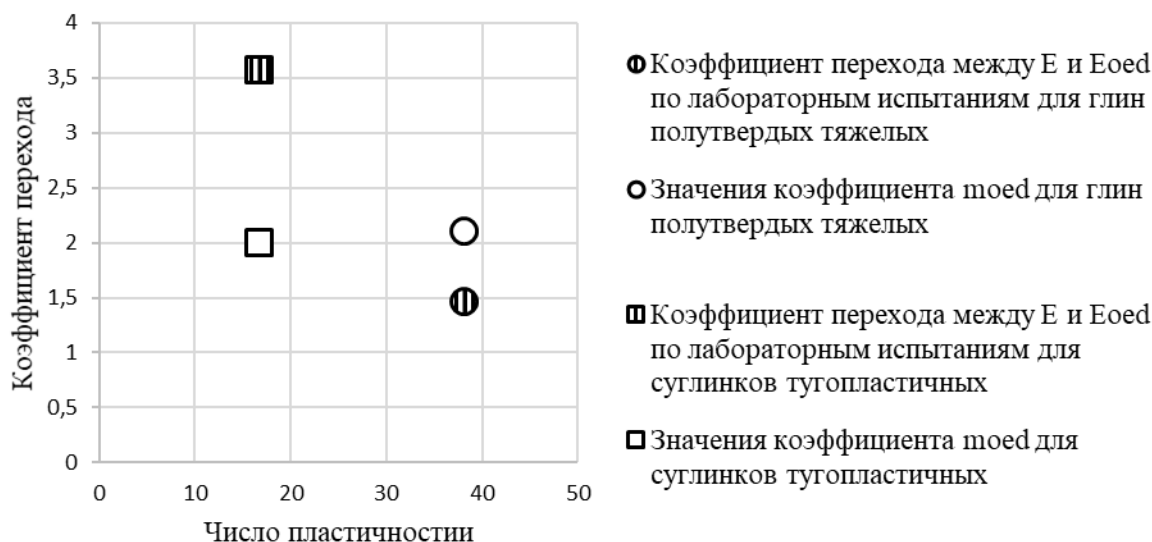


Рис.3 График распределения средних значений переходных коэффициентов между трехосным и одометрическим модулем деформации, и значением коэффициента m_{oed}

Было выявлено, что значения модуля деформации по результатам трехосных испытаний для глин полутвердых в 3,2 – 4,6 (для суглинков тугопластичных в 3,4 – 7,3) раза выше компрессионного модуля деформации. Коэффициент перехода между трехосным и одометрическим модулем деформации для глин полутвердых тяжелых получился в 0,58 - 0,94 раза меньше, относительно значения нормативного коэффициента m_{oed} . Для суглинков тугопластичных коэффициент перехода между трехосным и одометрическим модулем деформации в 1,2 - 1,93 раза превышает значение нормативного коэффициента m_{oed} .

Полученные результаты показали существенное отличие переходных коэффициентов, от коэффициентов, приведенных в нормативных документах, скорее всего эти различия имеют региональный характер. Вследствие этого существует необходимость выявить переходные коэффициенты для нашего региона (Республики Татарстан). Для окончательных выводов полученных материалов недостаточно, в связи с этим исследование необходимо продолжить.

Литература

1. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
2. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.
3. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
4. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.

УДК 624.121.537, 624.121.542, 624.131.537, 624.131.542, 624.131.543, 624.131.551.1

ВЛИЯНИЕ СЛАБОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ УЧЁТА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

Прасолов Андрей Александрович

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, аспирант 2 года обучения, г. Москва
e-mail: ghfcjkjdfylhtq@yandex.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., с.н.с., Хоменко Виктор Петрович

Аннотация: Оползни являются опасными геологическими процессами, но их изучение и в настоящее время является весьма трудной задачей. Это объясняется большим количеством факторов, приводящих к появлению данных процессов, среди которых сейсмичность является одним из основных. Учёт сейсмичности важен для оценки опасности и риска оползневых процессов и последующего инженерно-геологического обоснования проведения мероприятий инженерной защиты, однако для абсолютного большинства зданий и сооружений она учитывается только при достижении интенсивности 7 баллов и более по шкале МСК-64. Сейсмичность зачастую действует как триггер оползневого процесса, поэтому даже малое воздействие может привести к потере устойчивости для оползневого склона. Цель данной работы – оценка влияния слабой сейсмичности на оползневые процессы и особенности её учёта.

Ключевые слова: Слабая сейсмичность, оползни, инженерно-геологические расчёты, обоснования мероприятий инженерной защиты.

THE INFLUENCE OF WEAK SEISMICITY ON THE FORMATION AND DEVELOPMENT LANDSLIDE PROCESSES AND FEATURES OF ITS COUNTING FOR THE JUSTIFICATIONS OF ENGINEERING PROTECTION'S MEASURES

Andrey Prasolov,

*National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2nd year Post-graduate Student, Moscow,
e-mail: ghfcjkjdfylhtq@yandex.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Senior Researcher, Viktor Khomenko

Abstract: Landslides are hazardous geological processes, but their study is still a very difficult task. This is explained by a large number of factors leading to the appearance of these processes, among which seismicity is one of the basic ones. Accounting for seismicity is important for assessing the hazard and risk of landslide processes and the subsequent engineering geological justification of engineering protection's measures, however, for the vast majority of building and structures, it is taken into account only when the intensity reaches 7 points or more on the MSK-64 scale. Seismicity often acts as a trigger for the landslide process, that is why even a small impact can lead to a loss of stability for the landslide slope. The purpose of this work is an assessment of weak seismicity's influence on landslide processes and the specifics of its accounting.

Keywords: Weak seismicity, landslides, engineering geological calculations, justifications of engineering protection's measures.

Сейсмичность является одним из основных факторов формирования оползневых процессов. При этом при проведении инженерно-геологических расчётов она относится к особым воздействиям (как, например, карстовые процессы или просадочность грунтов), так как её проявление может быть практически моментальным и крайне трудно предсказуемым. В настоящее время в связи с современным развитием строительной области приходится осваивать ранее неиспользованные территории со сложными инженерно-геологическими условиями. К ним относятся также территории, подверженные различными геологическими и инженерно-геологическими процессами, в частности оползневыми.

Однако, несмотря на значительное распространение данных процессов на территориях с различной степенью сейсмичности, оценка последней до сих пор представляется крайне трудной задачей даже при установлении её как одного из основных факторов образования оползней, не говоря уже о территориях со слабой сейсмичностью (менее 7 баллов), хотя случаи инициирования оползней землетрясениями малой сейсмичностью происходят регулярно. В связи с этим оценка сейсмичности малой интенсивности как распространённого триггерного фактора развития оползневого процесса является серьёзной и важной задачей при проведении инженерных изысканий.

В настоящее время в нормативных документах обязательного применения по проектированию и проведению инженерной защиты зданий и сооружений от опасных геологических процессов, в частности в СП 116.13330.2012, при выполнении инженерно-геологических расчётов устойчивости склонов учитываются сейсмические воздействия не менее 7 баллов (за исключением особо опасных, технически сложных и уникальных объектов: АЭС, ГЭС и т. д.), в то время как для склонов, находящихся близко к предельному равновесию, даже незначительное дополнительное сдвигающее воздействие, вызванное не учитываемыми природными факторами, может привести к потере устойчивости. При проектировании противооползневых и противообвальных сооружений используют метод предельных отношений для двух групп предельных состояний – полной непригодности сооружения к дальнейшей эксплуатации и непригодности к нормальной эксплуатации. При этом в результате расчёта устойчивости склонов определяют коэффициент устойчивости склона, который сравнивается с нормативным значением, величина которого по первой группе предельных состояний зависит от вероятности сочетания нагрузок за определённый промежуток времени.

Чем ниже вероятность рассчитываемого сочетания нагрузок, тем ниже расчётный коэффициент устойчивости. Таким образом, для годовой вероятности 0,01 (1 раз за 100 лет) коэффициент устойчивости для сооружений 3 уровня ответственности составляет 1,045, для сооружений 2 уровня ответственности достигает 1,09, а для сооружений 1 уровня – 1,14, а для годовой вероятности 0,001 (1 раз за 1000 лет) – 0,99, 1,035 и 1,08, соответственно. Однако расчёты, проводимые инженерными методами, показали, что при сейсмическом воздействии в 5 и 6 баллов с использованием пиковых ускорений по С.В. Медведеву (применяющиеся в СП 14.13330.2018) уменьшение коэффициента устойчивости может достигать 0,09 и 0,14, соответственно. В результате чего даже незначительная добавка, вызванная слабой сейсмичностью, может приводить к потере устойчивости оползнеопасных склонов, на которых могут быть запроектированы различные инженерные сооружения.

Существует немало примеров возникновения оползней, вызванных слабой сейсмичностью в относительно асейсмических зонах. Например, в сентябре 2018 года в Катав-Ивановске (Челябинская область) после землетрясения в 6 баллов и афтершока в 5 баллов произошёл сход оползня длиной до 760 м, шириной 40-80 м и глубиной захвата пород оползнем 4-6 м. Предположительно он был вызван землетрясением (афтершоком) интенсивностью в 5 баллов 26.09.2018 после основного толчка в 6 баллов с эпицентром в 5 км от города (рис. 1). При этом по картам общего сейсмического районирования (ОСР-2015) данный город имеет весьма слабую сейсмичность: 5 баллов по картам А, В и 6 баллов по картам С (периодичность 500, 1000 и 5000 лет), аналогичную сейсмичность имеют города Шатура и Рошаль на востоке Московской области по отголоскам от очагов на Урале. Аналогично для территории Москвы на оползневых участках Воробьёвы горы и Коломенское максимальные смещения в верхней части склона на некоторых участках были зафиксированы в 1977 году после Вранчанского землетрясения в Румынии (8 баллов), отголоски которого в Москве достигали 5 баллов [1].



Рис. 1 Оползень в Катав-Ивановске (Челябинская область), 2018 г [3]

Особенностью малых сейсмических воздействий, вызванных глубокофокусными землетрясениями, является их значительная продолжительность. Для этих землетрясений характерны малые значения пиковых ускорений (которые могут не достигать даже $0,1 \text{ м/с}^2$), но при этом они, как правило, продолжаются в течение очень длительного времени (до 5 минут). Для учёта длительности подобного сейсмического воздействия используется поправочный коэффициент, зависящий от продолжительности воздействий не менее половины от пиковых. Тогда с учётом данной поправки приведённые пиковые ускорения, используемые для последующих расчётов будут достигать $0,23\text{-}0,25 \text{ м/с}^2$ и характеризовать сейсмическое воздействие для таких землетрясений.

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. 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 [2]

В целом, для учёта слабой сейсмичности при оценке устойчивости оползневых склонов может быть применено два способа по определению критерия, когда необходимо использовать при проведении инженерно-геологических расчётов данное воздействие. По первому методу при помощи обратных расчётов можно определить, какое воздействие необходимо для достижения равенства расчётного и нормативного коэффициента устойчивости, выявить разрушающее ускорение и далее сравнить его с ускорениями с привязкой к баллам интенсивности по приложению Б из ГОСТ Р 57546-2017 “Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности”. Полученное значение интенсивности сравнить с интенсивностью по баллам из карт ОСР, чтобы в дальнейшем определить необходимость расчёта малой сейсмичности для данного склона.

По второму методу можно определить средние изменения коэффициента устойчивости при учёте сейсмичности соответствующей интенсивности и прибавлять их к нормативному коэффициенту устойчивости. Таким способом можно будет получить новые нормативные коэффициенты устойчивости, с которыми можно сравнивать расчётные коэффициенты устойчивости и если последние будут не превышать первые, то возникнет необходимость учёта сейсмичности малой интенсивности. Но для использования второго метода необходимо будет провести исследования и собрать достаточный материал для моделирования акселерограмм со слабой сейсмичностью, чтобы новые нормативные коэффициенты устойчивости с учётом малой сейсмичности были обоснованы и стали надёжным критерием для проведения дополнительных расчётов.

Решение этих задач позволит уточнить не только инженерно-геологические расчёты по оценке устойчивости оползнеопасных склонов, но и провести уточнение геологического риска (например, с какой годовой вероятностью для данного сооружения коэффициент устойчивости может быть меньше 1), который может содействовать более грамотному обоснованию инженерной защиты зданий и сооружений, а также оценить возможный ущерб в экономическом, социальном и экологическом аспектах. На основании результатов проведенных исследований и выявленных закономерностей будет оценена возможность использования данных методов в рамках инженерных изысканий, а также при проведении различных геоэкологических работ. Тем самым, можно будет получить данные, которые позволят строить различные инженерные сооружения, в том числе связанные с мероприятиями инженерной защиты более надёжно, быстро и экономически целесообразно.

Литература

1. Орлова Н.А., Кропоткин М.П., Ильина О.А., Прасолов А.А., Крупская В.В. Геоэкологические риски вследствие размещения токсичных химических и радиоактивных отходов на участке “Коломенское” в г. Москва и возможности реабилитации территории. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. №1. С. 57-63.
2. Павленко О.В. Акселерограммы сценарного землетрясения в г. Москва в пунктах с различными грунтовыми условиями // Вопросы инженерной сейсмологии. 2017. № 4. С. 5-28.
3. Спектор С.В., Вожик А.А. Информационная сводка о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации за III квартал 2018 г. М.: Гидроспецгеология, 2018.

ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВНЕШНЕМ ОТВАЛООБРАЗОВАНИИ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

Мухина Александра Сергеевна

*Санкт-Петербургский горный университет, аспирант 3 года обучения,
г. Санкт-Петербург*

e-mail: aleksandra_sergeevna94@mail.ru

Научный руководитель: д.т.н., профессор, Кутепов Юрий Иванович

Аннотация: В статье представлен анализ проблемы рекультивации высоких отвалов вскрышных пород. Приведены характеристики техногенных массивов угольных отвалов. Исследования параметров отвалов проводились на примере крупнейшего Кузнецкого угольного бассейна. Работа включает предложения по рекультивации отвальных сооружений.

Ключевые слова: рекультивация, высокий отвал, Кузнецкий угольный бассейн, угольные месторождения, техногенный элювий.

PROBLEMS OF RECLAMATION OF DISTURBED LANDS DURING EXTERNAL DUMPING AT THE OPEN PIT MINES OF KUZBASS

Alexandra Muchina

*St. Petersburg Mining University, 3rd year Post-graduate Student,
Saint-Petersburg*

e-mail: aleksandra_sergeevna94@mail.ru

Research Supervisor: Doctor of technical science, Professor, Jury Koutepov

Abstract: The article presents an analysis of the problem of recultivation of high overburden dumps. The characteristics of technogenic massifs of coal dumps are given. Dump parameters were studied using the example of the largest Kuznetsk coal basin. The work includes proposals for the reclamation of dump facilities.

Keywords: reclamation, high dump, Kuznetsk coal basin, coal deposits, technogenic eluvium.

По данным Министерства энергетики РФ, в последние годы отмечается стабильный рост добычи угля, в частности, на территории Кузбасса (рис. 1). В настоящее время годовая добыча угля составляет 401, 4 млн. т. (+8,23% к 2019 году) [1]. Горнотехнические сооружения составляют 80% нарушенных территорий, занимают площади от десятков до тысяч гектаров. Разработка угля открытым способом считается самым продуктивным и дешевым, но данный метод не учитывает значительного негативного влияния на компоненты окружающей среды.

Для решения актуальной проблемы охраны окружающей среды и рационального использования земельных ресурсов встают вопросы сокращения площадей земельного отвода и возврат поверхностей отвальных сооружений, путем увеличения параметров горнотехнических сооружений и дальнейшей их рекультивации.

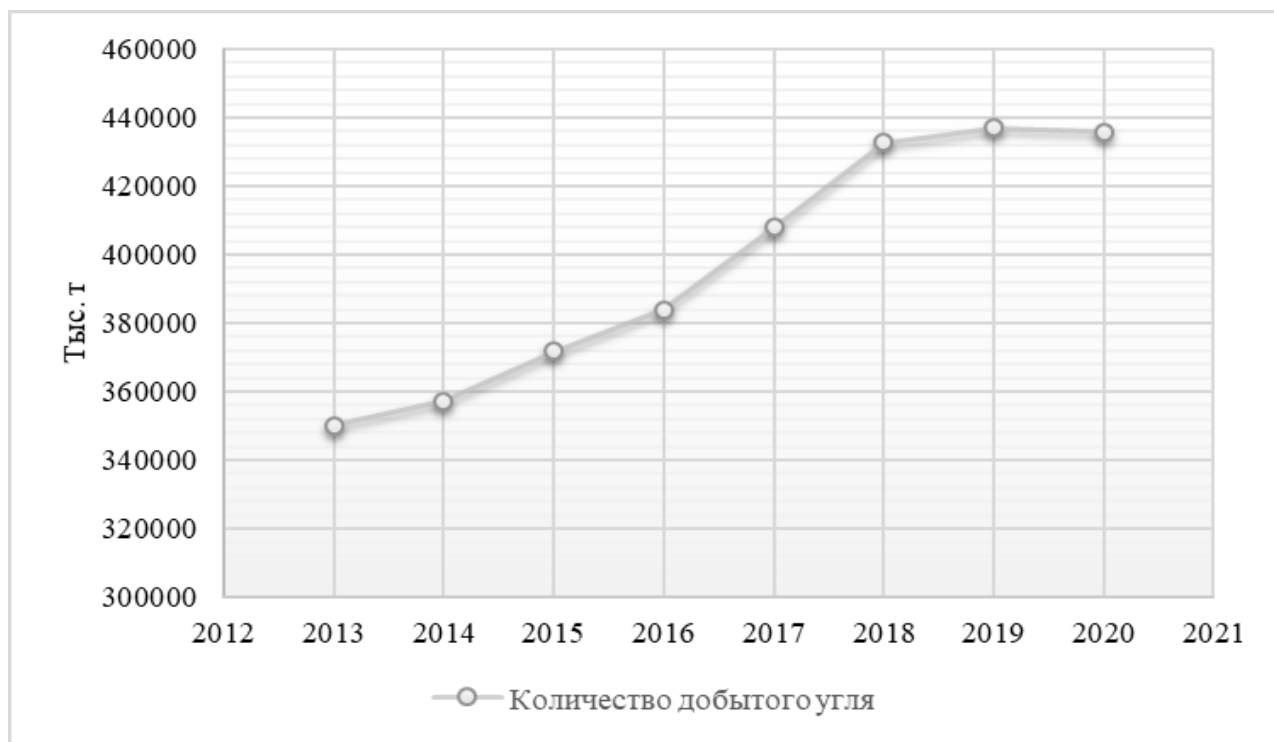


Рис. 1. Статистика добычи угля в России в период с 2013 по 2020 гг. (данные Министерства энергетики РФ)

Необходимость ликвидации последствий негативного воздействия промышленности на компоненты окружающей среды и восстановления их свойств предопределили развитие такого направления, как рекультивации земель. Рекультивация в целом и каждый её этап (горнотехнический и биологический) определяется необходимостью решения конкретных задач по восстановлению нарушенных земель горнодобывающей промышленностью.

Внешние отвалы Кузбасса занимают значительные площади от десятков до сотен гектар и характеризуются высотами до 200 м ($H_{\text{ср}} = 100$ м). Недостаток территорий для размещения вскрыши предопределила тенденцию увеличения параметров отвальных сооружений. На разрезах Бачатский и Талдинский ставится вопрос о возможности увеличения высоты отвала до 500 м [5].

Массив техногенных пород отвалов представляет собой динамическую систему, которая изменяется в пространстве и во времени. Состояние массива зависит от физико-географических, геоэкологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических факторов.

Главными факторами (признаками природно-техногенной системы) определяющими устойчивость сооружений являются:

1. Строение техногенного массива и физико-механические свойства техногенных пород, отсыпаемых в отвал.
2. Строение естественного основания сооружения и физико-механические свойства слагающих его отложений.
3. Характер обводненности техногенного массива и его основания (уровнем техногенного водоносного горизонта, уровнем и напорами подземных вод в основании сооружения).

Экологический ущерб от размещения на земной поверхности отвалов вскрышных пород складывается также из изменения качества используемых земель. Поэтому мероприятия по рекультивации отвалов должны включать также геоэкологическую оценку влияния высоких отвалов [4].

Одной из причин нарушения устойчивости отвальных сооружений является несоответствие параметров отвалообразования прочности отвального массива и его основания. Отметим, что на прочностные свойства отвальных сооружений влияет совокупность природных и техногенных факторов, таких как: строение ГТС, вещественный состав, физическое и напряженное состояние и т.д. В геологическом строении района участвуют каменноугольные и пермские отложения, относящиеся, в основном, к балахонской и кольчугинской сериям, а также покровные неоген-четвертичные отложения. Четвертичные отложения в районе распространены повсеместно. В целом отложения четвертичного возраста в естественном залегании характеризуются низкими значениями поверхностных показателей, небольшой плотностью сложения и высокой степенью влажности. При

этом следует учитывать, что дополнительное увлажнение их может привести к значительному снижению устойчивости и вызвать развитие оползневых явлений. Литологический состав нижнепермских осадочных пород представлен песчано-глинистыми разностями – от среднезернистых песчаников до аргиллитов и каменным углем. Осадочные породы в верхней части разреза затронуты выветриванием [3].

Попадая в отвал и перемешиваясь между собой в различном соотношении, перечисленные разновидности пород, образуют новые, отличные от исходных, типы техногенных пород. Их состояние и свойства при этом зависят от литологического состава пород, межчастичного цемента, возраста исходного материала, прочности материала в куске, высоты отвала (нормальной нагрузки в массиве отвала) и технологических процессов производства. Наиболее интенсивно преобразования исходного состава происходят в отвалах, сложенных обломочным материалом угле вмещающих пород кольчугинской серии с глинистым цементом, приуроченных к месторождениям каменных углей длиннопламенной и газовой марок [3,4].

Методы рекультивации могут быть различны, что определяется в основном составом и свойствами пород, способами разработки месторождений и природно-климатической характеристикой местности. Ведение рекультивационных работ в целом существенно зависит от основных параметров отвальных сооружений, таких, как площадь основания, высота отвала и отдельных ярусов, угол откоса яруса и результирующий угол отвала, которые в свою очередь зависят от рельефа местности, физико-механических свойств пород и других.

Основными проблемами восстановления и возвращения в хозяйственное использование нарушенных земель являются:

- несовершенство правовой базы. Большая часть существующих нормативно-правовых актов в РФ посвящена проблемам использования и охраны земель, а не их восстановления;

- огромная площадь нарушенных территорий;

- фактическая площадь нарушенных земель значительно больше предполагаемой проектами (зачастую при проектировании не учитываются площади, косвенно нарушенные просадками и провалами; загрязнениями, эрозионными процессами; земли, нарушенные строительством линейных сооружений (дорог, трубопроводов, линий электропередач) и др.

- недоступность отвальных сооружений для выполнения рекультивационных работ (в связи наклоном поверхности, наличием водонасыщенных пород и грунтов в теле и на поверхности техногенного массива, наличием дикорастущих растений и кустарников);

- деформационные процессы (гидро- и геодинамические процессы) в теле техногенного массива.

При изучении формирования рекультивационного слоя необходимо выполнить оценку агрохимических свойств и плодородия пород. Под воздействием водной и ветровой эрозии породы, с различной скоростью преобразуются в так называемый техногенный элювий [2,5]. Вскрышные породы угольных разрезов содержат в своем составе значительное количество органики (за счет угля и гумуса), не содержат токсичных загрязняющих веществ, поэтому являются пригодными для рекультивации в качестве потенциально-плодородного слоя. Таким образом, основное внимание должно быть направлено на ускорение почвенных процессов и создание высокоплодородного почвенного профиля.

Рекультивация полного цикла (включая горнотехнический, мелиоративный и биологический этапы) в существующих условиях Кузбасса является весьма затратной и считается экономически нецелесообразной. Поэтому научное исследование должно быть направлено на изучение естественных процессов восстановления биотических компонентов. Таким образом, это позволит разработать схемы рекультивации, направленные на содействие естественным восстановительным процессам, что позволит достичь желаемого эколого-экономического эффекта.

Литература

1. Министерство энергетики Российской Федерации: [сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru/activity/statistic> (дата обращения: 04.03.2020).

2. Жариков В.П. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое обоснование эксплуатации и рекультивации гидроотвалов вскрышных пород Центрального Кузбасса. Дисс. ... канд. техн. наук. М., 2005. С. 49-58;

3. Кутепов Ю. И., Кутепова Н. А., Васильева А. Д. Обоснование устойчивости внешних отвалов Кузбасса и мониторинг их состояния/ Ю.И. Кутепов,, Н.А. Кутепова, А.Д. Васильева //

Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2019. - № 4. - С. 109–120. DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-04-0-109-120>;

4. Кутепов Ю.И., Мухина А.С. Оценка влияния гидрогеомеханических процессов в техногенных массивах высоких отвалов на геоэкологические условия территорий их размещения/ Ю.И. Кутепов, А.С. Мухина // Международный научно-исследовательский журнал. - 2021. -№1 (103/2) .-С. 56-59. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.103.1.034>

5. Мухина А.С. Геоэкологическое обоснование рекультивации внешних отвалов угольных месторождений Кузбасса // XII Сборник научных трудов «Геология в развивающемся мире».- Пермь.- 2019. С 475-477.

ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ СЖИГАНИИ УГЛЯ

Сидорова Екатерина Вячеславовна

*Российский Университет Дружбы Народов, магистрант 2 курса,
г. Москва*

e-mail: katya_sidorova97@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, заведующий кафедрой геоэкологии РУДН,
Станис Елена Владимировна*

Аннотация: Угольная энергетика создаёт одну из самых значительных экологических проблем в наше время. Это проблема загрязнения окружающей среды естественными радионуклидами. Данная тема важна для понимания геологам и геохимикам, которые изучают радиационный фон и следствия, приводящие к его увеличению, а также людям, работающим на электростанциях с угольным топливом и в угольных шахтах. Здоровье людей, которые живут в районах расположения угольной промышленности, подвергается значительному негативному воздействию со стороны этих предприятий.

Ключевые слова: сжигание угля, зола, шлак, радиоактивные изотопы, уран, торий, калий, выбросы, кларк, радионуклиды.

PROBLEMS OF RADIOACTIVE ENVIRONMENTAL POLLUTION DURING COAL BURNING

Ekaterina Sidorova

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 2nd year Master's Degree Student,
Moscow,*

e-mail: katya_sidorova97@mail.ru

*Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Reader, Head of the Department of
Geoecology, RUDN, Elena Stanis*

Abstract: Coal energy poses one of the most significant environmental problems of our time. This is the problem of environmental pollution by natural radionuclides. This topic is important for understanding for geologists and geochemists who study the background radiation and the consequences that lead to its increase, as well as for people working in coal-fired power plants and in coal mines. The health of people who live in areas of coal-mining industry is significantly affected by these factories.

Keywords: coal combustion, ash, slag, radioactive isotopes, uranium, thorium, potassium, emissions, clark, radionuclides.

Метод исследования, используемый в работе, – теоретический (обзорно-аналитический). Материалом для анализа проблем послужили печатные и электронные периодические издания по рассматриваемой теме.

Ископаемый уголь – горная порода, состоящая из геологически изменённых тканей древних растений. В осадочных породах ископаемые остатки растительности встречаются часто, но, чтобы их можно было назвать месторождением угля, они должны формировать угольные пласты, представляющие собой большие плитообразные или линзовидные образования, промышленная разработка которых экономически выгодна [1].

Формирование угля начинается с образования торфа. Наиболее свойственная его составляющая – гуминовая кислота. В её основе лежат бензольные кольца, соединённые друг с другом непосредственно или через алифатические связи. В процессе метаморфизма промежуточные связи утрачиваются, и возрастает относительная доля соединённых непосредственно бензольных колец. Функциональные группы представлены карбоксильными (COOH), гидроксильными (OH), метоксильными (OCH₃) и другими. Ионы металлов здесь могут заменить водород. С переходом торфа в бурый уголь содержание функциональных групп резко снижается. Торф наиболее активен как химическая среда, в которой протекают реакции с концентрацией металлов, включая радиоактивные. Непроста геологи и геохимики полагают, что накопление металлов в углях происходило именно на торфяной стадии углеобразования [1]. Когда угольный пласт был ещё торфом, он представлял собой открытую систему, в которую с поверхностными и грунтовыми водами могли поступать разные химические элементы, даже радионуклиды.

Горные породы часто содержат радиоактивные изотопы урана 238, 235 и 234; тория 232 и калия 40. Но если содержание ⁴⁰K в породах невелико и он не накапливается в организме в процессе жизнедеятельности, то торий и уран имеют негативные последствия при попадании в организм человека и природную среду с дальнейшим накоплением. Первоначально в российской атомной энергетике уран добывали из угля [2].

Таблица

Кларковое содержание радиоактивных изотопов (по данным Я.Э. Юдовича) [2]

Уран в бурых углях	Торий в бурых углях	Торий в каменных углях
3,6 г/т	6,3 г/т	3,5 г/т

В США, Турции, Киргизии и Франции добываются угли с концентрацией урана в один-два раза выше кларка. В нашей стране угольные месторождения с превышением кларкового содержания урана имеются только локально [3]. Радиационно-гигиенический контроль на таких месторождениях не разрабатывается, поэтому уголь с превышением радиоактивных элементов может использоваться на ТЭС, в небольших котельных и частных домах. Зола и шлак из таких углей обогащены естественными радионуклидами. Известно, что использование золошлаков из сжигаемых на ТЭС углей с небольшим содержанием урана и тория в искусственных грунтах и в целях отсыпки дорог увеличивает радиационный фон до трёх раз в отличие от местного фона [4].

Выбросы при сжигании угля небольшими котельными и в частных домах для обогрева могут оказать большее влияние на население, чем выбросы крупных предприятий. Отсутствие систем очистки дымовых выбросов и небольшая высота труб приводит к тому, что насыщенный радионуклидами дым находится очень близко к земле, а ЕРН, выбрасываемые с летучей золой из труб, осаждаются на надземную часть растений и попадают в почву.

Топливная энергетика в 12 раз больше привносит радиоактивное загрязнение в окружающую среду, чем атомная [1]. Так, установлено, что почвы и воздух на территориях вблизи крупных угольных ТЭС иногда имеют радиоактивность в десятки раз больше фоновых и предельно допустимых значений. Это зависит от геологических причин конкретного месторождения угля с разной концентрацией радионуклидов. От технологии подготовки и сжигания топлива радиационный фон также зависит. Для снижения зольности угля перед его подачей в топку ТЭС проводят процесс обогащения – удаление минеральных компонентов. Часть тория переходит в минеральные частицы, а относительное содержание урана в обогащённом угле возрастает. При увеличении температуры в котлах до 1000-1600°С во время сжигания некоторая часть радионуклидов становится газовой формой [1]. При достижении продуктами сгорания температуры в несколько сотен градусов на поверхности частиц золы происходит конденсация радионуклидов. Она задерживается фильтрами или попадает в атмосферу с дымовыми газами. Зола применяется при производстве строительных материалов, в том числе в бетонах вместо песка, но если радиоактивность бетона высокая, контролирующие службы запрещают её применять. НРБ-99/2009 нормирует применение шлаков в строительстве, но не включает в себя требования к сжигаемым углям. Это является проблемой законодательства в этой области.

Радиоактивные элементы, оказавшиеся в атмосфере, имеют разные свойства к накоплению в окружающей среде и зависят от размера частиц. В мелких частицах, не задерживаемых фильтрами, радиоактивные элементы находятся в большом количестве. При сжигании углей даже с малыми

концентрациями урана и тория продукты сжигания содержат обычно в 3–4 раза больше радиоактивных веществ, чем в состоянии до сжигания [4]. Торий-232, несмотря на небольшое содержание в углях по сравнению с ураном, имеет высокую радиационную опасность, так как накапливается в костном мозге и долго выводится из организма. По нормативным документам концентрация тория в воздухе на 2 порядка меньше, чем менее активного урана [5].

Увеличение темпов развития угольной энергетики подразумевает и повышение объёмов использования угля как энергетического топлива, что приведёт к ухудшению экологической обстановки. Для оценки радиоактивного загрязнения, создаваемого угольной энергетикой, есть следующие пути защиты природной среды от радионуклидов. Во-первых, стадия разведки должна сопровождаться определением содержания естественных радионуклидов. Во-вторых, извлекать загрязнители из угля до его сжигания путём использования технологии обогащения. В-третьих, извлекать загрязняющие вещества из дымовых газов до их поступления в атмосферу.

Литература

1. Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность // «Химия и жизнь». – 2006. – №2. – С. 24-29 [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.hij.ru (дата обращения: 26.02.2019)
2. Крылов Д.А. "Токсичность" угольной тепло-электрогенерации // Горн. пром-сть. – 2016. – N 5 (129). – С.66-68, 70-71.
3. Овсейчук В.А., Крылов Д.А., Сидорова Г.П. Радиационные выбросы от угольных ТЭС // Вестник ЗабГУ. – 2012. – №10 (89). – С. 24
4. Сидорова Г.П., Крылов Д.А. Радиоактивность углей и золошлаковых отходов угольных электростанций // Энергия: экономика, техника, экология. – 2017. - №2. – с.21-26
5. Сидорова Г.П., Овсейчук В. А. Определение удельной эффективной активности в углях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №8. – С. 369-370

УДК 626

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Сидорова Екатерина Вячеславовна

*Российский Университет Дружбы Народов, магистрант 2 курса,
г. Москва*

e-mail: katya_sidorova97@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, заведующий кафедрой геоэкологии РУДН,
Станис Елена Владимировна*

Аннотация: При стремительном развитии гидротехнического строительства важно учитывать и решать такие проблемы, как энергетические, ирригации и осушения сельскохозяйственных земель, водообеспечения крупнейших городов и промузлов, транспортные и другие. Проектирование, строительство и эксплуатация ГТС должны сопровождаться сохранением устойчивости окружающей среды и обеспечивать безопасное использование сооружений с учетом местных особенностей и возможных опасностей.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, плотины, гидроаккумулирующие электростанции, водохранилища, каналы, порт, гидроузел, инженерная защита, инженерные мероприятия.

ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL PROBLEMS OF ESTABLISHMENT OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES

Ekaterina Sidorova

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 2nd year Master's Degree Student,
Moscow,*

e-mail: katya_sidorova97@mail.ru

*Research Supervisor: Candidate of Technical Sciences, Reader, Head of the Department of
Geoecology, RUDN, Elena Stanis*

Abstract: With the rapid development of hydraulic engineering, it is important consider and solve such problems as energy, irrigation and drainage of agricultural land, water supply to the largest cities and industrial centers, transport and others. The design, construction and operation of hydraulic structures must be accompanied by the preservation of environmental stability and ensure the safe use of facilities, with considering local characteristics and possible hazards.

Keywords: hydrotechnical structures, dams, pumped storage power plants, reservoirs, canals, port, waterworks, engineering protection, engineering measures.

Метод исследования, используемый в работе, – теоретический (обзорно-аналитический). Материалом для анализа проблем послужили печатные и электронные периодические издания по рассматриваемой теме.

Проектирование и строительство крупных гидроузлов на реках России в 60-х годах проходило без объективных экологических и экономических проработок, без выполнения необходимых защитных инженерных и восстановительных мероприятий. Также не учитывались социальные последствия, несмотря на наличие основательных изыскательных инженерно-геологических материалов. Необоснованна была оценка материального ущерба и экологических последствий от создания водохранилищ. В настоящее время стоимость защитных мероприятий определяется по иным показателям и составляет большие суммы. Однако создание гидроузлов в те года решило многие проблемы энергетики, ирригации и водоснабжения.

Плотины среди целого комплекса сооружений гидроузлов на реках равнинно-платформенных и горно-складчатых районов являются наиболее важным объектом. По статистике, около 1% плотин во всём мире было разрушено в 20 веке, а серьёзно повреждено 2% крупных плотин из 9000 общего количества [1]. Почти половина этих разрушений связана с геологическими причинами. При проектировании плотин и ГЭС обязательно стоит проводить инженерные мероприятия по стабилизации склонов с учётом влияния фильтрационных потоков и подпора подземных вод на участках, где плотина примыкает. Наличие древних глубоких погребённых русел, которые сложены водонасыщенными песчаными и мягкими глинистыми породами – частая особенность геологического строения речных долин, которую нужно обязательно учитывать при проектировании. Сильная трещиноватость и малая прочность, деформируемость и водопроницаемость пород, мощная зона выветривания и необходимость упрочения пород основания существенно осложняют выбор места и типа сооружения, так как определяют дополнительные инженерные мероприятия и увеличивают стоимость сооружений. При объективной оценке эти условия не являются угрозой устойчивости плотины.

Гидроаккумулирующие электростанции предназначены для снабжения энергией при пиковых нагрузках, когда АЭС и ТЭС, функционирующие в стационарных режимах, не могут устранить энергетический дефицит. ГАЭС строятся на отрезках речных долин с высокими и крутыми склонами с преобладающими усложнёнными инженерно-геологическими условиями и являющимися участками глубокорасчленённого рельефа, интенсивных неотектонических поднятий, развития древних и современных оползней, обвалов, карста [1].

Создание водохранилищ приводит к таким негативным явлениям, как подтопление и затопление месторождений угольных (в Хакасии), рудных (Горевское, в устье Ангары), повсеместно строительных материалов (пески, гравий, камень), минеральных вод и нефтяных залежей (долина Камы) [3]. Иногда сложность инженерной защиты территории ценного месторождения от затопления и подтопления вынуждает прорабатывать варианты снижения НПУ водохранилища изменением створа гидроузла. Это существенно усложняет строительство. На водохранилищах северных и умеренных областей в пределах затопленных низких террас, пойм и озёрно-ледниковых котловин, содержащих залежи торфа, зачастую возникают торфяные славнины. Крупные торфяные славнины разрушаются волнами, загрязняют водоём, мешают судоходству и водозаборным сооружениям, забивают водоводы к турбинам ГЭС и другим сооружениям.

Инженерно-геологические процессы на каналах обусловлены взаимовлиянием особенностей геологической среды с движущимися водными массами в каналах и сооружениями на них. Так, волны от судов размывают основания откосов каналов и происходят такие деформации как осыпания, осывы, оползни. Лёссы в пределах канала и на прилегающей территории в зоне развития подпора грунтовых вод просаживаются, а наносы перемещаются и аккумулируются.

Интенсивная абразия морских побережий определяет необходимость их защиты в пределах существующего и перспективного освоения, для предотвращения оползней, осыпей, потерь городских территорий, сельскохозяйственных земель. Берегоукрепление необходимо рассматривать как основной компонент комплексной инженерной защиты, которая должна включать мероприятия по стабилизации прилегающей осваиваемой территории, по борьбе с развитыми на ней подтоплением, эрозионно-селевыми, оползневыми, просадочными, карстовыми процессами, активизированными техногенными факторами (рис. 1).



Рис. 1 Волноотбойная стена на побережье Сочи [4]

При строительстве и эксплуатации водно-транспортных гидротехнических сооружений природоохранная деятельность должна быть направлена не столько на предотвращение загрязнения окружающей среды, сколько на предотвращение нарушения уровня грунтовых вод и изменения параметров грунтов [2]. ГТС располагаются на границе двух сред, где изменения окружающей среды проявляются наиболее ярко, например, порт — местная зона разгрузки грунтовых вод. На изменение уровня подземных вод влияют локальные факторы и гидрогеологические особенности региона. Например, в Санкт - Петербурге увеличение откачек привело к понижению уровня вод Вендского водоносного комплекса на 75 м относительно начальной величины в центре депрессионной воронки (1977) и последующему повышению на 54 м при уменьшении объема откачек [3]. В Казани отметки воды в Куйбышевском водохранилище устанавливают УГВ [3]. В Финском заливе во время строительства Морского пассажирского порта (2005) при проведении дноуглубительных работ вследствие разрушения перекрывающего водоупора произошло перетекание грунтовых вод в напорный водоносный пласт [2]. Физические воздействия (вибрации) при строительных работах и эксплуатации ГТС ведут к суффозии, неустойчивости и проявлению коррозии инженерных сооружений.

На заболоченных и обводненных участках прибрежных зон биохимические и бактериальные процессы вызывают выделение метана и углекислого газа, которые снижают прочностные характеристики грунтов, вызывают спонтанные газогрязевые выбросы, накопление природного газа в подземных сооружениях и повышают агрессивность подземных вод [2]. При проектировании ГТС обязательно необходимо учитывать, насколько прочностные свойства грунтов позволят осуществить данный способ проведения строительства, провести предварительное обустройство территории (осушение болот, засыпку овражной сети) и выдержать без негативных последствий изменения во времени несущих способностей.

При проектировании строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений появляются сложные инженерно-геологические проблемы, размеры и интенсивность воздействия на геологическую среду которых постоянно возрастают.

Литература

1. Асарин А.Е. Развитие гидроэнергетики России // Гидротехническое строительство. – 2003. – №1. – С. 2–6
2. Золотарев Г.С. Методика инженерно-геологических исследований: Учебник – М. Изд-во МГУ, 1990. – 384 с.
3. Кукуй А.Л., Гарибин П.А. Геоэкологические проблемы строительства и технической эксплуатации водно-транспортных гидротехнических сооружений // Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2012. — 252 с. (Вып. 1).
4. Журнал Архитектура Сочи, Обзор методов берегозащиты на Черноморском побережье России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arch-sochi.ru/2012/10/obzor-metodov-beregozashhityi-na-chernomorskom-poberezhe-rossii/> (дата обращения: 26.02.2021).

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Нугуманова Анна Азаматовна

Санкт-Петербургский горный университет, студент 4 курса,

г. Санкт-Петербург,

e-mail: anna.nugumanova.1999@mail.ru

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры геоэкологии, Исаков Александр Евгеньевич

Аннотация: Проведен обзор одного из биологических методов обезвреживания буровых шламов с целью выявления его преимуществ и недостатков. Метод основан на применении биопрепаратов «Дестройл» и «Центрум-MMS», он позволяет снизить класс опасности отхода с III до V. На основе проведенного анализа были определены и рассмотрены характерные для данного метода особенности, как в положительном, так и в отрицательном ключе.

Ключевые слова: обезвреживание, буровые шламы, биопрепарат, преимущества, недостатки, отходы, нефтепродукты.

BIOLOGICAL DECOMPOSITION OF DRILLING SLUDGE: STRENGTHS AND WEAKNESSES

Anna Nugumanova

Saint Petersburg Mining University, 4th year Student,

Saint Petersburg,

e-mail: anna.nugumanova.1999@mail.ru

Research Supervisor: Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Alexander Isakov

Abstract: A review of one of the biological methods of drilling sludge neutralization was carried out to identify its advantages and disadvantages. The method was based on the use of "Destroil" and "Centrum-MMS" biological agents. It allows to reduce the hazard class of waste from III to V. On the basis of the conducted analysis, the characteristic features of this method were identified and considered to reveal their benefits and drawbacks.

Keywords: neutralization, drilling sludge, biological product, advantages, disadvantages, waste, petroleum products.

Технологии, которые традиционно применяются для обезвреживания отходов буровых шламовых амбаров, основаны на методах, позволяющих снизить их класс опасности. Это достигается введением в состав отходов компонентов, которые относятся к неопасным. Среди таких компонентов основными являются песок, грунт и др. В результате удается добиться снижения класса опасности до IV.

Однако существует технология биологического обезвреживания нефтесодержащих грунтов (НСГ), которая обеспечивает снижение класса опасности отходов до V класса. Подобные методы направлены на предотвращение нарушений экологического равновесия природных экосистем, а также попаданий нефтепродуктов в почву и водоемы. В настоящее время разработано достаточно много подобных способов, мы же рассмотрим метод обезвреживания, основанный на применении биопрепаратов «Дестройл» и «Центрум-MMS», и выявим его преимущества и недостатки в сравнении с другими способами обезвреживания подобного вида отхода.

Общая схема работы предприятия, использующего подобную технологию, включает в себя следующие этапы:

- получение от заказчика (нефтяной компании) запроса на обезвреживание отходов,
- получение от заказчика паспорта отходов,
- проведение процедуры обезвреживания отходов,
- анализ проб нефтешламов после обезвреживания.

Данная технология позволяет работать с отходами III и IV классов опасности, такими как: буровые шламы, всплывшие из нефтеловушек нефтепродукты, смеси нефтепродуктов, извлекаемые из очистных сооружений, отходы очистки природных газов, шламы механической очистки сточных вод, шламы флотационной очистки сточных вод, песок и грунт, загрязненные нефтепродуктами.

Основными источниками образования нефтесодержащих грунтов на предприятиях являются технологические процессы, относящиеся к разработке и эксплуатации нефтяных скважин: подготовка, бурение, ремонт, хранение и очистка сырой нефти.

Разнообразие источников образования нефтеотходов приводит к формированию отходов разного агрегатного состояния и состава. Выбор метода переработки и обезвреживания зависит от количества нефтепродуктов, содержащихся в отходе. К тому же, чем дольше хранится шлам, тем сложнее его транспортировать и перерабатывать. Если загрязнителем является бензин, керосин или дизельное топливо, время очистки уменьшается.

Технология обезвреживания опасных отходов не ограничивается простым перемешиванием нефтешламов, нефтесодержащих грунтов и бурового шлама с песком или грунтом. В качестве грунта используется нефтесодержащий грунт, подлежащий обезвреживанию, буровой шлам выполняет одновременно функцию наполнителя для снижения содержания нефтепродуктов в нефтешламе. Одновременно в смесь вводится специальный гуматный комплекс, содержащий гуминовые кислоты. Эти кислоты образуют с ионами металлов гуминовые соли, которые являются стимуляторами роста почвенных бактерий и растений. В то же время соединения гуминовых кислот и веществ с тяжелыми металлами в дальнейшем не растворяются в воде и не усваиваются растениями.

Биотехнологии, которые в широких масштабах применяются для обезвреживания нефтешламов и нефтезагрязненных грунтов, основаны на применении биопрепаратов, включающих специализированные микроорганизмы, утилизирующие нефтепродукты в высоких концентрациях (биопрепараты, содержащие организмы деструкторы, активный ил, минеральные удобрения, препараты, содержащие гуминовые вещества).

В качестве биопрепаратов используются: Дестройл – препарат, полученный на основе микробной культуры *Acinetobacter* и Центрум-MMS – суспензия, содержащая смесь микроорганизмов двух штаммов *Pseudomonas fluorescens* и *Rhodococcus erythropolis*.

Также при очистке нефтесодержащих грунтов широко применяются агротехнические приемы: вспашка, культивация, рыхление. Содержание влажности в НСГ не ниже 60 %.

В основе обезвреживания НСГ лежит биологический метод с применением сообществ микроорганизмов активированной аборигенной микрофлоры и биопрепаратов. Активизации микроорганизмов способствует внесение лигногумата (гуминовых веществ) и азофоски (минеральное удобрение). Технология предполагает активацию сухого препарата в емкости-ферменторе. Обработка рабочей площадки осуществляется поливальными агрегатами, путем равномерного разбрызгивания активированной суспензии по всей площади рабочей площадки.

Основными технологическими операциями процесса обезвреживания являются:

- входной лабораторный контроль нефтезагрязненного грунта, нефтешлама, бурового шлама, поступающих на площадку для обезвреживания,
- прием и размещение отходов на площадке,
- доставка и размещение биопрепарата (БП) и реагентов,
- приготовление рабочего раствора биопрепарата (в случае Дестройла приготовление 0,3 % суспензии из расчетного количества препарата в количестве 2 кг/м³),
- внесение биопрепарата и реагентов с последующей вспашкой и рыхлением,
- полив по необходимости,
- внесение лигногумата или органических веществ по необходимости,
- вывоз обезвреженного отхода V класса опасности для применения в качестве изолирующего материала на санкционированных свалках ТКО,
- экологический мониторинг.

В результате обезвреживания НСГ биологическим методом достигается снижение уровня токсичности до V класса опасности.

Таким образом можно выделить ряд преимуществ данной технологии:

1. Гуминовые вещества проявляют свойства мелиорантов и благотворно влияют на физические и химические свойства НСГ, а также сорбентов и антидотов.
2. Грунты и почвы, обогащенные гуминовыми веществами, могут выдерживать гораздо более высокие техногенные нагрузки. Это значит, что НСГ можно будет использовать для рекультивации.
3. Загрязняющие вещества (нефтепродукты) деградируют до безвредных для окружающей среды промежуточных продуктов. Например: Гуминовые кислоты образуют с ионами металлов гуминовые соли, которые являются стимуляторами роста растений, однако если речь идет об ионах тяжелых металлов, данные соли не поглощаются живыми организмами, оставаясь водонерастворимыми [3].
4. Выделение вредных веществ в атмосферу сведено к минимуму, так как все процедуры могут проводиться в закрытых емкостях.

Недостатками данного метода обезвреживания в свою очередь будут являться:

1. При содержании углеводов в шламах более 15% метод становится неэффективен, так как приходится вносить дополнительное количество биопрепаратов [1].
2. Метод возможно использовать только в теплое время года, так как вся процедура проводится на открытом полигоне, и для обезвреживания часто необходимы большие площади, а также из-за невозможности биодеструкции при температуре ниже +10 °С.
3. Сложность устройства водоотводящей и дренажной системы на полигоне. В случае большого количества нефтепродуктов в шламе также невозможен отвод сточных вод и «ливневки» в канализацию, из-за несоответствия вод промышленной площадки санитарным нормам.
4. Необходимость четко соблюдать параметры влажности исходных отходов (должна быть не менее 75%), что создает дополнительные трудности с хранением НСГ и шламов.
5. Необходимость перекрытия площади полигона герметичными материалами для предотвращения загрязнения почв и подземных вод.
6. Активный процесс биодеструкции углеводов наблюдается только в поверхностном слое грунта на глубине до 20 см, поэтому необходимо постоянно перемешивать грунт (что влечет за собой дополнительные затраты на оборудование) или распределять его по площадке полигона достаточно тонким слоем (занимает большие площади) [2].
7. Зачастую в буровых шламах и НСГ могут содержаться инертные к биологическому разложению компоненты.
8. Покупка биопрепаратов достаточно сложный и капиталозатратный процесс, особенно когда их производство расположено далеко от полигона обезвреживания.
9. Образуется большое количество отходов после биологического обезвреживания, которые хоть и являются отходами V класса опасности, все равно нуждаются в особых условиях размещения.

Необходимо отметить, что обезвреживание нефтешламов и НСГ с использованием биопрепаратов – нефтедеструкторов представляет собой сложный и не всегда в достаточной мере результативный процесс. Несмотря на ряд преимуществ и относительную безопасность данного метода для окружающей среды, нельзя сказать, что биологический способ обезвреживания универсален. Поэтому при выборе подходящей технологии обезвреживания необходимо учитывать все аспекты и особенности методов.

Литература

1. Бахонина Е.И. *Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов* // Башкирский химический журнал. Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2015. Т. 22. №2. С. 41-47.
2. Ширеторова Н.А. *Обзор основных методов обезвреживания нефтесодержащих отходов, применяемых в России и их применение в республике Бурятия* // Международный научно-исследовательский журнал, 2016. №3. С. 125-127.
3. Шрам В.Г., Петров О.Н., Сокольников А.Н., Иванов П.Э., Агровиченко Д.В. *Технология переработки нефтешлама* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа, 2018. Т. 8. №3. С. 121–125.

УДК 550.8.072

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАКАЧКИ ИЗБЫТОЧНЫХ РАССОЛОВ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКАХ ЮГА СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Порфирьева Анна Николаевна

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», молодой ученый,
Пермь
e-mail: A.N.Kyznetsova@yandex.ru*

*Научный руководитель: главный специалист филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»
«ПермНИПИнефть» в г. Перми, Шатов Владимир Анатольевич*

Аннотация: Применение метода вероятностного моделирования для определения потенциальной возможности захоронения избыточных рассолов в поглощающие горизонты перспективных участков юга Соликамской депрессии.

Ключевые слова: вероятностное моделирование, метод Монте-Карло, закачка избыточных рассолов, приращение пластового давления.

PROBABILISTIC MODELING OF DEEP WELL UNGECTION OF BRINE WASTE IN THE SOUTH OF THE SOLIKAMSK DEPRESSION

Anna Porfirieva

*«LUKOIL-Engineering» LLC «PermNIPIneft» Branch Office in Perm,
Young Researcher, Perm,
e-mail: A.N.Kyznetsova@yandex.ru*

*Research Supervisor: Chief Specialist «LUKOIL-Engineering» LLC «PermNIPIneft»
Branch Office in Perm, Vladimir Shatov*

Abstract: Application of the probabilistic modeling method to determine the potential possibility of deep well injection of brine waste in absorbing stratum in the south of the Solikamsk depression.

Keywords: probabilistic modeling, Monte-Carlo method, excess brine injection, reservoir pressure increment.

В связи с возрастающими темпами добычи калийно-магниевых солей компанией «ЕвроХим» возникает одна из главных задач современного недропользователя – утилизация больших объемов промышленных стоков. Учитывая эти обстоятельства, сохраняет актуальность тема ликвидации сточных вод путем подземного захоронения в глубокие поглощающие горизонты.

Изучение гидродинамических процессов наилучшим образом реализуется путем проведения математического моделирования. Применение методики вероятностного математического моделирования позволило определить потенциальную возможность закачки избыточных рассолов Усольского комбината в глубокие поглощающие горизонты юга Соликамской депрессии с учетом определенных ограничений.

На основании проведенных исследований [1] было выявлено, что наиболее перспективным объектом для закачки избыточных рассолов с гидрогеологических, экологических и технологических позиций являются *горизонты нижнепермского-верхнекаменноугольного водоносного комплекса*.

Для выполнения прогнозных расчетов методом вероятностного моделирования была проведена схематизация геолого-гидрогеологического разреза исследуемых Палашерского (вблизи щламохранилища Усольского калийного комбината), Шершневого и Белопашнинского участков (в зоне максимального распространения рифовых органогенных построек в артинских отложениях).

В связи с неоднородностью строения нижнепермско-среднекаменноугольных отложений участков недр для прогнозных расчетов были использованы две геофильтрационные схемы:

- схема 1 – неограниченная трехпластовая изолированная толща с депрессионным типом разреза карбонатных отложений для Палашерского участка;
- схема 2 – неограниченная изолированная трехпластовая толща, где в центре эксплуатационного объекта «пласт-круг» (изолированный риф относительно изометрической формы) в окружении депрессионного типа разреза – для Шершнёвского и Белопащинского участков.

Основой вероятностного моделирования процесса является математическая модель, в которой объективные соотношения выражены в терминах теории вероятностей. Описываются неопределенности, которые необходимо учитывать при принятии решений (имеются в виду как нежелательные возможности-риски, так и привлекательные – «счастливый случай»).

Расчеты проводились с использованием программы *Oracle Crystal Ball* [2] с оценкой приращения напора уровня (ΔS , м) на основе метода Монте-Карло по критериям P_{10} , P_{50} , P_{90} и P_{mean} . Оценка вероятности по каждому критерию принималась исходя из принципа «менее или равно».

В рамках метода Монте-Карло при создании моделей любой фактор, которому свойственна неопределенность, заменяется диапазоном значений – распределением вероятностей. Затем выполняются многократные расчеты результатов, причем каждый раз используется другой набор случайных значений функций вероятности.

В качестве вероятностных параметров модели использовались: мощность водоносного горизонта, коэффициент фильтрации, упругоёмкость пород водоносного горизонта. Целевой функцией являлось изменение напоров. Изменение напоров рассчитывалось по формуле Тейса (для пластов без перетекания).

При моделировании вероятностные параметры описаны с помощью нормального распределения (или «гауссовой кривой»), которое используется для описания параметра – мощность водоносного горизонта; логнормального (описываемый параметр-коэффициент фильтрации); и треугольного, которым описана упругоёмкость пород водоносного горизонта.

Оценка значений фильтрационных и емкостных параметров геофильтрационных элементов основана на интерпретации материалов ГИС Сибирского и Шершнёвского месторождений нефти. Кроме того, в качестве базовых параметров для расчётов принимаются прогнозные объёмы закачки избыточных рассолов, предоставленные недропользователем. Прогнозный накопленный объем с начала закачки, рассчитанный на 25 лет, равен 31429650 м³, среднесуточная закачка изменяется от 386 м³/сут в первые годы закачки до 6931 м³/сут в 2042-2043 годы [1].

Результаты расчетов на период закачки рассолов с 2020 по 2044 гг. на *Палашерском участке* по программе *Oracle Crystal Ball* показали следующее.

В 2020 году, при длительности закачки 366 дней и среднесуточном дебите - 1863 м³, средние значения приращения пластовых давлений в эксплуатационном горизонте на Палашерском участке может составить вблизи скважины - 1250 м (рис. 1); на расстоянии 1000м - 248 м; на расстоянии 3000м - 133 м.

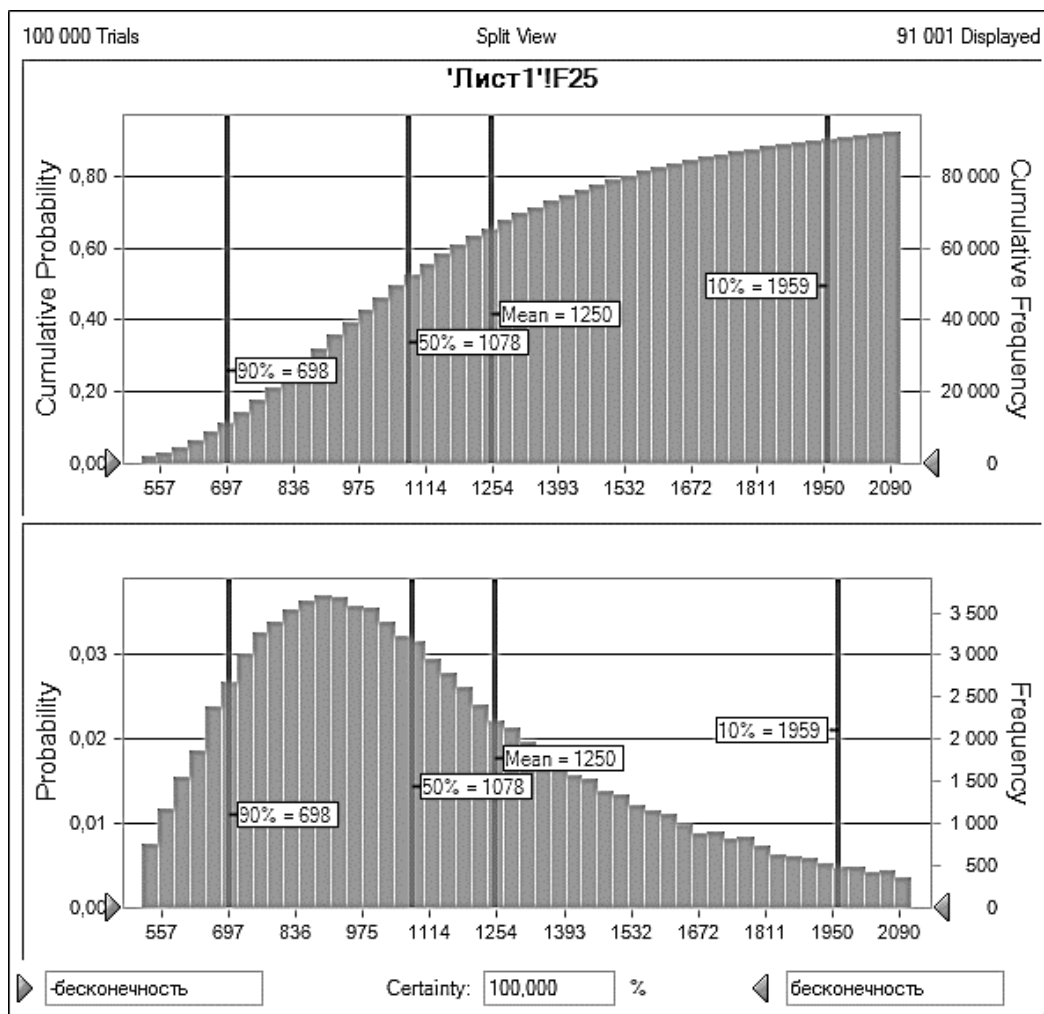


Рис. 1. Приращение напора в проектной скважине на Палашерском участке в 2020 году

При закачке рассолов с 2021 по 2032 год (продолжительность закачки 4017 дней, при среднесуточном дебите от 386 до 4843 м³/сут) средние приращения пластовых напоров в эксплуатационном горизонте на участке может изменяться следующим образом: вблизи скважины от 712 м до 1239 м; на расстоянии 1000 м от 166 м до 343 м; на расстоянии 3000 м – от 100 м до 253 м.

При значительном увеличении среднесуточной закачки с 2033 по 2044 год (с 2782 м³/сут до 4843 м³/сут и более) средние значения приращения пластовых напоров в эксплуатационном горизонте на участке будут изменяться следующим образом: вблизи скважины - от 1393 м до 2808 м; на расстоянии 1000 м от 406 м до 763 м; на расстоянии 3000 м – от 276 м до 566 м.

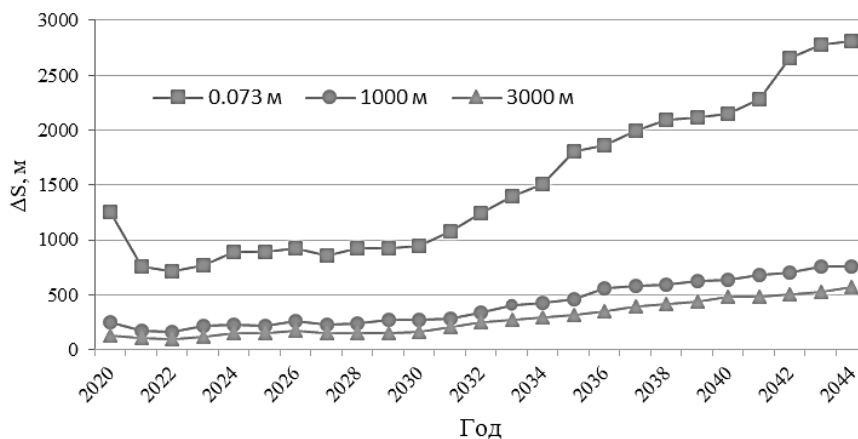


Рис. 2. Изменение средних значений приращений давлений в эксплуатационном горизонте на Палашерском участке в период 2020-2044 гг.

Анализ изменения среднего приращения напоров показал, что оптимальный средний суточный объем для закачки рассолов на Палашерском участке составляет 756-1204 м³ (на рис. 2 – это участок 2022-2030 гг). Увеличение среднесуточного объема закачки в 2031 году до 2782 м³ приведёт к резкому повышению приращения напоров (давлений) и, как следствие, к перегрузке прискважинной зоны эксплуатационного горизонта (рис. 2).

Результаты расчетов на период закачки рассолов 2020-2044 гг. на **Шершнёвском участке** по программе Oracle Crystal Ball показали следующее.

В 2020 году приращения средних пластовых напоров (давлений) в эксплуатационном горизонте на Шершнёвском участке может составить: вблизи скважины – 179 м; на расстоянии 1000 м – 120 м; на расстоянии 3000 м – 89 м.

При закачке рассолов с 2021 по 2032 год (t – 4017 дней, при среднесуточном дебите в соответствии с прогнозными объемами) средние значения приращений пластовых напоров в эксплуатационном горизонте на участке может изменяться: вблизи скважины от 107 м до 210 м; на расстоянии 1000 м от 77 м до 172 м; на расстоянии 3000 м – от 41 м до 138 м.

При значительном увеличении среднесуточной закачки с 2033 по 2044 год средние приращения пластовых напоров в эксплуатационном горизонте на участке будут изменяться следующим образом: вблизи скважины – от 240 м до 497 м; на расстоянии 1000 м – от 177 м до 464 м; на расстоянии 3000 м – от 161 м до 381 м.

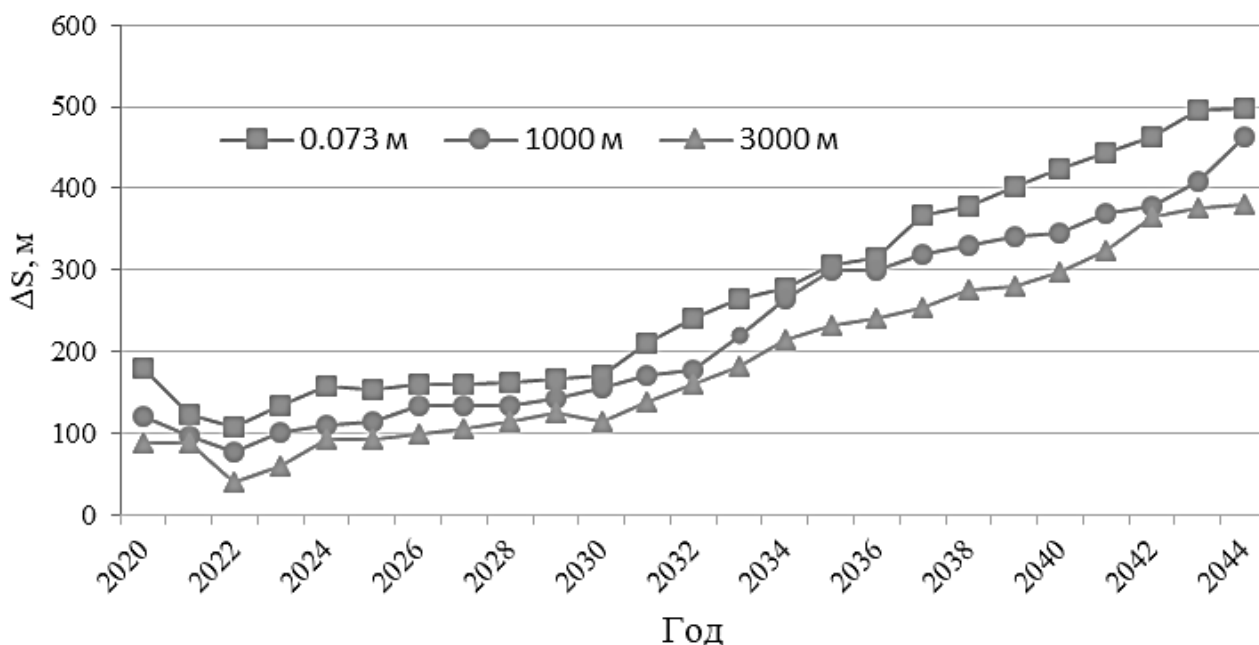


Рис. 3. Изменение средних значений приращений давлений в эксплуатационном горизонте на Шершнёвском участке 2020-2044 гг.

Анализ изменения среднего приращения напоров показал, что оптимальный среднесуточный объем для закачки рассолов на Шершнёвском участке составляет 1419-1875 м³ (на рис. 3 это участок 2024-2030 гг). Увеличение среднесуточного объема закачки в 2031 году до 2782 м³ приведёт к резкому повышению приращения напоров (давлений) как в прискважинной зоне, так и на расстоянии 1 км и 3 км от неё.

На **Белопашинском участке** в 2020 году средние значения приращений пластовых давлений в эксплуатационном горизонте могут составить: вблизи скважины – 176 м; на расстоянии 1000 м – 150 м; на расстоянии 3000 м – 98 м.

При закачке рассолов с 2021 по 2032 год средние значения приращения пластовых давлений в эксплуатационном горизонте на участке могут изменяться следующим образом: вблизи скважины – от 133 м до 198 м; на расстоянии 1000 м – от 89 м до 194 м; на расстоянии 3000 м – от 56 м до 151 м.

При значительном увеличении среднесуточной закачки с 2033 по 2044 год (с 2782 м³/сут до 4843 м³/сут и более) средние приращения пластовых напоров (давлений) в эксплуатационном горизонте на участке будут изменяться следующим образом: вблизи скважины – от 231 м до 574 м; на расстоянии 1000 м – от 202 м до 420 м; на расстоянии 3000 м – от 154 м до 399 м.

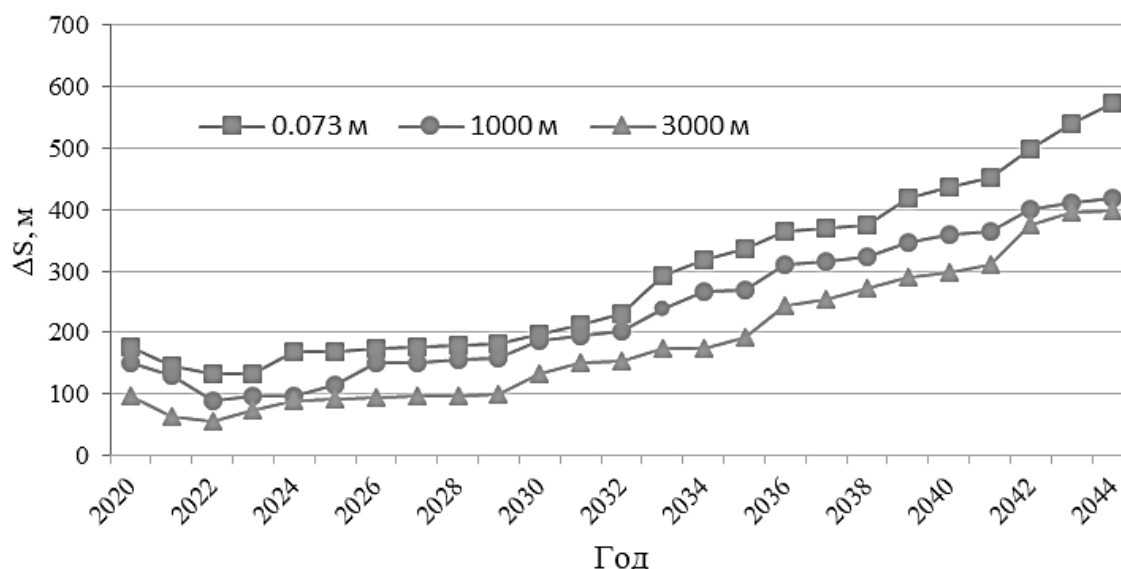


Рис. 4. Изменение средних значений приращений давлений в эксплуатационном горизонте на Белопашнинском участке в период 2020-2044 гг.

Анализ изменения среднего приращения напоров показал, что оптимальный среднесуточный объем закачки рассолов на Белопашнинском участке составляет 1419-1875 м³ (на рис. 4 это участок 2024-2030 гг). Увеличение среднесуточного объема закачки в 2032 году до 4843 м³ приведёт к резкому повышению приращения давлений.

Таким образом, в результате использования вероятностного моделирования получаем широкий диапазон вариаций приращений напоров в эксплуатационной толще от самых «мягких» до «жестких» в системе прямолинейного вида на любой временной срез.

Вероятностное моделирование процесса закачки рассолов показало, что у схемы 2 (изолированный риф в депрессионном типе разреза) наименее жесткие гидродинамические условия нагнетания. Результаты расчетов, выполненные для срока закачки на 25 лет (9132 суток) для Шершнёвского и Белопашнинского участков, выявили отчетливую тенденцию квазистационарной «накачки» рифогенной структуры (см. рис. 3 и 4).

Литература

1. Костарев С.М., Шатов В.А., Яковлев М.Ю. Геолого-гидрогеологическое обоснование возможности закачки избыточных рассолов ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» в поглощающие горизонты палеозойских отложений Уньвинского, Сибирского, Шершневского и им. Архангельского нефтяных месторождений // Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми, отчет по дог. №15П0027/5689, 2015. – 203с.
2. Crystal Ball. Описание базовых функциональных возможностей приложения. Authors: EPM Information Development Team, 2009

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

РАЗДЕЛ 6:

***ПРОБЛЕМЫ РЕСУРСОВ, ДИНАМИКИ
И ОХРАНЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД***

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

Section 6:

ТИПЫ ТЕХНОГЕННЫХ РАССОЛОВ СОЛИКАМСКОГО УЧАСТКА ВКМС

Жуланов Глеб Станиславович

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

e-mail: Zhulanov.gleb@mail.ru

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Минькевич Ирина Игоревна

Аннотация: рассмотрены типы техногенных рассолов Соликамского участка ВКМС: постседиментационные, конденсационные и закладочные.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение солей, техногенные рассолы, химический состав рассолов.

TYPES OF TECHNOGENIC BRINES OF THE SOLIKAMSK SECTION VKMS

Gleb Zhulanov

*Perm State National Research University, 4th year student,
Perm*

e-mail: Zhulanov.gleb@mail.ru

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Irina Minkevich

Abstract: types of technogenic brines (post-sedimentation, condensing and filling) of the Solikamsk section are considered.

Keywords: Verkhnekamskoe Salt Deposit, technogenic brines, chemical composition of the brines.

На Соликамском участке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей выделяется два типа рудничных рассолов, к которым относятся рассолы техногенного происхождения – закладочные и конденсационные.

Конденсационные или вентиляционные рассолы образуются в результате взаимодействия влаги, выделяющейся из воздуха и соляных пород.

Количество конденсационной влаги и темпы её выноса из рудника определяются количеством нагнетаемого для проветривания выработок воздуха и его метеорологическими характеристиками. Особенно заметна конденсация влаги в неглубоких до 400 м шахтах. Состав рассолов конденсационного происхождения находится в прямой зависимости от состава солей, вскрытых горными выработками, и временем существования рассолов [1].

В результате выщелачивания соляных пород конденсационная влага обогащается хлоридами Na, K, Mg и Ca. Минерализация конденсационных рассолов по всем вскрытым пластам изменяется от 340 до 410 г/дм³.

В течение года, в зависимости от сезона и интенсивности воздухообмена, происходит постоянная миграция конденсационных рассолов в выработках. Наибольшее их скопление и постоянное наращивание объёма наблюдается в выработках весьма затруднённого воздухообмена, которые изолированы от вентиляционного потока. Значительные объёмы рассолов нарушают нормальный режим работ, снижают устойчивость горных выработок, растворяют соляные породы, агрессивно воздействуют на шахтное поле.

Закладочные рассолы – это жидкая фаза, поступающая в рудник вместе с отходами переработки солей. Она отжимается в процессе уплотнения закладочного материала в горные выработки, образуя закладочные рассолы.

Закладочные работы проводятся для обеспечения ненарушенности водозащитной толщи, уменьшая оседания земной поверхности под городской застройкой и промплощадками, а также уменьшения негативного влияния отходов на экологическую обстановку в районе. Закладку ведут механическим и гидравлическим способами. Отжимаемые рассолы агрессивно действуют на карналлитовую породу.

На БКРУ-1 известны случаи фильтрации закладочных рассолов через целики в соседние и пройденные ниже выработки [2].

Рассмотрим химический состав рудничных рассолов на примере СКРУ-3 Соликамского участка ВКМС. Данные из производственных отчетов ПАО «Уралкалий» приведены в таблицах 1 и 2 за 2016 г. и 2020 г. соответственно.

Таблица 1

Химический состав рудничных рассолов СКРУ-3 ВКМС различного генезиса за 2016 год

№ пробы	Плотность ρ , г/см ³	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Br ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма солей	Хим. Тип (>20% экв)
			г/л									
Постседиментационные рассолы												
180	1,251	5,00	0,09	0,26	234,00	8,14	16,87	47,90	27,50	26,20	360,96	Cl-Mg
214	1,273	5,20	0,28	0,13	249,00	11,32	32,51	47,10	18,80	27,40	386,54	Cl-Mg-Ca
Конденсационные рассолы												
1121	1,264	5,0	0,00	1,32	252,00	1,16	1,21	74,30	12,0	18,1	360,2	Cl-Mg
1127	1,255	5,0	0,00	1,30	247,00	1,77	1,30	71,00	14,0	20,4	356,2	Cl-Mg
Закладочные рассолы												
1102	1,228	6,3	0,02	3,12	208	1,19	1,90	2,92	99,0	51,0	366,5	Cl-Na-K
1126	1,230	5,5	0,00	3,04	210	1,83	1,83	9,19	91,0	46,7	362,3	Cl-Na-K

Таблица 2

Химический состав рудничных рассолов СКРУ-3 ВКМС различного генезиса за 2020 год

№ пробы	Плотность ρ , г/см ³	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Br ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма солей	Хим. Тип (>20% экв)
			г/л									
Постседиментационные рассолы												
2416	1,206	8,3	0,07	4,57	193,0	0,22	1,40	0,36	117,7	3,8	321,1	Cl-Na
2414	1,233	6,5	0,03	3,03	212,0	1,18	1,90	3,04	98,6	55,6	375,4	Cl-Na-K
Конденсационные рассолы												
1471	1,267	5,2	0,05	1,43	256,83	1,99	1,15	75,53	12,86	19,29	369,13	Cl-Mg
1495	1,262	5,2	0,05	1,37	258,35	2,07	1,26	76,13	12,48	19,42	371,13	Cl-Mg
Закладочные рассолы												
1490	1,232	6,3	0,03	3,04	207,0	1,20	1,80	3,19	97,7	50,2	364,0	Cl-Na-K
1493	1,233	5,1	0,02	2,98	209,0	1,19	2,03	3,28	96,7	57,7	373,0	Cl-Na-K

Проведём сравнительную характеристику компонентов химического состава рудничных рассолов 2016 и 2020 гг. В результате чего были выявлены следующие особенности изменения параметров рудничных рассолов.

В постседиментационных рассолах содержание калия резко уменьшилось почти в 7 раз в 2020 г. (3,8 г/л) по сравнению с 2016 г. (26,2 г/л), значение магния опустилось с 47,9 г/л (2016 г.) до 0,36 г/л (2020 г.), количество брома сократилось с 8,14 г/л (2016 г.) до 0,22 г/л (2020 г.), содержание натрия в 2020 г. (117,7 г/л) по сравнению с 2016 г. (27,5 г/л) выросло в 4 раза. Гидрохимическая фация была хлоридно-магниевой (Cl-Mg), стала хлоридно-натриевой (Cl-Na).

В конденсационных рассолах отсутствуют какие-либо существенные изменения элементов химического состава.

В закладочных рассолах количество магния в 2020 г. (3,28 г/л) стремительно падает почти в 3 раза по сравнению с 2016 г. (9,19 г/л).

Сводные схемы диаграммы химического состава рудничных рассолов за 2016 год

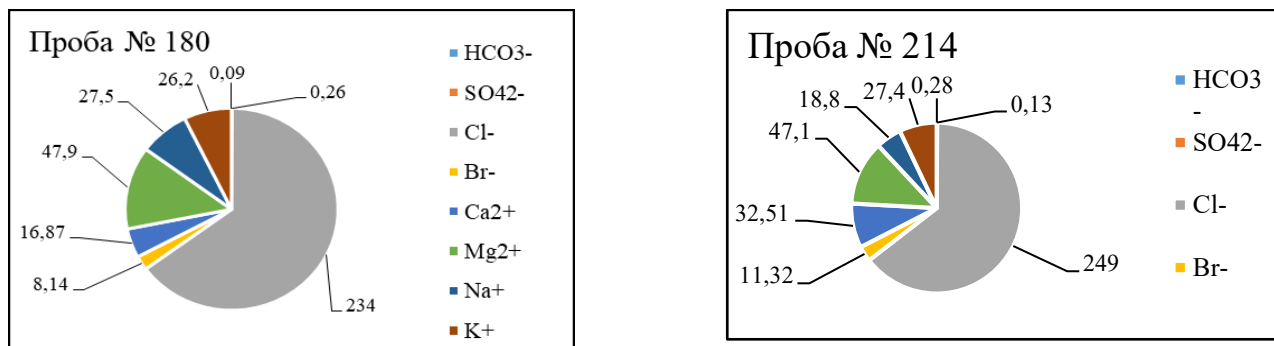


Рис. 1 Постседиментационные рассолы

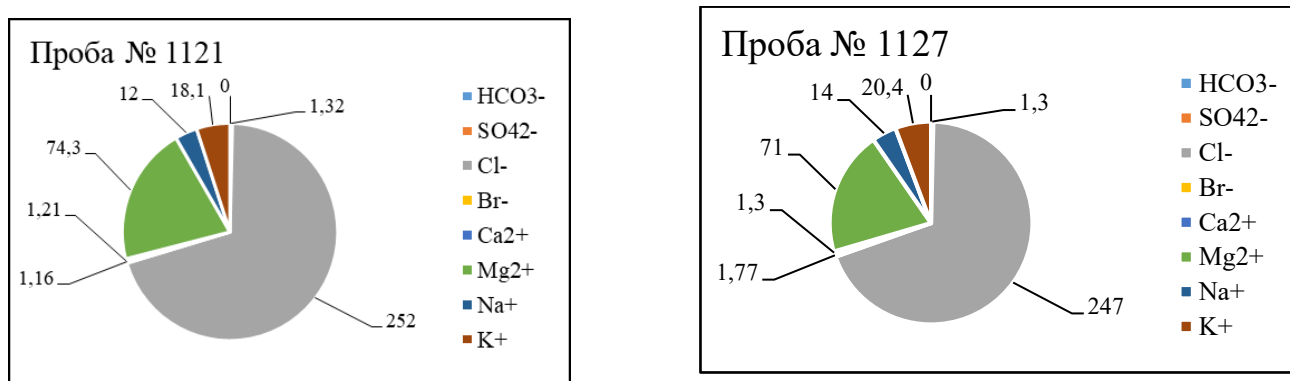


Рис. 2 Конденсационные рассолы

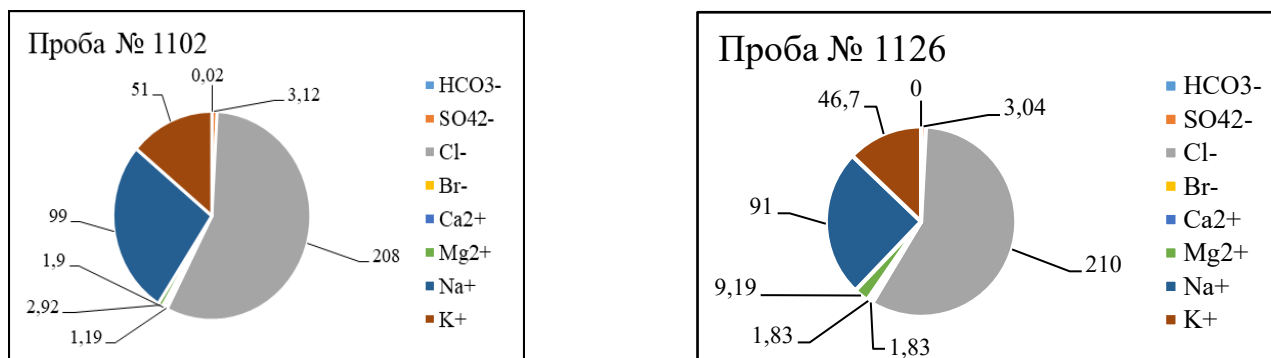


Рис. 3 Закладочные рассолы

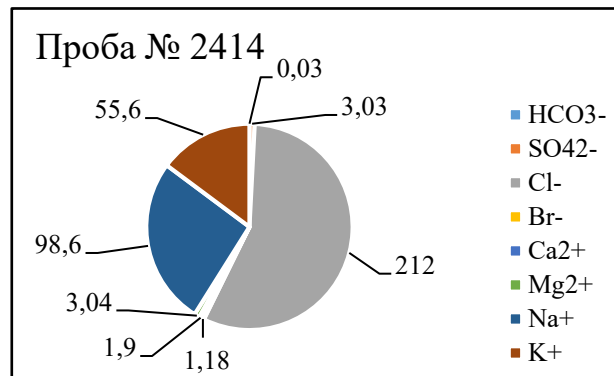
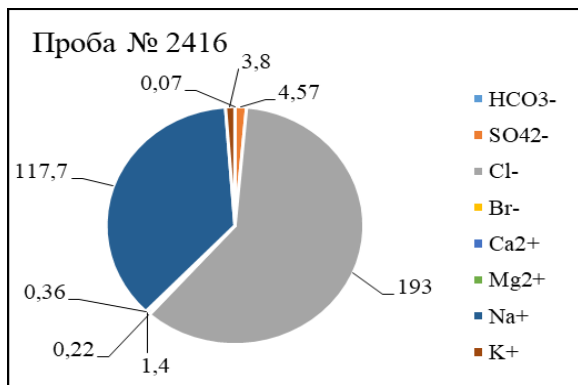


Рис. 1 Постседиментационные рассолы

Сводные схемы диаграммы химического состава рудничных рассолов за 2020 год

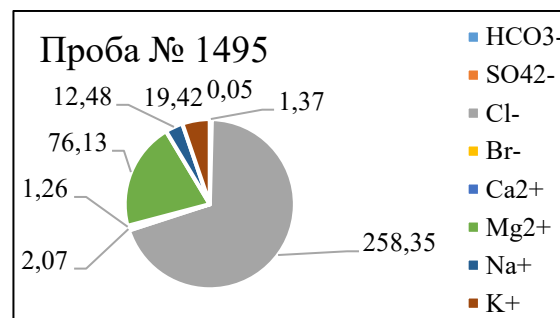
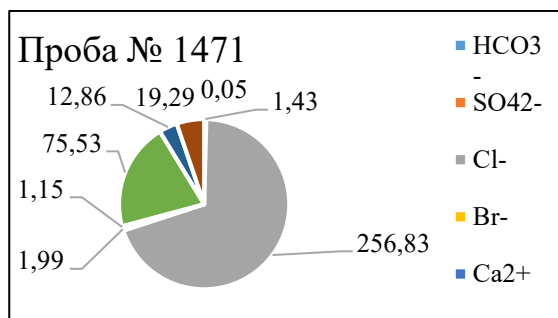


Рис. 2 Конденсационные рассолы

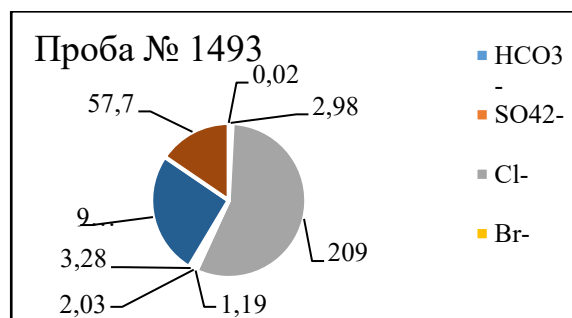
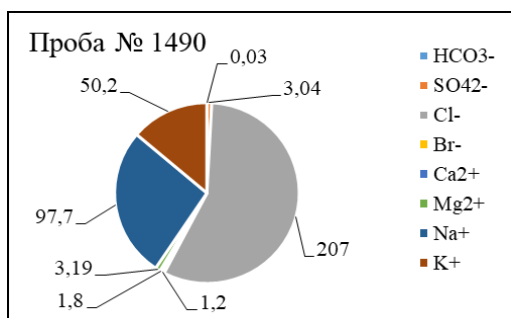


Рис. 3 Закладочные рассолы

В заключении следует отметить, что рудничные рассолы оказывают существенное влияние на состояние горных выработок при добыче каменной и калийной солей. Химический состав рассолов во многом зависит от их происхождения и условий формирования. Также его изучение является важным и основополагающим для предохранения от растворения и разрушения (деформации) соляных пород калийной залежи. Техногенные внутрисолевые рассолы (конденсационные и закладочные) агрессивно воздействуют на соляную залежь, понижая несущую способность целиков.

Литература

1. Бельтюков Г. В. *Инженерно-геологические процессы, возникающие при разработке соляных залежей // Вестник Перм. ун-та. 1999. Геология. Вып. 5 С. 217-222.*
2. И. Минькевич, Ю. Килин *Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия // уч. пособие. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2017. – 232 с.:*
3. Фетисов В. В., Катаева Е. П., Фетисова Н. Ф. *Взаимодействие природных и техногенных рассолов Верхнекамского месторождения солей с основными минералами соляной толщи. // Изв. Томского политехнического ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. №9. С. 87-92.*

ПРОГНОЗ ХЛОРИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРЕНЬ

Репин Иван Сергеевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
аспирант 2 года обучения, г. Пермь,
e-mail: ivan.repin.2012@mail.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Килин Юрий Афонасьевич

Аннотация: Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений – один из ведущих факторов трансформации природной среды Пермского края. Поступающие с глубины попутно с нефтепродуктами высокоминерализованные воды оказывают существенное влияние на химический состав подземных и поверхностных вод. На хлоридное загрязнение влияет как природный, так и техногенный факторы. Оценка и прогнозирование трансформации природной среды является актуальной задачей для обеспечения экологической безопасности региона. В статье приведены результаты многолетних исследований по содержанию хлорид-иона в подземных и поверхностных водах бассейна реки Ирень и 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, хлориды, лениаменты, карта загрязнения, прогнозирование, прогнозная карта, Ясыл, Тураевка, Каменка.

FORECAST OF CHLORIDE POLLUTION IN THE IRENE RIVER BASIN

Ivan Repin

*Perm State National Research University, 2nd year Post-graduate Student, Perm,
e-mail: ivan.repin.2012@mail.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Yuri Kilin

Abstract: The development and operation of oil fields is one of the leading factors in the transformation of the natural environment of the Perm Region. Highly mineralized water coming from the depth along with petroleum products has a significant effect on the chemical composition of underground and surface waters. Chloride pollution is affected by both natural and man-made factors. Assessment and forecasting of the transformation of the natural environment is an urgent task to ensure the environmental safety of the region. The article presents the results of long-term studies on the content of chloride ion in the underground and surface waters of the Iren River basin and builds a map of the spread of pollution over a long-term period (1972-2018) and a forecast map of the spread of pollution for 2020.

Keywords: Kokuiskoye gas and oil field, transformation of the natural environment, chlorides, plumes, pollution map, forecasting, forecast map, Yasyl, Turayevka, 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 [1,2].

На территории Кокуйского месторождения значения концентраций загрязняющих веществ существенно различаются по водотокам, наблюдаются превышения ПДК как по хлоридам, так и по нефтепродуктам. Наиболее чистой является самая большая река месторождения – Ирень, здесь концентрации находятся практически на уровне фоновых. Наиболее загрязнены реки Тураевка и Каменка, где наблюдаются превышения ПДК, что связано с наличием нефтепромысловых объектов и подземных источников загрязнения. В больших реках, имеющих большие расходы воды и соответственно большее разбавление, содержание хлоридов ниже, чем в малых реках.

На территории Кокуйского месторождения выделено три характерных опорных участка загрязнения нефтепродуктами и солёными водами, 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).

Карта распространения содержания иона хлора в подземных и поверхностных водах Кокуйского месторождения за многолетний период

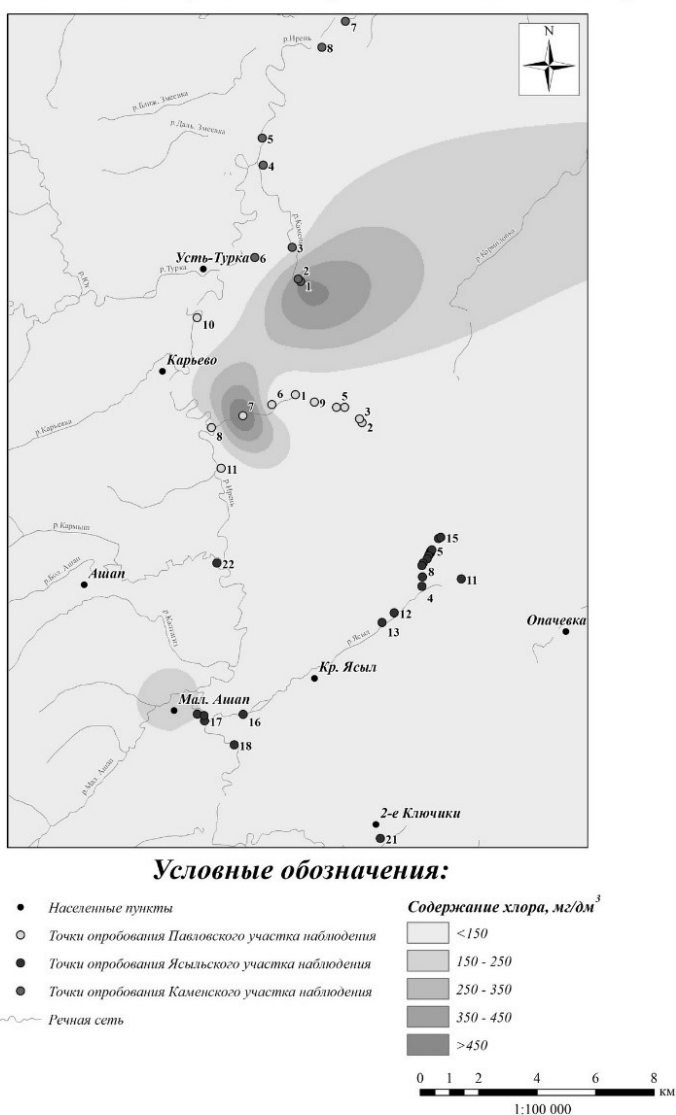


Рис. 1. Карта распространения содержания хлорид-иона в подземных и поверхностных водах территории Кокуйского месторождения за многолетний период (1972-2018 гг.).

Превышение ПДК [7] по хлорид-иону установлено в 3 точках наблюдения. В 1 и 2 точках Каменского участка (486,28 и 350,83 мг/дм³ соответственно) и в точке наблюдения 7 Павловского участка (571,48 мг/дм³).

Минимальные же значения содержания хлоридов характерны для р. Турки – левого притока р.

Ирени и наиболее крупной реки месторождения – Ирени. Содержание хлоридов в этих реках находится в пределах фоновых значений и значительно ниже нормативов качества.

По данным С.М. Костарева [2], фоновые значения концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах на территории Кокуйского месторождения (1976 г.) – р. Ирень, из поверхностного водозабора – 9,63 мг/дм³; правый берег р. Турка, водозабор – 4,33 мг/дм³, что свидетельствует о небольшом повышении средних концентраций за период эксплуатации относительно фоновых значений.

Хлоридное загрязнение имеет очаговое распространение. На представленной выше карте (рис. 1.) отчётливо различимы зоны с повышенным содержанием хлорид-иона. На территории месторождения точечные выходы минерализованных вод приурочены к узлам пересечения линеаментов в виде восходящих родников в полосе выхода на земную поверхность сульфатных пород верхнепермского флюидоупора.

Содержание хлоридов и сульфатов в водах данных объектов в конце 20 столетия значительно превышает не только естественные фоновые концентрации, но и ПДК. Если высокое содержание сульфатов обусловлено литологией водовмещающих пород, то повышенные концентрации хлоридов, формируются в результате вертикальной восходящей миграции компонентов и концентрации подземного стока в узлах пересечения линеаментов (зонах максимальной трещиноватости пород). [3]

Основной особенностью территории является повсеместное развитие сульфатно-карбонатного карста. Закарстованные отложения нижней перми являются интервалом низких гидростатических давлений. А, следовательно, тем интервалом, где могут накапливаться углеводороды и солёные воды, мигрирующие с более глубоких горизонтов по ослабленным субвертикальным трещинным зонам. В пределах Кокуйского месторождения выявлена неравномерно плотная сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отображающих эти субвертикальные трещинно-разрывные структуры осадочного комплекса. [4]

Подземный сток в границах водосборного бассейна сосредоточивается под логами-суходолами, которые сформировались по трещинам господствующих направлений. Здесь, в зоне активного водообмена, по разуплотненным водоносным пластам, происходит горизонтальная миграция загрязнителей. Выходы родников приурочены к пересечению линеаментов.

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 σ представляет собой корень квадратный из дисперсии [6].

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 3σ . Для дальнейших расчётов будут использоваться те значения, которые удовлетворяют условию $X_{\text{ср}} + 3\sigma$. 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 хлорид-ионом (рис. 2), было использовано 14 точек наблюдения по хлорид-иону.

Количество полученных расчётных точек крайне мало для целостного анализа, но достаточно для оценки общих закономерностей. В целом построенная прогнозная карта (рис. 2) повторяет контуры распространения загрязнения по результатам многолетних наблюдений.

Что касается временного изменения содержания хлорид-иона, то чётких тенденций не обнаружено. В целом же изменение содержаний исследуемых компонентов по годам носит в большей степени случайный характер.

Подтверждено, что глубинные воды, поступающие на поверхность по ослабленным зонам, оказывают существенное влияние на химический состав приповерхностных и поверхностной гидросферы. Воды жесткие, минерализованные, загрязнённые хлоридами и нефтепродуктами.

Высокое содержание сульфатов и иона кальция говорит о том, что данные воды распространены в карстовом районе. Высокое содержание ионов хлора и магния говорит о наличии перетока глубинных вод с нижних глубоко залегающих водоносных горизонтов в верхний водоносный горизонт. [5].

Хлоридное загрязнение имеет очаговое распространение и приурочено к пересечению линеаментов.

Прогнозная карта распространения содержания иона хлора в подземных и поверхностных водах Кокуйского месторождения на 2020 г.

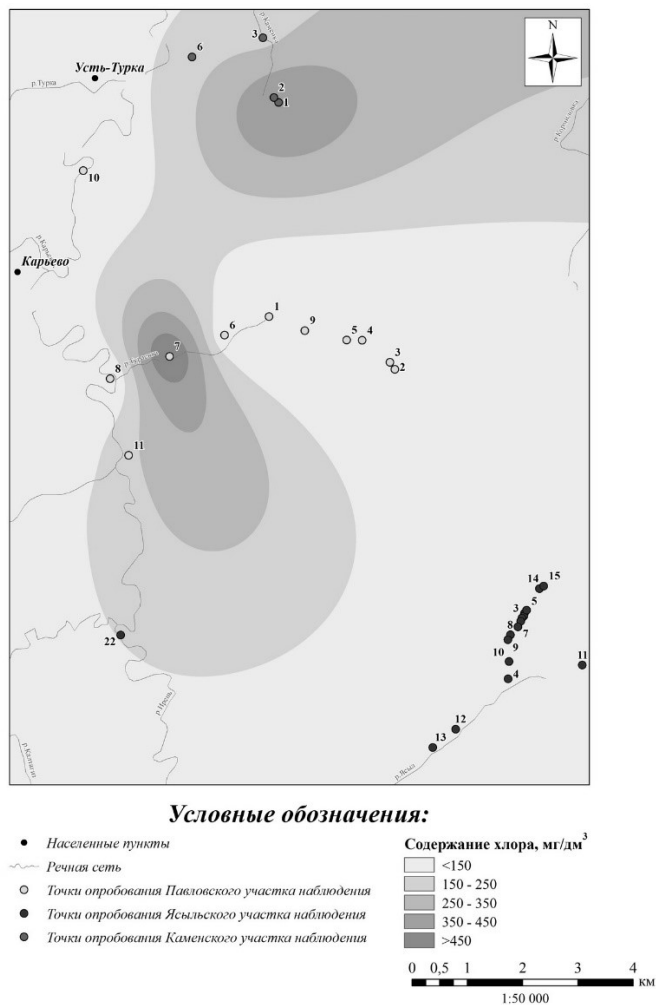


Рис. 2. Прогнозная карта распространения содержания хлорид-иона в подземных и поверхностных водах территории Кокуйского месторождения на 2020 год

Литература

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь, 2003. 171с.
2. 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.
3. Костарев С.М. Формирование техногенных скоплений компонентов глубинных флюидов в приповерхностных массивах горных пород (на примере районов нефтедобычи Пермской области) // Известия ВУЗов. № 5. Нефть и газ. Тюменский индустриальный университет. Тюмень, 2004. С. 132-143.
4. 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.
5. Репин И.С. Гидрогеологические исследования по выявлению причин загрязнения подземных вод на Ясылском участке Кокуйского месторождения нефти // Геология в развивающемся мире: сб. науч. ст. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2019.
6. Середин В.В. Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии: курс лекций / Середин В.В.; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. 120 с.: ил.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

УДК 551.444

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ КАРСТА ФЛИШЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Сомченко Полина Вячеславовна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, магистр 1 курса,
г. Пермь
e-mail: pv_som@mail.ru*

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор, Катаев Валерий Николаевич

Аннотация: На Черноморском побережье Краснодарского края наблюдается нехватка пресной воды для водоснабжения. В работе приведена информация, подводящая к тому, что изучение гидрогеологии карста во флише может быть перспективно для поисков новых источников водоснабжения.

Ключевые слова: гидрогеология, карст, флиш, Западный Кавказ, водоснабжение, Чёрное море, карстовые формы, пещеры.

RELEVANCE OF RESEARCH IN HYDROGEOLOGY OF FLYSCH KARST

Polina Somchenko

*Perm State National Research University, Master's Degree Student,
Perm
e-mail: pv_som@mail.ru*

Research Supervisor: Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Valery Kataev

Abstract: On the Black Sea coast of the Krasnodar Region, there is a shortage of fresh water for water supply. The article provides information concerning the research in the hydrogeology of flysch karst that can be promising in terms of finding new sources of water supply.

Keywords: hydrogeology, karst, flysch, Western Caucasus, Black Sea, caves, water supply, karst forms.

Водоносные горизонты, приуроченные к трещиноватым и закарстованным породам, имеют широкое распространение на территории России. Закарстованные породы часто характеризуются высокой проницаемостью и большими эксплуатационными запасами, что определяет благоприятные условия формирования крупных месторождений подземных вод [1]. На Западном Кавказе, в частности на Черноморском побережье Краснодарского края, наблюдается нехватка пресной воды для питьевого, хозяйственно-бытового и культурно-бытового водоснабжения, особенно в курортные сезоны. Месторождения зон тектонической трещиноватости и закарстованности здесь изучены плохо и как правило не эксплуатируются. Исключением является Пенайское трещинно-карстовое месторождение (г. Новороссийск). По мнению автора, перспективным для поиска альтернативного либо резервного источника водоснабжения на Черноморском побережье Краснодарского края является изучение условий формирования трещинно-карстовых вод в толщах флишевых отложений.

На Западном Кавказе распространён как карбонатный, так и терригенный флиш мелового и палеогенового возраста. С геологической точки зрения, он представлен преимущественно перемежающимися слоями мергелей, известняков, глин, конгломератов и песчаников. Основной литологической разностью являются мергели, дающие разное число вариаций с другими типами пород.

Наибольший интерес для исследований представляют верхнемеловые флишевые отложения. Мощность слоёв колеблется от 10 до 14 см [2], общая мощность на локальных участках достигает 3000 м. Комплекс распространяется вдоль Черноморского побережья от г. Сочи до г. Анапа. Также известны выходы отложений южнее города Горячий Ключ, где он вытянут в юго-восточном направлении до города Хадыженска и его окрестностей. Локальные выходы флиша встречаются и в окрестностях станции Шапсугской (рис.1) [3].

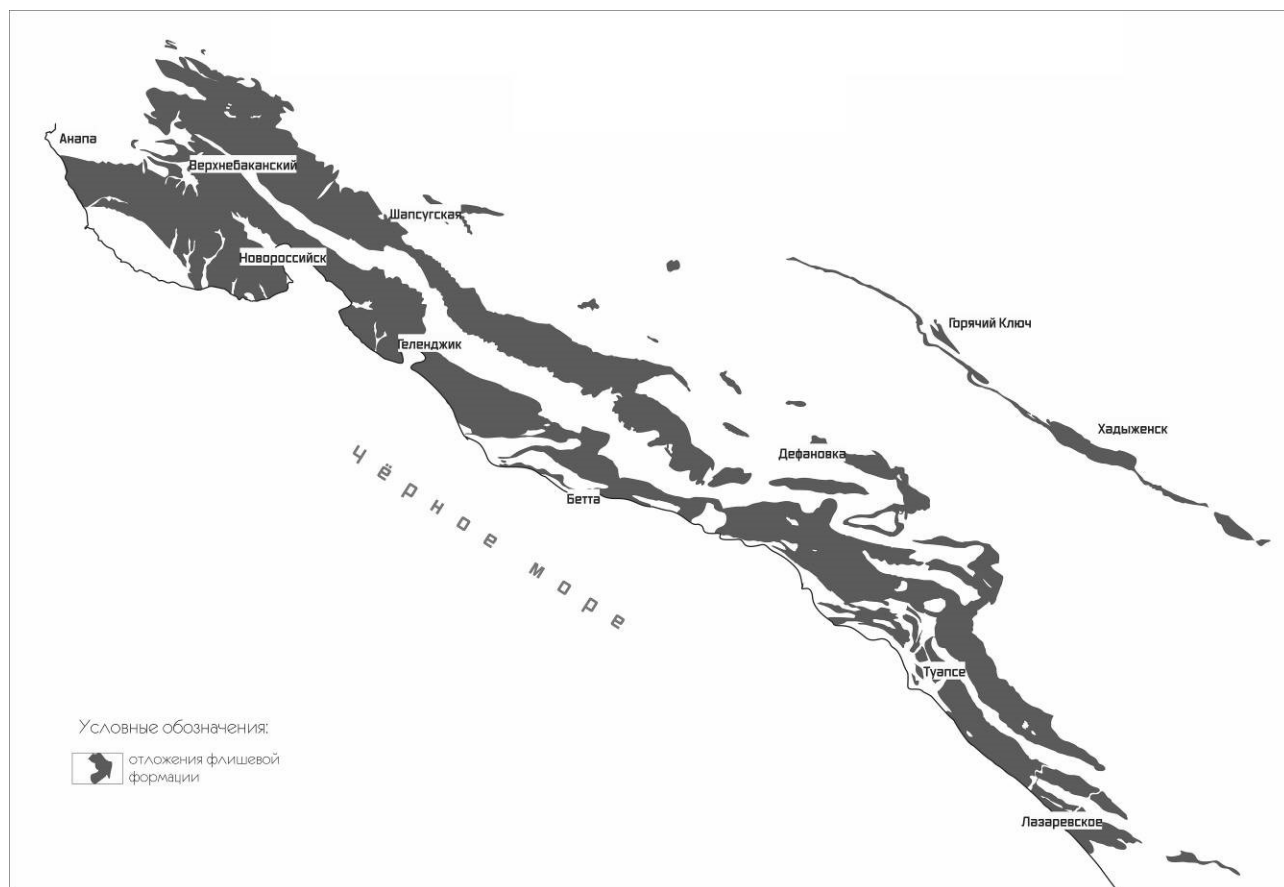


Рис.1. Схема распространения верхнемеловых флишевых отложений на Западном Кавказе

Карстовые процессы в отложениях флишевой формации отличаются весьма малой изученностью, а результаты гидрогеологических исследований практически не упоминаются в доступных источниках. Наиболее полно условия развития карста во флишевых породах региона отражены в работе Колодяжной [2]. Иные исследования проводились рядом спелеологов, но больше были направлены на морфологические и морфометрические аспекты карста. В 2006 году проводилась региональная оценка современного состояния ресурсного потенциала питьевых подземных вод Черноморского побережья России. В ходе чего были составлены гидрогеологические карты побережья и сделан вывод, на основании выполненной оценки современного состояния разведанных месторождений и региональных условий формирования ресурсного потенциала питьевых подземных вод, что основные участки, благоприятные для локализации месторождений питьевых подземных вод, приурочены, в основном и только, к долинам рек (как главных, так и малых) [4].

Зона активного водообмена охватывает приповерхностную часть разреза верхнемелового горизонта. Воды обычно относятся к безнапорным. Глубина залегания не превышает первых десятков метров. Обводнённость карбонатных пород по площади неравномерна. В зонах поперечных нарушений, где локально развиты карстовые полости, породы более водообильны. Несколько повышенная водообильность флиша отмечается в зонах разрывов общекавказского направления, вследствие более интенсивного избирательного выветривания. Мощность обводнённой зоны изменяется от первых десятков до нескольких сотен метров и определяется тектонической раздробленностью верхнемелового горизонта, а также геоморфологическими особенностями территории его развития.

Верхнемеловой водоносный горизонт К₂ широко распространён в Новороссийско-Лазаревском гидрогеологическом подрайоне и представлен сложнодислоцированной толщей. Основными

водоносными структурами подрайона являются зоны повышенной открытой трещиноватости пород, приуроченные главным образом к субмеридиональным («антикавказским») структурам глубокого заложения и в меньшей степени – к неотектонически общекавказским разрывам. Активное проявление процессов карстообразования также связано с субмеридиональными тектоническими зонами, что способствует повышенной их водообильности.

По данным отчёта о региональной оценке современного состояния ресурсного потенциала питьевых подземных вод Черноморского побережья России, дебиты скважин при опробовании встреченных зон повышенной трещиноватости коренных отложений достигают 12-16 л/сек и более [4].

Своеобразие орографической обстановки исследуемой территории существенным образом отражается на условиях формирования, распространения и разгрузки подземных вод. Сильная расчлененность южного склона Западного Кавказа обуславливает быстрый сток дождевых и талых вод в реки, способствует быстрому дренированию реками всех водоносных горизонтов и развитию в зоне активного водообмена только пресных вод. Не исключена разгрузка подземных вод в виде субмаринных источников. Также многие из известных пещер во флишевых отложениях имеют постоянные водотоки и являются местами разгрузки подземных вод.

Современная степень изученности гидрогеологических условий отложений флиша не позволяет отрицать возможности выявления в зонах свободного водообмена новых месторождений пресных подземных вод. Наиболее перспективны: различные неотектонические структуры и зоны разломов антикавказского простирания, сопровождающиеся активной трещиноватостью отложений в долинах рек, что обуславливает их повышенную водообильность и большую глубину развития пресных вод.

Для изучения гидрогеологии карста во флише, а именно исследования особенностей условий формирования трещинно-карстовых подземных вод во флишевых отложениях предполагается:

- работа с фондовыми материалами (тематическими картами и схемами района исследований),
- рекогносцировочные маршруты с выявлением и обследованием гидрогеологических проявлений (источников, родников),
- рекогносцировочные маршруты с выявлением участков поглощения поверхностных вод, предположительных областей питания,
- использование методов трассирования,
- составление карт.

Литература

1. Боровский, Б.В., Хордикайнен, М.А., Язвин, Л.С. Разведка и оценка эксплуатационных запасов месторождений подземных вод в трещинно-карстовых пластах. М: Недра, 1975. с.248
2. Колодяжная А.А. Карст флишевой формации юго-западного склона Кавказа. Москва: Наука, 1965.
3. Сомченко П.В. Перспективы спелеоисследований на северном макросклоне Западного Кавказа // Спелеология и спелестология: материалы X Международной научной конференции. Набережные Челны: НГПУ, 2019. С. 66-70
4. Тимохин В.Г. Отчёт о региональной оценке современного состояния ресурсного потенциала питьевых подземных вод Черноморского побережья России, и обосновании перспектив их использования. Иноземцево, 2006.

ПОИСК И ОЦЕНКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ВОДОЙ ОБЪЕКТОВ АО «ОМЗ» В ОЧЕРСКОМ ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Овсянникова Елизавета Сергеевна

*Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, магистрант,
2 года обучения, г. Пермь
e-mail: elizabethwild_supertramp@mail.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Щукова Ирина Викторовна

Аннотация: Обоснование геологических задач, решаемых в целях поисков, оценки и разведки запасов подземных вод для технического водоснабжения водой объектов АО «ОМЗ» в Очерском городском округе Пермского края в объеме 360 м³/сут с выявлением месторождения технических подземных вод, соответствующего группе разведанных, и оценкой запасов месторождения по категории С₁.

Ключевые слова: поиск, оценка и разведка, техническое водоснабжение, месторождение технических подземных вод, город Очер, белебеевский водоносный комплекс.

SEARCH AND EVALUATION OF UNDERGROUND WATER FOR TECHNICAL WATER SUPPLY OF OBJECTS OF JSC «OMZ» IN THE OCHERSK CITY DISTRICT OF THE PERM REGION

Elizaveta Ovsyannikova

*Perm State National Research University, 2st year Master's Degree Student,
Perm,
e-mail: elizabethwild_supertramp@mail.ru*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Irina Shchukova

Abstract: Justification of geological tasks to be solved for the purpose of prospecting, evaluation and exploration of underground water reserves for technical water supply of JSC «OMZ» facilities in the Ochersk City district of the Perm Territory in the amount of 360 m³/day with the identification of a field of technical underground water corresponding to the group of explored ones and the assessment of the field reserves according to category С₁.

Keywords: search, evaluation and exploration, technical water supply, technical underground water deposit, Ocher city, Belebeyevsky aquifer complex.

Акционерному Обществу «Очерский машиностроительный завод» согласно лицензии ПЕМ 81483 ВР предоставлено право на пользование недрами в целях поисков и оценки, разведки и добычи подземных вод для технического водоснабжения объектов АО «ОМЗ» в г. Очер Пермского края. Обоснованием необходимости проведения работ является организация технического водоснабжения на базе подземных вод для объектов АО «ОМЗ» в г. Очер Пермского края в количестве 360 м³/сут.

Лицензионный участок расположен в г. Очер, ул. Малышева 1. Участку придан статус геологического отвода без ограничения по глубине. Район работ находится в пределах листа О-40-ХІХ международной разграфки масштаба 1:200 000.

Для выявления месторождения технических подземных вод и оценки его запасов проектируется комплекс работ по геологическому изучению недр.

Район работ входит в пределы восточной части столово-эрозионной равнины Пермского Прикамья, расположен в пределах Предуральской равнины и характеризуется холмисто-увалистым рельефом. Распространены аллювиальные наносы, эрозионно-аккумулятивные, суффозионно-карстовые формы рельефа. Основной водной артерией участка работ является р. Очер, глубина вреза которой по отношению к водораздельным пространствам в среднем составляет 60-100 м, достигая величины в 140 м. Река Очер имеет ширину до 30 м при глубине до 2,5 м и скорости течения 0,2-0,4 м/с. Дно реки илистое, берега обрывистые высотой 1-2 м.

На исследуемой территории в пределах глубины изучения развиты четвертичные отложения и отложения среднего отдела пермской системы, представленные преимущественно терригенными, а также карбонатными породами [1].

Район работ расположен в зоне Восточно-Русского сложного бассейна пластовых вод Камского гидрогеологического района.

В основу гидростратификации района положены материалы, полученные при групповой гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 листов 0-40XIII, 0-40-XIX, 0-40-XXV.

По гидродинамическим особенностям и фильтрационным параметрам выделяются следующие гидрогеологические подразделения: четвертичный аллювиальный водоносный горизонт (аQ); уржумский водоносный комплекс (P_{2ur}); белебеевский водоносный комплекс (P_{2bl}).

Ближайшим к участку работ месторождением является Очерское месторождение. В 2010 Протоколом ТКЗ 05.07.2011 №300 были утверждены балансовые запасы пресных подземных вод белебеевского водоносного комплекса на Очерском месторождении в г.Очер Пермского края по состоянию на 01.07.2010 г. по категории В в количестве 2,46 тыс. м³/сут [3]. Так скважина № 1462 данного месторождения находится в 80 м западнее от изучаемого участка, так же в левобережной части на надпойменной террасе долины р. Очер. Устье скважины расположено на а.о. 128 м, такой же отметке, как и изучаемый участок. Соответственно, участок работ и скважина № 1462 находятся в одних и тех же геоморфологических и гидрогеологических условиях. Ниже приведены более подробные данные об Очерском месторождении.

Балансовые запасы Очерского месторождения пресных подземных вод белебеевского водоносного комплекса в г.Очер Пермского края по состоянию на 01.07.2010 г. утверждены по категории В в количестве 2,46 тыс. м³/сут, в том числе по участкам:

- Восточный (водозабор № 1, скважины №№ 45111 и 45112) в количестве 1,5 тыс. м³/сут для хозяйственно-питьевого использования;
- Западный (водозабор № 2, скважины №№ 1462 и 1763) – 0,96 тыс. м³/сут, для производственно-технического использования.

Скважинами водозаборных участков ОАО «Очерский машиностроительный завод» до глубины 100 м вскрыты терригенные отложения белебеевского возраста, представленные чередующимися и замещающимися песчаниками, конгломератами, аргиллитами, алевролитами, мергелями, глинистыми известняками и глинами.

Подземные воды приурочены к трещиноватым песчаникам, конгломератам, известнякам, залегающим среди водоупорных глинистых отложений. Водообильность отложений связана с повышенной трещиноватостью пород, обусловленной геолого-структурными особенностями. Обводненные породы перекрыты глинами, толщиной от 17 до 29 м. Воды субнапорные со статическим уровнем от + 0,3 до 5 м. Напор подземных вод над кровлей обводненных пород составляет в скважине № 45111 – 19 м, в скважине № 45112 – 20 м, в скважине № 1462 – 17 м, в скважине № 1763 – 12 м. Внутригодовые колебания динамического уровня воды в эксплуатационных скважинах под влиянием водоотбора и природных факторов не превышают 40 % от естественной величины напора подземных вод.

В соответствии с «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод» участки №№ 1, 2 отнесены к I группе месторождений подземных вод по сложности геолого-гидрогеологических условий.

Подземные воды, вскрытые скважинами №№ 45111 и 45112 на водозаборном участке № 1, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 312 - 649 мг/дм³, жесткостью от 0,09 до 0,3 °Ж, рН 8,6 – 9,7. Вода из скважин №№ 45111 и 45112 по химическим, радиологическим и микробиологическим показателям соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074.

Подземные воды, вскрытые скважинами №№ 1462 и 1763 на водозаборном участке № 2, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 523 - 623 мг/дм³, жесткостью от 0,09 до 0,2 °Ж, рН 8,7 – 9,6. Вода полностью соответствует техническим требованиям недропользователя (жесткость не более 7°Ж, мутность не более 1,5 мг/дм³).

Подсчет запасов подземных вод основан на многолетнем опыте добычи подземных вод. В его основу положен фактически достигнутый дебит скважин при стационарном внутригодовом максимальном значении снижения уровня подземных вод. Достигнутый максимальный дебит водозаборов в количестве 2263 м³/сут полностью обеспечивается ежегодным восполнением подземных вод. Перспективное водопотребление в количестве 2460 м³/сут (водоотбор) также обеспечено ежегодным питанием, на что указывает характер внутригодовых изменений уровня подземных вод в скважинах в условиях эксплуатационного режима.

Таким образом, территория является весьма изученной, что позволяет провести анализ гидрогеологических условий района работ и сделать вывод о возможности использования подземных вод в технических целях на изучаемой территории. Сведения по Очёрскому месторождению могут быть использованы для составления геологической модели участка работ: геологический разрез, положение уровней подземных вод, производительность проектируемой скважины, режим фильтрации.

Материалы по оценке запасов Очёрского месторождения [3], позволяют определить предполагаемую гидрогеологическую модель для обоснования проектных решений о видах и объёмах геологоразведочных работ.

На участке ожидается разрез аналогичный разрезу скважины № 1462, находящейся в 80 м, представленный до 3 м аллювиальными четвертичными песками с галькой, в интервале от 3 до 20 м аргиллитами с прослоями известняка, от 20 до 100 м (до забоя скважины № 1462) разрез представлен песчаником.

Участок приурочен к двум гидрогеологическим подразделениям: четвертичному аллювиальному водоносному горизонту (аQ) и белебеевскому водоносный комплексу (P_{2b1}). Из-за малой мощности четвертичных отложений (3 м) аллювиальный горизонт не рассматривается в качестве целевого. Целевым является подстилающий белебеевский водоносный комплекс (P_{2b1}) (рис.).

Водоносными породами являются песчаники, водоупорными – аргиллиты. Воды субнапорные. Напор составляет 17 м. Статический уровень устанавливается у поверхности земли.

Подземные воды сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 523 - 623 мг/дм³, жесткостью от 0,09 до 0,2 °Ж, рН 8,7 – 9,6.

Питание комплекса происходит путём перетекания из вышележащих гидрогеологических подразделений в местах отсутствия разделяющего водоупора за пределами участка работ.

В соответствии с «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод», участок работ может быть отнесён I группе месторождений подземных вод по сложности геолого-гидрогеологических условий по аналогии с Очёрским месторождением [3].

Рассчитаем радиус зоны формирования запасов по формуле (1) [2]:

$$R_{\phi} = \sqrt{\frac{Q}{\pi * M_{np}}} = \sqrt{\frac{4,2}{3,14 * 1,51}} = 0,9 \text{ км} \quad (1)$$

где:

Q – величина заявленной потребности в подземных водах = 360 м³/сут (4,2 л/с);

M_{np} - величина модуля прогнозных ресурсов = 1,51 л/с*км² [2].

В пределах площади, ограниченной радиусом R_φ попадают скважины Очёрского месторождения подземных вод. Следовательно, при проведении работ следует оценить взаимовлияние скважин Очёрского месторождения и участка работ.

Несмотря на невыдержанность свойств целевого гидрогеологического подразделения, на участке толща может рассматриваться как однородная.

Нижняя граница открытая, верхняя граница представлена аргиллитом, являющимся водоупором.

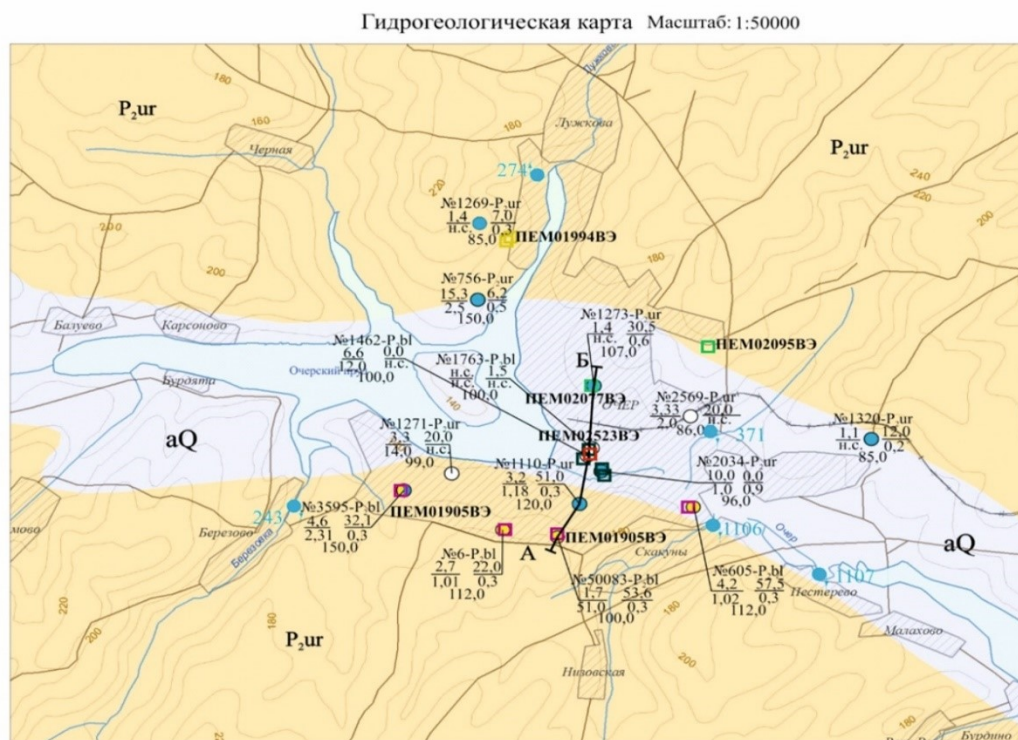
Подземные воды белебеевского водоносного комплекса в пределах участка работ не имеют непосредственной связи с поверхностными водами, так отделены от них водоупорными аргиллитами.

Так как границ H=const или q=0 не обнаружено белебеевский водоносный комплекс на рассматриваемом участке можно схематизировать как однородный неограниченный в плане пласт.

Предварительно примем для проектируемой скважины величину максимально допустимого уровня равной величине напора 17 м.

Произведём предварительный расчёт понижения в проектируемой скважине для условий неустановившегося движения в неограниченном напорном пласте с учётом влияния, расположенных в пределах зоны формирования Рф, Восточного (скв. №№ 45111, 45112) и Западного (скв. № 1462, 1763) участков Очерского месторождения подземных вод по формуле (2):

$$S = \frac{Q_{1пр}}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_{1пр}^2} + \frac{Q_{вост}}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_{вост}^2} + \frac{Q_{зап}}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_{зап}^2} \quad (2)$$



Карта составлена по материалам отчёта: Иконников Е.А. "Отчёт о результатах работ по составлению гидрогеологической карты масштаба 1:500000 листов О-40-А и О-40-В за 1986-1990 гг.", Пермь, 1990 г.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

aQ	Четвертичный аллювиальный водоносный горизонт. Суглинки, глины, супеси, пески, галечники	Скважина	вверху - номер
P ₂ ur	Уржумский водоносный комплекс. Глины, алевролиты, песчаники	слева в числителе - дебит, л/сек,	в знаменателе - понижение, м;
P ₂ bl	Белебеевский водоносный комплекс. Песчаники, глины, алевролиты, конгломераты	справа в числителе - глубина установившегося уровня воды, м,	в знаменателе - минерализация воды, г/л;
		внизу - глубина.	Цвет (тип воды) - гидрокарбонатный

Химический состав подземных вод

- С преобладанием гидрокарбонатного иона
- Смешанный тип воды (сульфатно-гидрокарбонатный)
- Смешанный тип воды (гидрокарбонатно-сульфатный)
- С преобладанием сульфатного иона
- Нет данных по химическому составу
- 1107 Родник и его номер



- ПЕМ01905ВЭ участок недр ПЕМ 01905 ВЭ, Правобережный участок Очерского месторождения, запасы по кат. В 1,26 тыс.м³/сут
- ПЕМ02523ВЭ участок недр ПЕМ 02523 ВЭ, Очерское месторождение, запасы по кат. В 2,45 тыс.м³/сут
- ПЕМ01994ВЭ участок недр ПЕМ 01994 ВЭ, Лужковское месторождение, запасы по кат. А+В 3 тыс.м³/сут
- ПЕМ02095ВЭ другие лицензионные участки
- участок работ ПЕМ 81483 ВР

Рис. 1. Гидрогеологическая карта

где:

Q – дебит взаимодействующих участков, м³/сут;

t – расчётный период эксплуатации водозабора, сут;

r – радиус водоприёмной части проектируемой скважины или расстояние между скважиной и центром участка Очёрского месторождения, м;

km – водопроницаемость, м²/сут, найденная по формуле $km = Aq$, где A – эмпирический коэффициент [2], q – средний удельный дебит Очёрского месторождения [3], л/с;

a – коэффициент пьезопроводности в зависимости от величины km по методике ГИДЭК [2], м²/сут.

Индексы в переменных обозначают принадлежность к проектируемой скважине (*1пр*), Западному участку (*зап*), Восточному участку (*вост*) Очёрского месторождения.

Значения параметров и результаты расчёта представлены в таблице.

Таблица

Исходные данные и результаты расчёта понижения уровня подземных вод

№ скважины, участок	Параметры							
	Q	t	r	km	a	A	q	S
1-пр	60	9125	0,084	1962,33	1000000	120	-	1,74
вост	1500		130				16,35	
зап	960		373					

Понижение 1,74 м меньше допустимого 17 м, соответственно для удовлетворения заявленной потребности достаточно 1 скважины.

Составленные геологическая модель, гидродинамическая схема объекта проведения геологоразведочных работ позволяет запроектировать последующие работы по геологическому изучению, включая поиски и оценку подземных вод для технического обеспечения водой объектов АО «ОМЗ» в г. Очёр Пермского края в объеме 360 м³/сут на 25 лет эксплуатации с выявлением месторождения технических подземных вод, соответствующего группе разведанных, и оценкой запасов месторождения по категории С₁.

Литература

1. Иконников Е.А. Отчёт о результатах работ по составлению гидрогеологической карты масштаба 1:500000 листов О-40-А и О-40-В за 1986- 1990 гг. Пермь, 1990 г. Методические рекомендации по мониторингу месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод. Москва, ГИДЭК, 1998.
2. Сабиева М.В. Отчет по подсчету запасов подземных вод на водозаборных скважинах Очерского машиностроительного завода (5 скважин) по состоянию на 01.07.2010 г. г. Очер, Пермский край. П., 2010.
3. Табаков В.В. Отчёт по оценке запасов подземных вод для питьевого водоснабжения и технологического обеспечения водой населения и объектов промышленности г. Очер Очерского района Пермского края (по состоянию на 01.07.2012 г). Пермь, 2012.

УДК 55 551.3

ПОТЕНЦИАЛЬНО ПОДТАПЛИВАЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Пирожков Максим Алексеевич

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

e-mail: maks.pirozhkov.98@mail.ru

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Килин Юрий Афанасьевич

Аннотация: В настоящее время в связи с освоением новых территорий для строительства зданий и иных инженерных сооружений в Перми и Пермском крае развивается такой процесс, как подтопление. На территории Пермского края в последние десятилетия подтопление имеет интенсивный характер развития. Данный процесс охватывает большие по площади территории и может привести к возникновению новых или активизации уже существующих опасных геологических процессов.

Ключевые слова: подтопление, уровень грунтовых вод, инженерно-геологический процесс, барражный эффект, техногенное влияние.

POTENTIALLY FLOODED TERRITORIES OF THE PERM REGION

Maksim Pirozhkov

*Perm State University, 4th year student,
Perm.*

e-mail: maks.pirozhkov.98@mail.ru

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader Yuri Kilin

Abstract: Currently, in connection with the development of new territories for the construction of buildings and other engineering structures in Perm and the Perm Region, such a process as flooding is developing. On the territory of the Perm Region in recent decades, flooding has an intensive nature of development. This process covers a large area of territory and can lead to the emergence of new or activation of existing dangerous geological processes.

Keywords: flooding, ground water level, barrage effect, geological engineering process, technological impact.

В результате освоения новых территорий для строительства зданий и иных инженерных сооружений в Перми и Пермском крае проблема развития процесса подтопления является актуальной в настоящее время.

Под подтоплением понимается процесс подъема уровня грунтовых вод выше некоторого критического положения, а также формирования верховодки и (или) техногенного водоносного горизонта, приводящий к ухудшению инженерно-геологических условий территории строительства, агромелиоративной и экологической обстановки. Подтопление обусловлено превышением приходных статей водного баланса над расходными под влиянием комплекса природных и техногенных факторов [4].

Впервые изучение вопроса процессов подтопления в Пермском крае началось на территории г. Перми в 30-е годы 20 века [1]. Изученность вопроса о наличии потенциально подтапливаемых территориях Пермского края (за исключением урбанизированных территорий) находится на низком уровне, так как помимо г. Перми, на территории края регулярные исследования по выявлению негативных изменений количественных параметров подтапливаемых территорий не проводятся.

По данным ФГУ «Агрохимический центр агрохимической службы «Пермский», по состоянию на 01.01.2013г., площадь только подтопленных и переувлажненных земель в крае составляла 181,9 км² (0,11% от всей территории Пермского края), а общая площадь заболоченных и избыточно увлажненных земель на территории Пермского края составляет 3000 км² (1,9% от всей территории края) [2].

Подтопление является одним из наиболее распространенных инженерно-геологических процессов, который может при отсутствии должного внимания во время строительства при разработке мер по предотвращению возможного возникновения данного процесса привести к деформации зданий и дополнительным затратам на ликвидацию последствий.

Для территории Пермского края развитие процесса подтопления связано с превышением приходных статей водного баланса над расходными: для Пермского края среднее годовое количество осадков изменяется от 450 мм на западе и юго-западе до 1000 мм в горах на северо-востоке региона, при этом среднегодовое количество испарения составляет 400-500 мм, превышение годовой суммы осадков над испарением составляет от 0 мм на западе и юго-западе и до 600 мм в северо-восточной части региона; воздействием техногенных факторов на водный баланс; широким распространением слабопроницаемых глинистых грунтов; особенностями рельефа; гидрогеологическими особенностями распространения водоносных горизонтов и их глубиной залегания; а также возникновением барражного эффекта за счёт перекрытия фильтрационного потока инженерными сооружениями.

В зависимости от гидрогеологических характеристик перекрытого водоносного горизонта и габаритов инженерного сооружения величина подпора при барражном эффекте может изменяться от нескольких сантиметров до метров и может приводить к деформациям грунтового массива, подтоплению прилегающих территорий и расположенных рядом зданий и сооружений, а также другим неблагоприятным последствиям [3].

Величина уровня грунтовых вод при «барражном эффекте» зависит от градиента фильтрационного потока и протяженности преграды, которая перекрывает фильтрационный поток. Максимальный эффект наблюдается при полном перекрытии преградой водоносного горизонта (начальное значение при котором возникает барражный эффект – 90% и более) [3].

Для выделения потенциально подтапливаемых территорий Пермского края были использованы данные 2016 года противоположной рабочей группой при КЧС и ОПБ Пермского края, в которых представлен перечень населенных пунктов, попадающих в зоны возможного затопления и подтопления в период весенне-летнего половодья, работа Л.А. Шимановского и И.А. Шимановской «Пресные подземные воды Пермской области» [5], которая содержит сведения о характеристиках водоносных и водоупорных комплексов и горизонтов – их стратиграфическая приуроченность, литологические особенности, мощность; гидрогеологическая карта Пермского края, топографическая карта Пермского края. Для каждого административного района и учтены причины развития подтопления. На основании перечисленных работ и графического материала была составлена таблица «Степень развития подтопления в административных районах Пермского края» (табл.), в которой вычислены площади потенциально подтапливаемых территории для каждого административного района Пермского края.

Таблица

Степень развития подтопления в административных районах Пермского края

Административный район Пермского края	Площадь административного района	Площадь подтопления	% подтопления
Район г. Александровска	5529 км ²	86,2 км ²	1,56
Бардымский район	2382 км ²	470,9 км ²	19,77
Березовский район	1977 км ²	59 км ²	2,98
Верещагинский район	1621 км ²	153,8 км ²	9,49
Гайнский район	14934 км ²	3096,1 км ²	20,73
Горнозаводский район	7065 км ²	-	-
Район г. Гремячинска	1321 км ²	-	-
Район г. Губахи	1009 км ²	35,5 км ²	3,52
Добрянский район	5192 км ²	954 км ²	18,37

Окончание таблицы

Еловский район	1448 км ²	129,5 км ²	8,94
Ильинский район	3069 км ²	709 км ²	23,1
Карагайский район	2394 км ²	324,6 км ²	13,56
Район г. Кизела	1390 км ²	-	-
Кишертский район	1401 км ²	264,1 км ²	18,85
Косинский район	3459 км ²	1043,2 км ²	30,16
Кочевский район	2718 км ²	307,8 км ²	11,32
Красновишерский район	15375 км ²	930,9 км ²	6,05
Район г. Краснокамска	957 км ²	362,1 км ²	37,84
Кудымкарский район	4741 км ²	140,2 км ²	2,96
Куединский район	2616 км ²	385,7 км ²	14,74
Кунгурский район	4416 км ²	527 км ²	11,93
Лысьвенский район	3700 км ²	-	-
Нытвенский район	1655 км ²	250,6 км ²	15,14
Октябрьский район	3444 км ²	-	-
Ординский район	1418 км ²	89,5 км ²	6,31
Осинский район	2057 км ²	603,4 км ²	29,33
Оханский район	1516 км ²	293,3 км ²	19,35
Очерский район	1333 км ²	-	-
Пермский район и район г. Перми	3753 км ²	837,4 км ²	22,31
Сивинский район	2517 км ²	288,7 км ²	11,47
Соликамский район	5420 км ²	1153,8 км ²	21,29
Суксунский район	1977 км ²	290,2 км ²	14,68
Уинский район	1555 км ²	116,1 км ²	7,47
Усольский район и район г. Березников	4544 км ²	1125 км ²	24,76
Чайковский район	2155 км ²	430,6 км ²	19,98
Частинский район	1632 км ²	272,6 км ²	16,7
Чердынский район	20872 км ²	4842,9 км ²	23,2
Чернушинский район	1676 км ²	253,5 км ²	15,13
Чусовской район	3496 км ²	420,6 км ²	12,03
Юрлинский район	3803 км ²	253,2 км ²	6,66
Юсьвинский район	3080 км ²	453,1 км ²	14,71
Итого	160600 км²	21954,1 км²	13,67

Основанием для выделения потенциально подтапливаемых территорий являются следующие критерии:

1. Границы распространения аллювиального четвертичного водоносного горизонта (аQ) в пределах речных долин с глубинами залегания подземных вод 0-10 м.
2. Границы распространения водоносных горизонтов с глубиной залегания подземных вод 0-10 м.
3. Степень техногенной нагрузки на урбанизированных территориях.
4. Особенности геологического строения Пермского края (верхняя часть разреза).
5. Особенности рельефа (наличие понижений, в которых концентрируется поверхностный сток и подземные воды).

Основываясь на полученных данных, общая площадь потенциально подтапливаемых территорий составляет 21954,1 км² (13,67% площади Пермского края). В наибольшей степени подтоплению подвержены урбанизированные территории с высокой техногенной нагрузкой, а также

территории, расположенные в пределах речных долин, где глубина залегания подземных вод незначительна. Среди всех административных районов Пермского края наиболее интенсивно (>20% от площади района) подтопление может развиваться в Гайнском, Ильинском, Косинском, Краснокамском, Осинском, Пермском, Соликамском, Усольском и Чердынском районах.

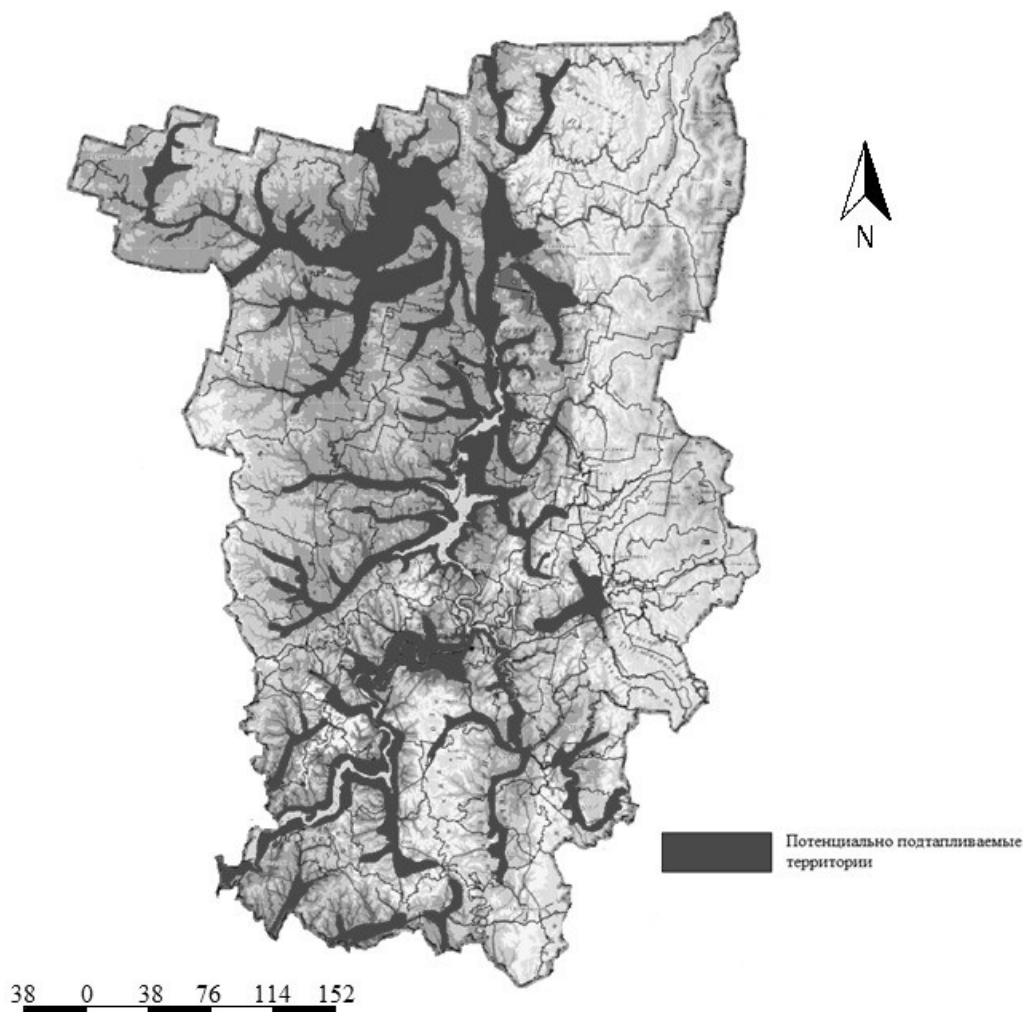


Рис.1 Карта потенциально подтапливаемых территорий Пермского края

Литература

1. Килин И.Ю. Влияние нового строительства на подтопление г. Перми. / И.Ю. Килин // Сергеевские чтения: конф. – Пермь, 2019. – С. 190-195.
2. Подтопление земель в Приволжском регионе России / В.В. Разумов [и др.] // Наука. Инновации. Технология. – 2017. - №2 – С. 159-175.
3. Покровский В.Д. Оценка барражного эффекта свайных оснований на примере г. Томска / В.Д. Покровский // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геокриологии Евразии: конф. – Томск, 2015. – С. 749-753.
4. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 2. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М., Госстрой России, 2000.
5. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области / Леонид Андреевич Шимановский, И.А. Шимановская. – Пермь: Кн. изд-во, 1973. – 196 с.

УДК 556

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НИВЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

Леонова Анастасия Михайловна

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет», студент 3 курса,
г. Санкт-Петербург
e-mail: stacialeonova@icloud.com*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Леонтьева Екатерина Николаевна

Аннотация: В работе рассмотрены особенности гидрогеологических условий Нивенского месторождения калийно-магниевого солей. Наличие большого количества высоконапорных мощных горизонтов определяет необходимость поддержания целостности водозащитной толщи и важность ведения постоянного гидрогеологического мониторинга горных выработок.

Ключевые слова: калийно-магниевого соли, гидрогеологические условия, водоносные горизонты, водозащитная толща, химический состав.

HYDROGEOLOGICAL FEATURES OF THE NIVENSKY POTASSIUM- MAGNESIUM SALTS DEPOSIT

Anastasia Leonova

*Saint-Petersburg Mining University 3rd year Student,
Saint-Petersburg
e-mail: stacialeonova@icloud.com*

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Ekaterina Leonteva

Abstract: The article is concerned with the features of the hydrogeological conditions of the Nivensky potassium-magnesium salts deposit. The presence of a large number of high-pressure aquifers determines the need to maintain the integrity of the waterproof layer and the importance of continuous hydrogeological monitoring of mines.

Keywords: potassium-magnesium salts, hydrogeological conditions, aquifers, waterproof layer, chemical composition.

В административном отношении Нивенское месторождение калийно-магниевого солей расположено в Багратионовском районе Калининградской области.

На базе данного месторождения проектируется строительство предприятия по производству бесхлорных минеральных удобрений на основе калия и магния. Такие удобрения используются для возделывания особо ценных сельскохозяйственных культур по всему миру, при этом цена удобрений довольно высока, что связано со спецификой производства. Это делает разработку Нивенского месторождения выгодной для развития экономики региона[3].

Месторождение входит в состав Калининградско-Гданьского соленосного бассейна. Основной рудоносной толщей является пачка 2 прегольской свиты, которая представлена ритмичным чередованием каменной и калийно-магниевого солей различного минерального состава. Калиеносная зона перекрывается и подстилается зонами каменной соли. В основании всей соленосной толщи залегают ангидритовые породы, местами обогащенные полигалитом[2].

Сложности разработки месторождений солей связаны с их растворимостью и, как следствие, с необходимостью защиты горных выработок от проникновения пресных или слабоминерализованных вод.

Мировой опыт эксплуатации месторождений растворимых руд показывает, что несмотря на меры безопасности, часто встречаются случаи аварийного затопления горных выработок.

Растворение соляных пород при аварийных прорывах пресных вод может приводить к оседанию дневной поверхности и формированию провалов. Для предотвращения негативных последствий при разработке месторождений солей необходимо ведение горных работ с учетом гидрогеологических условий.

Таким образом, целью данной работы является изучение гидрогеологических особенностей месторождения.

Исследуемая территория располагается в пределах Польско-Литовского гидрогеологического района, где в геологическом строении принимают участие раннепротерозойские образования фундамента и породы осадочного чехла, представленные отложениями кембрийской, ордовикской, силурийской, пермской, триасовой, юрской, меловой и четвертичной систем, общей мощностью порядка 2500 м [1].

В литологическом составе пород в разрезе преобладают глинистые и песчаные разности.

Соленосные толщи приурочены к отложениям пермского возраста и залегают на глубинах от 1050 до 1150 м [2].

Согласно условиям формирования подземных вод, а также характеру водообмена, в гидрогеологическом разрезе выделяют три этажа: верхнепалеозойско-кайнозойский, среднепалеозойский и протерозойско-нижнепалеозойский, разделенные мощными региональными водоупорами.

Наиболее изученным является верхний – верхнепалеозойско-кайнозойский этаж, сложенный породами четвертичной, неогеновой, палеогеновой, меловой и юрской систем, а также верхней части разреза верхнепермских отложений. Общая мощность 580-600 м. В гидродинамическом плане верхнепалеозойско-кайнозойский этаж охватывает зону активного водообмена.

Подземные воды этажа до глубины 130 м пресные, с глубиной переходящие в солоноватые и слабосоленые с минерализацией до 26 г/дм³. Воды, начиная с глубины около 310 м и до пермских соленосных отложений, имеют схожий хлоридно-натриевый состав.

Величина напоров от 4,9 до 710 м. Горизонты разделены между собой относительными водоупорами небольшой мощности.

Нерасчлененный комплекс терригенных пород нямунаской-таурагской свит рассматривается как нижняя глинистая толща нижнего триаса. Совместно с надсолевой терригенно-эвапоритовой толщей и верхней галитовой пачкой нерасчлененный комплекс терригенных пород составляет водозащитную толщу. Мощность водозащитного слоя в пределах исследуемой территории составляет порядка 600 м.

Питание и разгрузка подземных вод верхнепалеозойско-кайнозойского этажа осуществляется за пределами изучаемого участка. Основной областью питания подземных вод является Балтийская гряда, расположенная на юге области. Главные дренирующие артерии – долины рек Неман и Преголя с их притоками, а также Балтийское море со своими заливами.

Региональным водоупором является толща триасовых глин и пермских галогенных отложений, общая мощность которых достигает 500 м.

Средний – среднепалеозойский – гидрогеологический этаж, соответствующий зоне затрудненного водообмена, объединяет отложения средней и нижней части разреза верхней перми и девона. Кровля этажа в пределах исследуемой территории залегают на глубинах 1000-1100 м, а его мощность составляет 300-800 м. От нижележащего этажа он отделен силурийским водоупорным горизонтом, сложенным в основном аргиллитами и аргиллитоподобными глинами общей мощностью от 600 до 1200 м.

Нижний – протерозойско-нижнепалеозойский – гидрогеологический этаж, охватывающий гидродинамическую зону застойного режима, представлен преимущественно карбонатными отложениями ордовика и терригенными породами кембрия. Кровля этажа соответствует глубинам 1200-2600 м. Его мощность составляет 300-400 м. Нижним водоупором являются породы кристаллического фундамента. Подземные воды представлены в основном метаморфизованными хлоридными кальциевыми рассолами с минерализацией от 200 до 300 г/дм³. Вертикальный водообмен с вышележающими этажами происходит по зонам тектонических нарушений.

Гидрогеологические условия Нивенского месторождения определяются наличием 7 водоносных горизонтов и комплексов: верхнеэоценовый внутреледниковый водоносный горизонт, средне-верхнеэоценовый водоносный водноледниковый комплекс, нижне-среднеэоценовый водоносный флювиогляциальный комплекс, оксфордтитонский-аптсеноманский водоносный комплекс, геттанско-батский водоносный горизонт, деймеский водоносный горизонт, шаркувский водоносный горизонт. Водоносные горизонты довольно мощные и

водообильные. Таким образом, важной задачей является поддержание целостности водозащитной толщи.

Значимой особенностью является специфика гидрогеохимической зональности. В вертикальном разрезе участка работ выделяются зоны пресных, солоноватых, соленых вод и рассолов.

Пресные воды (минерализация менее 1 г/дм^3) включают горизонты четвертичных и палеогеновых отложений. Состав гидрокарбонатная кальциево-магниевый.

Солоноватые воды характеризуются минерализацией $1-10\text{ г/дм}^3$. Зона представлена оксфорд-титонским – апт-сеноманским водоносным комплексом верхней юры и нижнего мела. Преимущественный состав хлоридно-натриевый.

Соленые воды характеризуются минерализацией $10-50\text{ г/дм}^3$. Зона соленых вод включает геттанско-батский водоносный горизонт, деймеский и шаркувский водоносные горизонты с минерализацией $17-26\text{ г/дм}^3$. Нижняя граница соленых вод проходит на глубине около 1020 м. По составу это воды хлоридно-натриевые.

Зона рассолов (минерализация – более 50 г/дм^3) представлена водоносными горизонтами перми, силура, ордовика и кембрия. Воды хлоридные кальциевые с минерализацией $120-180\text{ г/дм}^3$.

Важно отметить, что граница начала солоноватых вод находится на относительно малой глубине – около 130 м, и залегает ниже ниже-среднеолейстоценового водоносного флювиогляциального комплекса.

При этом химический состав подземных вод от геттанско-батского водоносного горизонта до шаркувского водоносного горизонта весьма схож: в анионном составе преобладают хлориды и сульфаты, среди катионов основными являются калий, натрий и кальций, минерализация от 17 до 26 г/дм^3 .

Еще одной гидрогеологической особенностью района работ являются высокие значения напоров подземных вод. Минимальные напоры характерны для водоносных горизонтов, залегающих выше границы соленых вод и составляют от 55 до 60 м. Далее с увеличением глубины напоры увеличиваются до 710 м. Уровень напора выше дневной поверхности наблюдается в геттанско-батском, деймеском и шаркувском водоносных горизонтах.

Значительные напоры водоносных горизонтов являются одной из основных причин высоких отметок границы соленых вод: возможно интенсивное восходящее перетекание высокоминерализованных вод через относительно водоупорные слои.

Другую причину преобладания солоноватых и соленых вод в разрезе зоны активного водообмена стоит искать в истории геологического развития района. Подземные воды геттанско-батского, деймеского и шаркувского водоносных горизонтов формировались в схожих условиях. Осадконакопление происходило в лагунно-морских и субконтинентальных солоновато- и пресноводных бассейнах с накоплением пестро- и красноцветных алеврито-глинистых пород [2]. Таким образом, гидрогеологические условия месторождения довольно сложные. Большое количество мощных высоконапорных водоносных горизонтов над соленосной толщей определяют необходимость поддержания целостности водозащитной толщи и важность ведения постоянного гидрогеологического контроля горных выработок.

При этом схожесть химического состава подземных вод большинства водоносных горизонтов над соленосными отложениями является осложняющим фактором при определении генезиса рассолопроявлений в горных выработках.

Литература

1. Вишняков А.К. Структура и условия образования калийно-магниевых солей центральной части Нивенской впадины Калининградско-Гданьского соленосного бассейна / Вишняков А.К., Смычник А.Д., Панов В.Д., Вафина М.С., Рахматулина Ю.Ш. // Отечественная геология, № 4, 2017 с. 90-97.
2. Лукьянова Н.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-(34) – Калининград. Объяснительная записка / Лукьянова Н.В., Богданов Ю.Б., Васильева О.В., Варгин Г.П. и др. // – СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2011. с. 129-138.
3. Разумович С.В. Анализ экономических перспектив разработки месторождений полиминеральных солей в Калининградской области // Экономика и бизнес: теория и практика, № 10-2, 2018 с. 64-69.

**СОСТОЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД УЧАСТКА БАССЕЙНА
РЕКИ СЫЛВА ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОМЫСЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ОПРОБЫВАНИЯ 2019 ГОДА (РАЙОН СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ
СЫЛВА)**

Волков Станислав Андреевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,
г. Пермь,
e-mail: deni.volk00@gmail.com*

Балахнин Дмитрий Андреевич

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,
г. Пермь,
e-mail: dbalaxnin@mail.ru*

Шеина Ксения Валерьевна

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, студент 3 курса,
г. Пермь,
e-mail: k.shieina@mail.ru*

Научный руководитель: старший преподаватель, Ермолович Ирина Геннадьевна

Аннотация: В данной статье рассмотрены проблемы эколого-гидрохимической оценки состояния вод, выявления источников их загрязнения является важной задачей гидрогеохимии и современной проблемой на территориях распространения сельскохозяйственной деятельности. В статье рассмотрен и проанализирован химический состав подземных вод, выполнено сравнение полученных данных с ПДК и построение карт, по превышающим значениям.

Ключевые слова: стронций, нитраты, ПДК, среднее течение реки Сылва, гидрохимический анализ.

**THE STATE OF THE GROUNDWATER QUALITY OF THE SECTION OF
THE SYLVA RIVER BASIN FOR DRINKING WATER SUPPLY AND
FISHERIES ACCORDING TO THE RESULTS OF TESTING IN 2019
(THE AREA OF THE MIDDLE COURSE OF THE SYLVA RIVER)**

Stanislav Volkov

*Perm State National Research University, 3^d year student,
Perm,
e-mail: deni.volk00@gmail.com*

Dmitriy Balakhnin

*Perm State National Research University, 3^d year student,
Perm,
e-mail: dbalaxnin@mail.ru*

Ksenia Sheina

*Perm State National Research University, 3^d year student,
Perm,
e-mail: k.shieina@mail.ru*

Research Supervisor: *Senior Lecturer, Irina Ermolovich*

Abstract: This article deals with the problems of ecological and hydrochemical assessment of the state of water, identifying the sources of their pollution is an important task of hydrogeochemistry and a modern problem in the territories of agricultural activity. The article considers and analyzes the chemical composition of underground water, compares the obtained data with the MPC and builds maps for exceeding the values.

Keywords: strontium, nitrates, MPC, average flow of the Sylva river, hydrochemical analysis.

Введение. Проблема эколого-гидрохимической оценки состояния подземных вод, выявления источников их загрязнения является важной задачей гидрогеохимии и современной проблемой малонаселенных районов. Их загрязнение или аномальное превышение одного из микрокомпонентов может привести к серьезным последствиям для здоровья человека и отрицательному воздействию на состояние подводной флоры и фауны.

Объект исследования: район среднего течения р. Сылва.

Предмет исследования: подземные воды в районе среднего течения реки Сылва.

Цель исследования: Оценка качества подземных вод для питьевого водоснабжения и рыбохозяйственного промысла в районе среднего течения реки Сылва от д. Тис до д. Красный Луг.

Задачи:

1. Определение и выявление неблагоприятных показателей по ПДК;
2. Построение карт распределения компонентов, превышающих ПДК;
3. Выявление причин и закономерностей изменений гидрохимического состава подземных вод.
4. Выдача рекомендаций по использованию вод в хозяйственных и питьевых целях;

Участок исследования расположен в Суксунском районе в 20 км юго-восточнее пгт Суксун. Начало в д. Тис, расстояние исследуемого участка 20 км, конец приходится на д. Красный Луг. Движение осуществляется в северо-восточном направлении по реке Сылва. На расстояние 7 км от участка проходит административная граница со Свердловской областью (рис. 1).

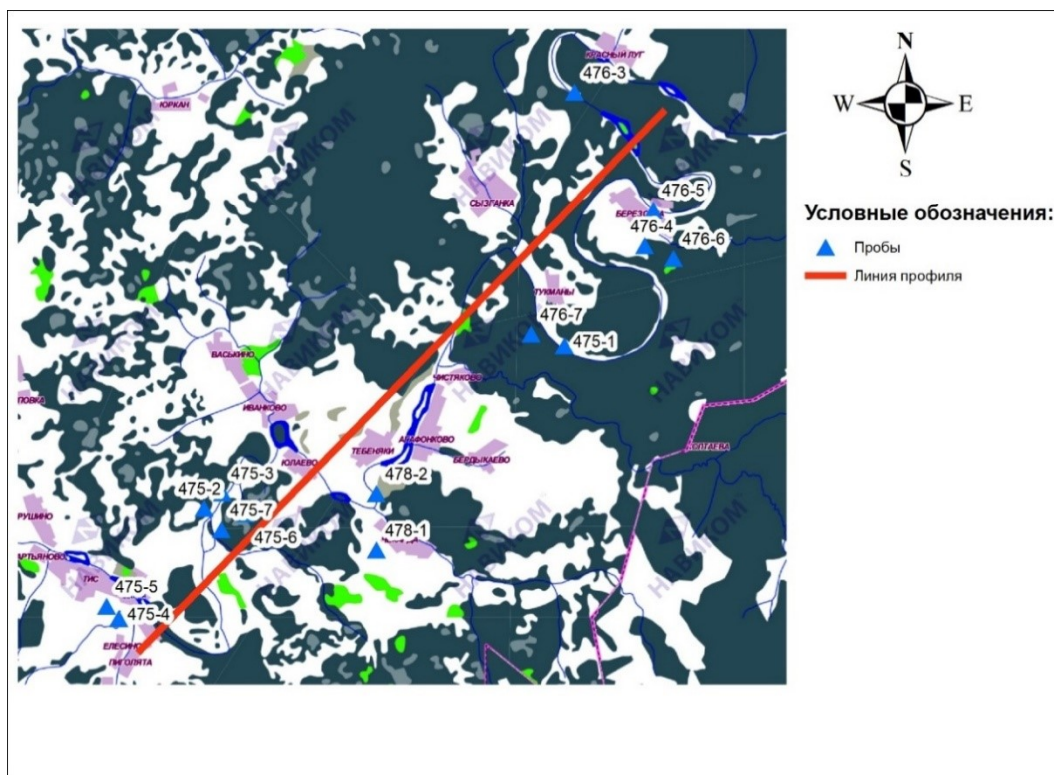


Рис. 1 – Расположение района исследования

В геоморфологическом отношении Суксунский район располагается в пределах Уфимского вала и Предуральяского прогиба. Эрозионное расчленение довольно глубокое, но густота речной сети малая из-за карстовых процессов. Средние высотные отметки плато от 260 метров до 370 метров [3].

Данный участок приурочен к бассейну реки Сылва, а гидрогеологическом отношении к соликамскому водоносному горизонту.

В геологическом отношении основными породами, слагающими данную территорию, являются артинские и кунгурские отложения Пермской системы и, покрывающие их, четвертичные отложения. Кроме того, по реке Сылва, имеются выходы рифовых известняков в виде гор-одиночек. Кунгурский ярус широко развит на территории районе, он представлен карбонатными отложениями филипповской свиты, состоящей из известняков, частично кальцитизированных, реже доломитизированных и доломитов. В приповерхностной части исследуемого участка принимают участие четвертичные отложения, представленные мелкозернистыми песками, суглинками, часто лессовидными глинами.

Район исследований входит в Кишертско-Суксунский карстовый район, который является зоной разгрузки карстовых вод карбонатных отложений Уфимского вала. Из-за этого уровень общей минерализация является непостоянным на участке исследований [3].

Для комплексного эколого-гидрохимического анализа и оценки качества подземных вод для питьевого водоснабжения и рыбохозяйственного промысла предусмотрено проведение необходимых исследований в три этапа:

1. опробование с привязками точек отбора проб к участку исследования (экспедиция кафедры динамической геологии и гидрогеологии летом 2019 г.);
2. аналитические исследования химического состава отобранных проб и расчетная обработка результатов анализов;
3. построение графических материалов по полученным результатам.

Отбор проб проводился в районе среднего течения реки Сылва, а их анализ производился лаборатории гидрохимического анализа геологического факультета ПГНИУ по запросу кафедры динамической геологии и гидрогеологии.

Таблица

Химический состав подземных вод

Точки наблюдения	476-3	476-5	476-4	475-1	476-7	478-2	475-3	475-2	475-6	475-7	475-4	745-5	ПДК _В	ПД
рН	8,44	6,94	7,09	7,31	7,56	8,08	7,28	7,15	7,69	7,11	6,88	7,49	6-9	6,5
Об. ж, мг-экв/дм ³	2,6	11,3	7,9	5,4	4,9	8,3	5,5	6,3	4,4	8,4	16,2	9,8	7	
CO ₂ ⁻ , мг/дм ³	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	9	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	-	
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	125	373	330	361	278	214	229	321	248	403	715	278	-	
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	22,3	54,3	35	20,7	35,5	275	65,8	55,7	17	43,9	220	214	500	1
Cl ⁻ , мг/дм ³	2,41	96,5	21,3	3,85	2,07	1,92	16,3	12,8	3,24	13,5	2,25	20,7	350	3
Ca ²⁺ , мг/дм ³	38,03	201	141,5	86,6	57,1	129,2	75	89	58,5	122	257	155	-	1
Mg ²⁺ , мг/дм ³	8,6	15,3	9,8	13,3	25,4	22,7	21	22,2	17,9	28	41,6	25,5	40	
Na ⁺ , мг/дм ³	6,83	16,4	8,8	7,4	6,85	8,2	18,2	16	4,9	11,5	12,4	6,83	200	
K ⁺ , мг/дм ³	0,63	20,6	0,75	1,13	1,01	0,64	1,61	37,2	0,67	1,4	1,42	0,82	-	
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,2	0,83	0,2	0,2	0,2	0,2	0,89	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	3,3	0
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,286	184	96,8	21,1	0,57	0,81	50,6	63,4	3,08	31,4	0,2	20,1	45	0
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,5	
Fe ⁻ общ., мг/дм ³	0,094	0,076	0,055	0,059	0,061	0,144	0,055	0,09	0,05	0,074	0,5	0,05	0,3	0
F ⁻ , мг/дм ³	0,117	0,1	0,1	0,166	0,243	0,203	0,266	0,336	0,2	0,232	0,239	0,419	1,5	0
Sr, мг/дм ³	137	7,2	69	-	39	-	4,3	7,5	5,5	46	0,58	9	7	0
Нефтепродукты	0,09	-	-	0,118	-	-	-	0,105	-	0,115	-	-	0,1	0
M, мг/дм ³	203,8	777,1	547,2	493,98	405,93	651,66	426,91	553,9	350,21	623,3	1249,67	700,85	1000	10
Формула ионного состава	HCO ³ / Ca ²	Cl;HCO ³ /Ca ²	HCO ³ / Ca ²	HCO ³ / Ca ²	HCO ³ /Mg ² ; Ca ²	HCO ³ ;SO ₄ ² /Ca ²	SO ₄ ² ;HCO ³ / Mg ² ;Ca ³	HCO ³ /Mg ² ; Ca ²	HCO ³ /Mg ² ; Ca ²	HCO ³ /Mg ² ;Ca ²	SO ₄ ² ;HCO ³ /Ca ²	SO ₄ ² ;HCO ³ /Ca ²		

ПДК_В- предельно допустимая концентрация в воде для питьевого водоснабжения; ПДК_{ВР} - предельно допустимая концентрация в воде для рыбохозяйственному промыслу [2].

Результаты изучения химического состава вод на участке исследований (таблица) показали, что по составу все исследованные подземные воды являются пресными и слабосоленоватыми (общая минерализация колеблется от 204 до 1250 мг/дм³), нейтральными и слабощелочными (рН составляет 6,9–8,5), от мягких до очень жестких (величина общей жесткости изменяется от 2,6 до 16,2 мг-экв/дм³), преимущественно гидрокарбонатно-кальциевыми и гидрокарбонатно-магниево-кальциевыми.

В химическом составе исследуемых вод присутствуют макро и микрокомпоненты, содержания которых в несколько раз превышает действующие санитарно-гигиенические нормативы по питьевому водоснабжению и рыбохозяйственному промыслу.

По питьевому водоснабжению ПДК превышают следующие элементы: в единичных пробах Mg и Fe, почти повсеместно NO₃ и Sr, а также в многих пробах присутствует превышение общей жесткости и единичные случаи превышения минерализации. При нормированных концентрациях Fe, Mg, NO₃ 0,3-45 мг/дм³ наблюдается их превышение в 1-4 раза; Fe – в 2 раз при ПДК 0,3 мг/дм³; Mg – в 1-2 раз при ПДК 40 мг/дм³; NO₃ – почти в 4 раз при ПДК 45 мг/дм³. Но особое внимание следует обратить на концентрацию Sr, которая превышает нормированные значения вплоть до 19 раз. Это касается проб

№ 476-3; 475-7; 476-4, в которых содержание последнего настолько высоко, что в процентном соотношении с другими компонентами выходит на первые места, а также в них и ещё пробе № 476-5 наблюдается наибольшие превышения по NO₃. Кроме того, в районе исследования в пробах наряду с высокими концентрациями NO₃ и Sr - наблюдаются повышенные содержания Ca²⁺, HCO₃⁻, Cl доли которых в процентном соотношении также растут, следовательно, в многих пробах вод отмечаются высокие концентрации иона Ca²⁺, что обуславливает наличие высоких значений (выше ПДК) показателя общей жесткости.

По рыбохозяйственному промыслу ПДК превышают следующие элементы единично Ca²⁺; SO₄ и Fe, почти повсеместно NO₃; NO₂; F и Sr, а также в многих пробах присутствует превышение общей жесткости. При нормированных концентрациях Fe, NO₂, F, 0,05-0,1 мг/дм³ наблюдается их превышение в 4-11 раза; Fe – в 5 раз при ПДК 0,1 мг/дм³; NO₂ – в 11 раз при ПДК 0,08 мг/дм³; F – почти в 4 раз при ПДК 0,05 мг/дм³. Особое внимание, как и в случаи с ПДК по питьевому водоснабжению, следует обратить на концентрации Sr и NO₃, которые превышают нормированные значения вплоть до сотен раз.

Анализ химического состава вод показал, что из 12 изученных проб воды только одна проба (475-1) характеризуются полным отсутствием в их составе веществ в концентрациях, превышающих установленные для них ПДК по питьевому водоснабжению и рыбохозяйственному промыслу. Следовательно, по результатам приведенных в работе данных видно, что значительному количеству проб присуще химическое загрязнение по ряду компонентов [1].

Во всех случаях пробы воды отбирались вблизи деревень. Вода используются жителями для питьевого водоснабжения. При этом, из таблицы и карты распределения Sr и NO₃ в районе исследований (рисунок 2), видно, что концентрация содержания стронция увеличивается в северо-восточном направлении и достигает пика вблизи деревни Красный Луг. Причиной этого служит Мазуевское месторождение стронция находящееся в этом направлении, в 36 км от участка исследований и в 7,76 км от реки Сылва. Концентрация нитратов возрастает в восточном направлении и достигает пика вблизи деревни Березовка. Причиной этого могут служить поступления в воду удобрений с полей и огородов, деревней расположенных выше и ниже по течению реки Сылва, в периоды паводков, и поскольку нитраты хорошо растворимы в воде и практически не задерживаются в почве, то способны проникать на довольно большие расстояния, загрязняя подземные воды. Также на данной территории присутствует повсеместное повышенное содержание. Кроме того, раз в воде имеются повышенные концентрации по ряду компонентов, то фауна и флора реки и близлежащей территории данного района в той или иной степени загрязнена.

Обнаружение избыточных содержаний некоторых компонентов, превышающие нормативные показатели (ПДК), не обязательно могут привести к значительному риску для здоровья. Однако, длительное употребление воды с повышенным содержанием стронция может привести к развитию проблем с суставами, задержки роста, ожогам кожной ткани и развитию урской болезни, проявляющаяся в повышенной ломкости и уродстве костей. Повышенное содержание нитратов в воде приводит к образованию атрофического гастрита, рака желудка, хронического бронхита, туберкулеза, а также оказывает отрицательное влияние на нервную и сердечно-сосудистую системы. Также употребление этой воды домашним скотом и дикими животными, и проникание ее в почвы и

как следствия в растения, может привести к их заболеванию и появляются опасности их потребления для человека [1].

Для улучшения качества хозяйственно-питьевого водоснабжения сельской местности т.е. участка исследований, и в частности, Суксунского района необходимо предотвращать и устранять загрязнения подземных вод продуктами фермерской деятельности и продуктами месторождений, предоставлять жителям информацию об индивидуальных средствах очистки питьевой воды; целесообразно также рекомендовать доступные населению простые способы обработки, такие как отстаивание, кипячение и фильтрование [1].

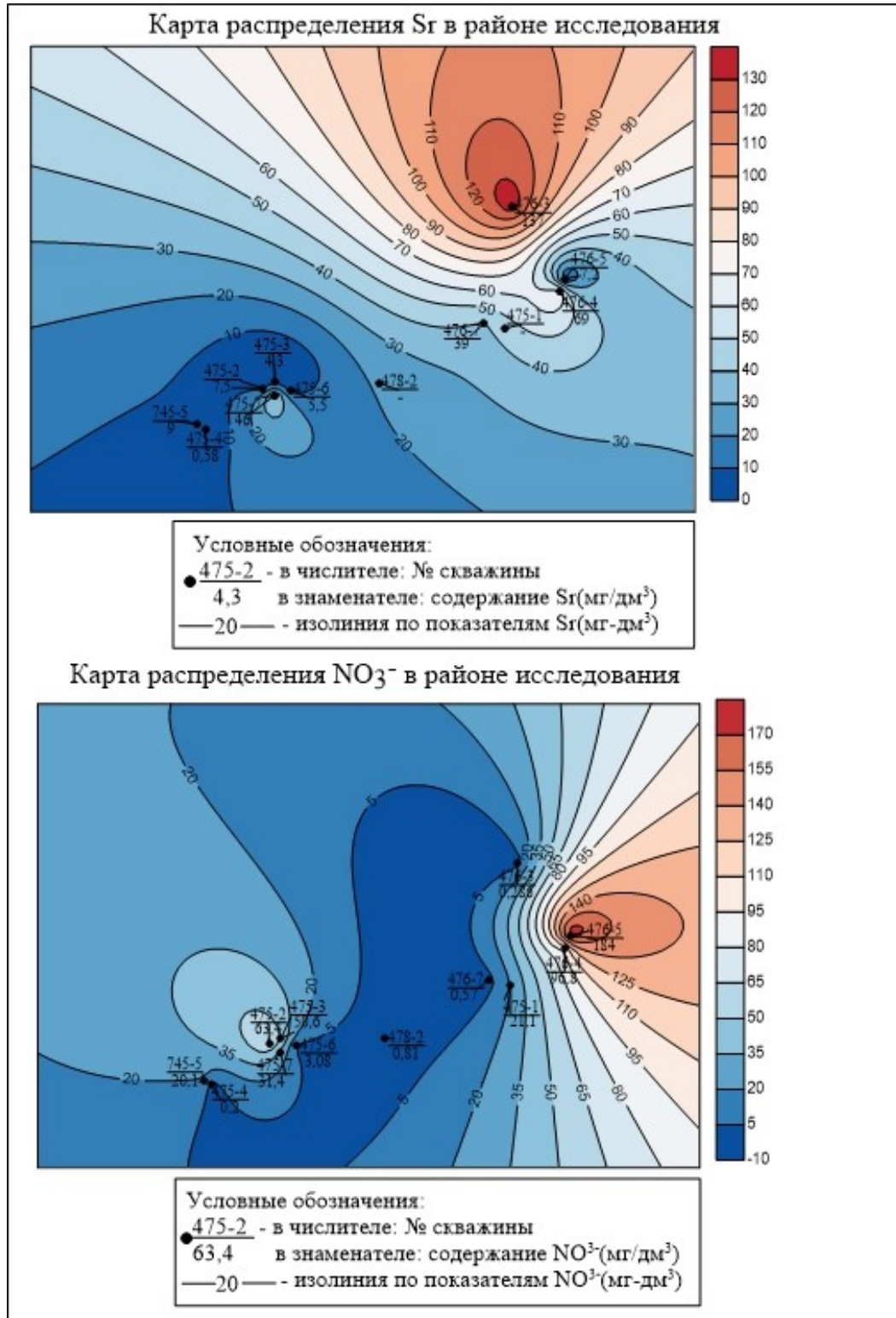


Рис. 2 Карты распределения Sr и NO₃ в районе исследований

Заключение. В данной статье были выделены зоны, с повышенными значениями ПДК по стронцию и нитратам. Причиной повышенной концентрации стронция стала близость к Мазуевскому месторождению стронция, а нитратов – смыв удобрений с полей во время паводков и хозяйственно-бытовое загрязнение. Также авторами статьи было рассмотрено пагубное влияние данных компонентов на организм человека и предложены пути решения данной проблемы.

Литература

1. Колубаева Ю.В. *Химический состав подземных вод источников нецентрализованного водоснабжения Томского района Томской области и его возможное влияние на здоровье человека. Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Томск, Россия, 2020 год. [1]*

2. СанПиН 2.1.4.1116-02. *Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Утвержден 1 июля 2002 г. – Пункт 3.4.3. [2]*

3. Катаев В.Н., Копанцев Е.Н., Ермолович И.Г. *Современный химический состав вод озер зоны сочленения уфимского вала и предуральского прогиба. Журнал: вестник пермского университета. Геология. С. 340-353. [3]*

ОЦЕНКА СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА

Нагорнова Мария Максимовна

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

e-mail: masha.nagornova2018@yandex.ru

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент, *Леонович Михаил Фаддеевич*

Аннотация: Проведен эксперимент на одометрах с различными фракциями песчаного грунта на определение компрессионных свойств грунта различной плотности при разных влажностях. В ходе чего были получены данные, которые позволяют оценить совместное влияние влажности и плотности скелета грунта на модуль общей деформации. В данной работе приведен сравнительный анализ результатов исследования грубой и средней фракции.

Ключевые слова: грунт, пески, грубая фракция, средняя фракция, модуль общей деформации, компрессионные свойства, влажность, плотность.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MOISTURE AND DENSITY OF SANDY SOIL ON THE COMPRESSION CHARACTERISTICS

Maria Nagornova

*Perm State University, 4th year Student,
Perm,*

e-mail: masha.nagornova2018@yandex.ru

Research Supervisor: *Candidate of Technical Sciences, Reader, Mikhail Leonovich*

Abstract: An experiment was carried out on odometers with different fractions of sandy soil to determine the compression properties of soil of different density at different moisture. In the course of which, data were obtained that allow one to assess the combined effect of moisture and density of the soil skeleton on the modulus of total deformation. This work provides a comparative analysis of the results of the study of coarse and medium fractions.

Key words: soil, sands, coarse fraction, middle fraction, modulus of total deformation, compressive characteristics, moisture, density.

Актуальность. 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]

В контексте строительства современный интерес к грунту, как к строительному материалу, в значительной степени растет. Материал должен обладать способностью адсорбировать и десорбировать влагу. Однако при чрезмерном увлажнении материал теряет прочность. Поэтому возникает вопрос: в какой степени влажность влияет на компрессионные характеристики грунта?

Эта статья посвящена выявлению закономерностей влияния влажности и плотности сложения на компрессионные свойства песчаного грунта для грубой и средней фракции.

Методика выполнения работы

Экспериментальная часть исследования проходила поэтапно. Исследования проводились методом компрессионного сжатия одомером на приборе КПр-1. Оценка компрессионных свойств производилась по модулю компрессионной деформации, рассчитанной в интервале давлений 0.1- 0.4 МПа. При этом подготовка образцов осуществлялась по методике, указанной в статье [2].

Для всех фракций определяются характерные значения влажности W : гигроскопическая влажность, влажность максимальной молекулярной влагоемкости, влажность капиллярной влагоемкости.

Результаты

Для сравнительного анализа были выбраны грубая (2-1 мм) и средняя (0.5-0.1 мм) фракции грунта. Морфология частиц этих фракций различается кардинально, поэтому разница в результатах будет более отчетлива.

В ходе эксперимента было установлено, что модуль деформации E находится в определенной зависимости с показателем плотности ρ_d , который в свою очередь тесно связан со влажностью.

Для грубой фракции 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%, и при давлениях 0,2-0.5 при гигроскопической влажности (0,25-0,3%). Графический материал по грубой фракции представлен в статье [2].

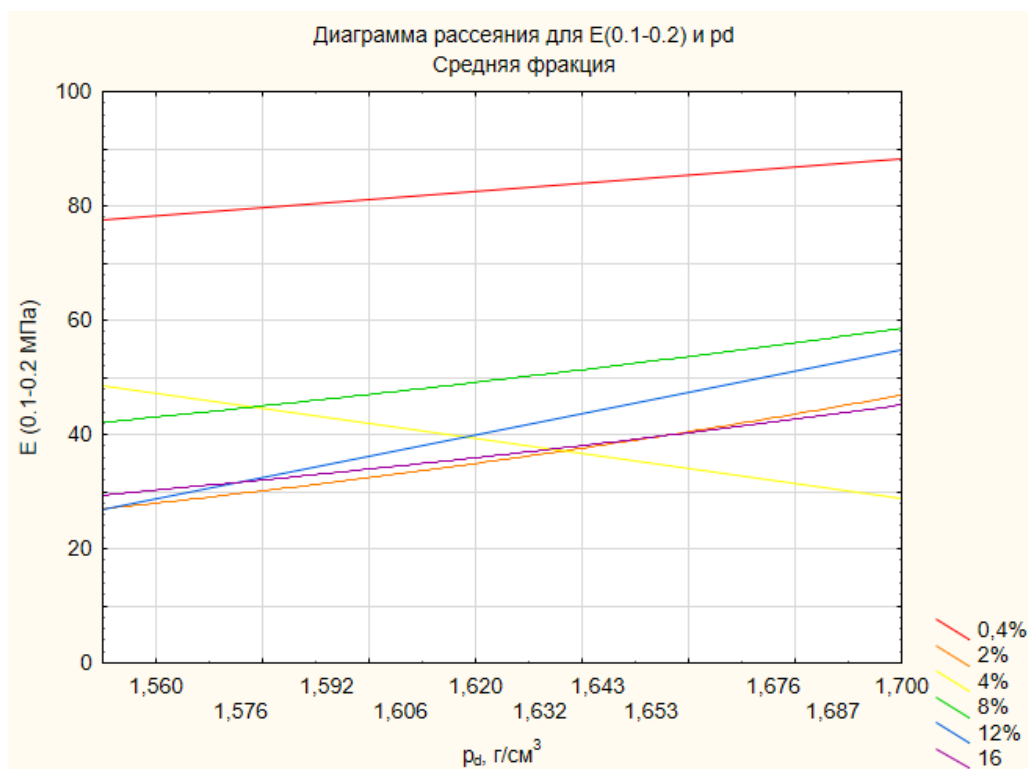


Рис. 1. Зависимость модуля деформации при давлении 0.1-0.2 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.55-1.7 г/см³

Что касается средней фракции, то на графиках отчетливо выявляется общий тренд: значения модуля деформации E при влажности 0,4%, т.е. гигроскопической влажности, выше, чем при остальных влажностях. На ступени давления (0.1-0.2 МПа) значения модуля деформации при гигроскопической влажности выше в два раза, чем при остальных влажностях. На следующих ступенях (0.2-0.3 МПа; 0.3-0.4 МПа) характер линии нисходящий, но также находится выше остальных.

На ступени давления (0.1-0.2 МПа) высокие значения при рыхлом и плотном сложении грунта проявляются для гигроскопической влажности, а низкие значения E у грунта рыхлого сложения при влажностях 2% и 16%, плотного сложения при влажности 4%, соответствующей влажности максимальной молекулярной влагоемкости.

На следующей ступени давления (0.2-0.3 МПа) при рыхлом сложении максимальные значения у влажности 0,4%, а при плотном сложении у влажностей 4 и 8%, минимальные значения наблюдаются для влажности 2%.

На заключительной ступени давления (0.3-0.4 МПа) для диапазона плотности сложения песка 1.54-1.675 г/см³ максимальные значения Е прослеживаются для гигроскопической влажности, а для диапазона плотности 1.675-1.72 г/см³ при влажности 2%. Наименьшие значения модуля общей деформации Е у влажности 16%.

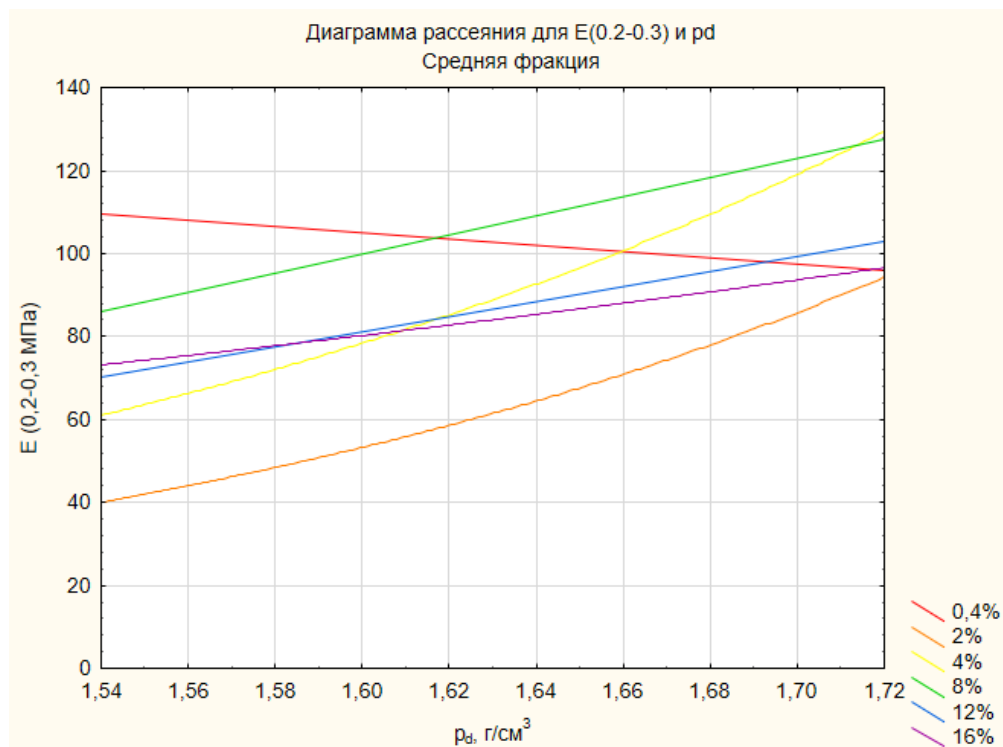


Рис. 2. Зависимость модуля деформации при давлении 0.2-0.3 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.54-1.72 г/см³

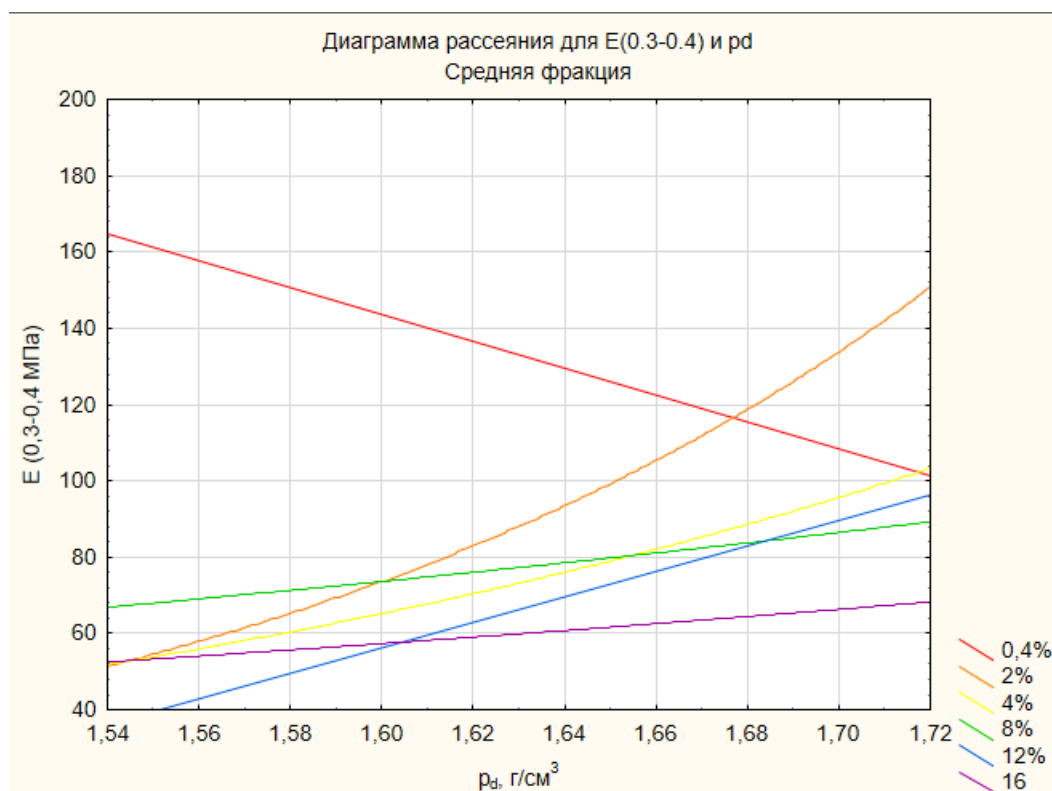


Рис. 3. Зависимость модуля деформации при давлении 0.3-0.4 МПа от влажности песчаного грунта для диапазона плотности сложения песка 1.54-1.72 г/см³

Вывод

Результаты эксперимента показали, что для грубой фракции песчаного грунта существует оптимальная влажность, а именно влажность 2-4%, соответствующая максимальной молекулярной влагоемкости, которая оказывает влияние на компрессионные свойства грунта. При данной влажности модуль деформации выше. Это может быть обусловлено тем, что добавление незначительного количества влаги формирует «цементирующее» действие и тем самым препятствует свободной переупаковке частиц при механических воздействиях. При дальнейшем увеличении влажности уплотняемого песка вода способствует перераспределению зерен грунта при механическом воздействии, выступая в роли смазки. Грунт уплотняется, модуль деформации уменьшается.

Данные по средней фракции позволяют сделать вывод о том, что при гигроскопической влажности грунт наименее уплотняем, поскольку модуль общей деформации высок. Частицы песка средней фракции зацепляются между собой, обеспечивая сопротивление грунта давлению. С последующим увлажнением, вода выполняет роль смазки, тем самым способствует свободной переупаковке частиц.

При этом стоит отметить, что на процесс переупаковки частиц одинакового размера существенным образом сказываются морфологические особенности, в пользу чего свидетельствуют данные о различиях в значениях максимальной молекулярной влагоёмкости и оптимальной влажности уплотнения по отдельным фракциям [1].

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.
2. М.М. Нагорнова, М.Ф. Леонович *Оценка совместного влияния влажности и плотности песчаного грунта на компрессионные свойства*
3. Bui, Q.-B., Morel, J.-C., Hans, S., & Walker, P. (2014). *Effect of moisture content on the mechanical characteristics of rammed earth.* *Construction and Building Materials*, 54, 163–169.

ФАКТОРЫ ПРИРОДНОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВБЛИЗИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА СЕВЕРЕ КРЫМА

Шеховцова Анастасия Витальевна

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», студент 3 курса, г. Санкт-Петербург
e-mail: feyanastya2009@yandex.ru*

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Леонтьева Екатерина Николаевна

Аннотация: работа посвящена проблеме загрязнения подземных вод в районе Перекопского перешейка за счёт интенсивного техногенного воздействия. Проанализированы факторы природной защищенности подземных вод и выявлены наиболее уязвимые к загрязнению участки.

Ключевые слова: Крымский полуостров, загрязнение подземных вод, дефицит пресной воды, техногенные водоемы, гидродинамические и гидрогеохимические условия.

FACTORS OF NATURAL PROTECTION OF GROUND WATER FROM POLLUTION NEAR THE LOCATION OF TECHNOGENIC RESERVOIRS IN THE NORTH OF THE CRIMEA

Anastasia Shekhovtsova

Saint Petersburg Mining University, 3rd year student, Saint Petersburg, e-mail: feyanastya2009@yandex.ru

Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Ekaterina Leonteva

Abstract: the work is devoted to the problem of ground water pollution in the area of the Perekop Isthmus due to intensive anthropogenic impact. The factors of natural protection of ground water are analyzed and the most vulnerable areas to pollution are identified.

Keywords: Crimea, pollution of ground water, deficit of fresh water, technogenic reservoirs, hydrodynamic and hydrogeochemical conditions.

После перекрытия в 2014 г. Северо-Крымского канала район Перекопского перешейка и северная часть Крымского полуострова испытывают серьезный дефицит пресной воды [3]. переброс воды с материка, опреснение морской воды и многие другие предлагаемые способы решения проблемы предполагают весьма серьезные затраты времени, финансов и энергии [5].

Ограниченность запасов пресных вод, необходимых не только для хозяйственно-питьевого водоснабжения, но и для функционирования стратегических предприятий, обуславливает необходимость рационального водопользования. В таких условиях проблема возможного загрязнения подземных вод за счёт интенсивной хозяйственной деятельности человека является особенно актуальной. В связи с этим целью данной работы является анализ естественных факторов защищенности подземных вод от негативного антропогенного воздействия.

Участок исследования расположен на Перекопском перешейке, между городами Армянск и Красноперекопск.

На данной территории размещено несколько крупных промышленных предприятий, деятельность которых предполагает не только потребление огромного количества пресной воды, но и вероятность загрязнения окружающей среды в целом, и подземных вод в частности. Наиболее опасным в этом отношении объектом является техногенный водоем - накопитель сточных вод, который используется для сброса промышленных и хозяйственно-бытовых стоков.

Накопитель создан путем строительства глухой земляной плотины, отделяющей часть оз. Сиваш. Водоём не имеет искусственной гидроизоляции, в ходе его эксплуатации на дне сформировались осадки, которые условно считаются защитным слоем. В геологическом строении ложа водоема принимают участие четвертичные отложения: илы мощностью до 7 м и суглинки мощностью до 5 м. Коэффициент фильтрации грунтов ложа 0,00001-0,0006 м/сут. Состав стоков не нормируется и зависит от объема выпускаемой предприятиями продукции, а также от состава хозяйственных стоков населенных пунктов, которые в последние годы сбрасываются без очистки.

На объекте ведется постоянный мониторинг окружающей среды. На основании данных многолетних режимных наблюдений за подземными водами был проведён анализ защищенности водоносных горизонтов от поверхностного загрязнения.

Климат на рассматриваемой территории приморско-степной. В летний сезон характерны засуха и жара, в осенне-зимний период наблюдается наибольшее количество осадков, однако в целом район находится в зоне недостаточного увлажнения [4], что определяет неблагоприятные условия для пополнения запасов подземных вод.

Гидрография района представлена концевыми участками рек и балками с периодическим стоком. На изучаемой территории насчитывается несколько крупных соленых озер, на многие из них оказано масштабное воздействие со стороны хозяйственной деятельности человека [6]. Таким образом, использование поверхностных вод в качестве источников водоснабжения не представляется возможным. Кроме того, источником восполнения подземных вод не может быть инфильтрация из соленых озер и техногенных водоемов.

Рельеф района равнинно-волнистый, абсолютные отметки поверхности земли изменяются от 0 до 30 м, наблюдается плавное повышение к югу [6]. Процесс дренирования осложнен небольшими уклонами и плохой расчлененностью в случае утечек сточных вод.

Район исследований в *геологическом* отношении приурочен к приосевой части Северо-Сивашского прогиба, образованного сочленением южного борта Причерноморской впадины и северного борта эпигерцинской Скифской плиты. Геологический разрез представлен метаморфизованными породами фундамента и отложениями осадочного чехла. Фундамент в пределах изучаемой территории не обнажается, а непосредственно на участке работ разрез изучен до глубины порядка 100 м, где вскрыты отложения от четвертичного возраста до мэотического региояруса верхнего миоцена.

Мощность осадочной толщи увеличивается в направлении с юга и севера к осевой части Северо-Сивашского прогиба, что обусловлено синклинальным залеганием пород.

Согласно ранее проведенным исследованиям, около половины территории работ находится в зонах влияния тектонических нарушений, прежде всего, основного северо-западного простирания, ширина которого достигает 5-8 км. Кроме того, это нарушение пересекается субширотными нарушениями [7].

В *гидрогеологическом* отношении территория приурочена к Северо-Сивашскому артезианскому бассейну второго порядка, который входит в Причерноморский артезианский бассейн первого порядка [4].

Многokrатное изменение режима осадконакопления на данной территории привело к тому, что в разрезе чехла сформировалось переслаивание водопроницаемых и водоупорных толщ. Регионально выдержанные водоупорные слои обеспечивают изолированность водоносных горизонтов и довольно чётко прослеживаемую гидродинамическую и гидрогеохимическую зональность [5].

Наибольший интерес с точки зрения использования в целях водоснабжения представляют водоносные горизонты и комплексы зоны активного водообмена:

- водоносный комплекс четвертичных отложений (Q),
- водоносный горизонт плиоценовых отложений (N_2),
- водоносный комплекс средне-верхнесармат-мэотис-понтических отложений ($N_{1S_{23}}-m-p$).

Воды четвертичных отложений приурочены к суглинкам, пескам, гравелитам, алевритам, залегающим в виде прослоев и линз среди плотных глин и имеющим непостоянную водообильность. Область питания совпадает с областью распространения, поскольку питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также поверхностных вод. разгрузка осуществляется путем испарения с зеркала грунтовых вод, фильтрацией в поверхностные водоемы, а также за счет нисходящего перетекания.

Для использования эти воды не пригодны поскольку имеют повышенную минерализацию, а также в районе исследований подвергаются загрязнению за счет гидравлической связи с поверхностными водоемами и водотоками. О загрязнении свидетельствуют результаты режимных

наблюдений за химическим составом подземных вод: практически повсеместно воды содержат такие компоненты, как хлориды, сульфаты, магний, натрий и повышенные концентрации ионов марганца, лития, стронция, хрома, кобальта, которые попадают из промышленных и бытовых стоков.

Уровни в водоносном комплексе устанавливаются на отметках от 0,3 до 3 м, глубина залегания зеркала грунтовых вод до 1,0 м

Водоносный горизонт средне-верхнеплиоценовых отложений также практически не эксплуатируется в районе работ, так как имеет непостоянную водообильность и характеризуется пестрым химическим составом воды с минерализацией до 50 г/дм³. Водовмещающими породами являются тонкозернистые глинистые пески, слабосцементированные песчаники в виде линз и прослоев в плотных глинах.

Подземные воды имеют гидравлическую связь с вышележащим четвертичным водоносным комплексом на участках, где отсутствуют разделяющие нижнечетвертичные водоупорные отложения. Кроме того, воды средне-верхнеплиоценовых отложений могут перетекать в нижележащий средне-верхнесармат-мэотис-понтических водоносный комплекс там, где отсутствует подстилающий водоупор.

Питание осуществляется в местах выхода водовмещающих пород на поверхность за пределами района работ, а также путем перетекания из четвертичного комплекса. Разгрузка осуществляется за счет водоотбора отдельными скважинами, фильтрацией в поверхностные водоемы, а также на отдельных участках путем нисходящего перетекания.

Напоры достигают 7,0-40 м, глубина залегания уровня на территории от 0,11-15,0 м от поверхности земли, на отметках до +1,2 м выше поверхности земли [7].

Несмотря на наличие перекрывающего водоупора и довольно высокие напоры, водоносный комплекс нельзя считать защищенным. По результатам режимных наблюдений, области распространения загрязненных вод в горизонте практически полностью совпадают с вышележащими в четвертичном комплексе [1,2].

Водоносный комплекс средне-верхнесармат-мэотис-понтических отложений приурочен к карбонатным отложениям понта, мэотиса и сармата, между которыми нет выдержанные водоупоров. Нижний региональный водоупор – ниже-среднесарматские глины мощностью до 80 м. Водообильность очень изменчива по площади распространения и по разрезу и зависит от пористости, трещиноватости и закарстованности водовмещающих известняков. Питаются подземные воды за пределами района работ в местах выхода водовмещающих пород на поверхность: в области Каховского водохранилища на севере и в предгорьях на юге. За счет такого расположения областей питания в районе исследования формируется зона, где два встречных потока подпирают друг друга и водообмен замедляется. Разгрузка осуществляется в направлении оз. Сиваш и Черного моря, а также за счет водоотбора, который в последние годы значительно возрос [4].

Воды напорные, уровни устанавливаются на отметках от 0,1 до 23,0 м. Напоры растут в северном направлении и достигают 68,0 м. Наиболее низкие отметки встречаются на севере и в центральной части участка и приурочены к местам расположения водозаборов хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, где за счет интенсивной эксплуатации в последние годы сформировались депрессионные воронки. Рост объема добываемой воды также привел к ухудшению ее качества - происходит постепенное повышение минерализации, что обусловлено специфическими гидрогеохимическими условиями [4,7].

Водоносный комплекс средне-верхнесармат-мэотис-понтических отложений является основным источником хозяйственно-питьевого и промышленно-технического водоснабжения в районе работ, поскольку содержит пресные воды и является наиболее водообильным [7].

В целом, литологический состав пород разреза, глубина залегания водовмещающих пород и высокие напоры водоносного комплекса позволяют сказать, что основной эксплуатируемый водоносный горизонт является защищенным от поверхностного загрязнения на большей части изучаемой территории. Наиболее опасными с точки зрения вероятности поверхностного загрязнения являются участки, где наблюдаются тектонические нарушения и при этом мощность перекрывающего напора мала. Таким участком можно считать район хозяйственно-питьевого водозабора, севернее Армянска в 2-2,5 км. Также отрицательным фактором является изменение естественного гидродинамического режима: за счет резко возросшего водоотбора в последние годы сформировались локальные депрессии, уровень комплекса оказался ниже, чем в вышележащих горизонтах и интенсивность нисходящего перетекания увеличилась. К таким участкам относятся хозяйственно-питьевой водозабор, находящийся в зоне тектонического нарушения, и водозабор технического водоснабжения, расположенный в зоне пересечения тектонических нарушений. Это

подтверждается результатами режимных наблюдений: превышение ПДК лития, марганца, кадмия, свинца и др. металлов отмечается в северной части Перекопского перешейка [1,2].

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Наличие крупного накопителя сточных вод оказывает наиболее значимое влияние на четвертичный водоносный комплекс и средне-верхнеплиоценовый водоносный горизонт, что объясняется инфильтрацией стоков и нисходящим перетеканием. Водоносный комплекс средне-верхнесармат-мэотис-понтических отложений подвергается поверхностному загрязнению в меньшей степени и локально.

Основными факторами, определяющими защищенность основного эксплуатируемого комплекса от загрязнения, являются гидродинамические условия (превышение уровней в нем над уровнями в вышележащих горизонтах), геологическое строение (наличие перекрывающего водоупора и синклинальное залегание водовмещающих пород и, как следствие, расположение областей питания вне района возможного загрязнения), литологический состав пород разреза и их мощность (миграция загрязняющих компонентов замедляется).

Стоит отметить, что несмотря на довольно позитивную ситуацию на данный момент, на территории исследований необходимо тщательно вести мониторинг окружающей среды в целом и подземных вод в частности. Учитывая значимость гидродинамических предпосылок загрязнения средне-верхнесармат-мэотис-понтического комплекса, следует уделять большое внимание колебаниям уровня подземных вод не только в нем, но и в вышележащих горизонтах.

Литература

1. Leonteva, E., Grebneva, A., Erzova, V. *The analysis of changing hydrodynamic conditions aiming to validate geo-migration model with insufficient benchmark data. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2019, 19(1.2). 523–530 c.*

2. Leonteva, E., Grebneva, A. *Intensive groundwater exploitation in the North of Crimea – Study of quality trends. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2018, 18(1.2). 401–408 c.*

3. Батанина Е.В. Дефицит пресной воды на полуострове Крым: проблемы и способы решения // *Эпоха науки*, 2016, 6. 1-2 с.

4. *Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым / ред. Е.В. Рипский, Е.А. Ришес, В.Г. Ткачук, Н.И. Толстихин. – М, Недра, 1971. – 364 с.*

5. Тарасова М.В. Водная блокада Крыма как инструмент геополитического влияния на Россию // *Научный вестник Крыма, Крым*, 2020, 6 (29). 1-9 с.

6. Тихоненков Ю.Э. *Эколого-гидрогеологические условия северной части Перекопского перешейка: дисс. ... канд. геол.-минер. наук: 04.00.06 / Ю.Э. Тихоненков. – М., 1999. – 200 с.*

7. Фиколина Л.А., Белецкий С.В, Белокрыс О.А. *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаб 1:1000000 Третьей поколение. Серия Скифская. Лист L-36 – Симферополь. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», ГУП РК «Крымгеология». – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. – 980 с.*

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЯСНОПОЛЯНСКОГО УЧАСТКА

Колотыгин Глеб Сергеевич

*Пермский государственный научный исследовательский университет, студент 4 курса,
г. Пермь*

e-mail:k.glebron9@mail.ru

Научный руководитель: старший преподаватель, Ерофеев Евгений Александрович

Аннотация: Целью данной работы является авторская переинтерпретация материалов геологоразведочных работ, заключающаяся в моделировании совместимости и оценке запасов технических подземных вод. Базовым материалом для статьи послужил отчет по геологическому изучению недр [3] и отчет по разведке участка технических подземных вод Яснополянского месторождения [2].

Ключевые слова: химическое равновесие, эксплуатационные запасы подземных вод.

ASSESSMENT RESERVES TECHNICAL UNDERGROUND WATER OF THE YASNOPOLYANSKY AREA

Gleb Kolotygin

*Perm State National Research University, 4th year student,
Perm*

e-mail:k.glebron9@mail.ru

Research Supervisor: Senior Lecturer, Yevgeny Erofeev

Abstract: The purpose of this work is the author's reinterpretation of the materials of geological exploration, which consists in modeling compatibility and assessing the reserves of technical underground water. The basic material for the article was a report on the geological study of the subsurface [3] and a report on the exploration of the area of technical underground waters of the Yasnopolyansk field [2].

Keywords: chemical equilibrium, operational reserves of underground water.

Яснополянское месторождение нефти, открытое в 2015 году, расположено в юго-западной части Оренбургской области. В ходе эксплуатации с 2016 года в пласте-коллекторе зафиксировано падение пластового давления на 56% с 53,7 Мпа до 23,6 Мпа, что, в свою очередь, обусловило падение дебитов нефтяных скважин. Для увеличения и поддержания коэффициента продуктивности и забойного давления добывающих скважин недропользователь принял решение дальнейшее освоение месторождения производить при помощи системы поддержания пластового давления. Возникла задача поиска и разведки кондиционного источника заводнения.

Изученный геологический разрез Яснополянского участка работ состоит из отложений триасового, юрского, неогенового и четвертичного возрастов. Опираясь на информацию о литологии водоносных комплексов, их водообильности, дебитах и на гидродинамические данные, полученные в ходе пробных откачек, технологическим проектом рекомендовано использовать в качестве агента заводнения подземные воды верхнеплиоценового (N_2^3) водоносного комплекса.

Плиоценовые отложения неогена выполняют эрозионную палеодолину р. Кинделя. Верхнеплиоценовые образования залегают на глубинах от 22,0 до 68,0 м, к ним приурочен верхнеплиоценовый водоносный комплекс, который представлен песками с галькой, глинами, прослоями алевритов и песчаников. Водовмещающими породами являются пески и гравийные отложения. Мощность комплекса, изученная по результатам бурения двух водозаборных скважин на

Яснополянском лицензионном участке, составляет 42 метра. Водообильность хорошая, водосодержащие породы малоглинистые, состав относительно однородный.

Для оценки соответствия подземных вод предполагаемого агента заводнения геологическим и технологическим требованиям Яснополянского месторождения нефти необходимо изучить качественные характеристики изучаемой геологической системы (пластовые рассолы месторождения нефти – агент заводнения) и количественные характеристики выбранного гидрогеологического объекта, то есть эксплуатационные запасы подземных вод верхнеплиоценового комплекса. Оценка качественных характеристик заключается в обосновании совместимости пресных подземных вод с пластовыми сильноминерализованными водами нефтяного месторождения. Расчёт совместимости смесей жидкости особенно актуален на поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ, поскольку на первых этапах изучения месторождения подземных вод должен быть получен ответ о правильности выбора целевого водоносного горизонта и решен вопрос о необходимости водоподготовки. Количественные характеристики водоносного горизонта необходимы для обоснования эксплуатационных запасов подземных вод, которые должны удовлетворять заявленную потребность в воде в объеме 600 м³/сутки (219,0 тыс. м³/год). Они также определяются расчётным путём после получения данных с помощью опытных одиночных и групповых откачек.

Моделирование совместимости пресных технических подземных вод верхнеплиоценового комплекса и пластовых вод нефтяного месторождения производится на основании расчётов склонности смесей к отложению наиболее распространенных соединений: гипса и карбоната кальция. Расчёты производятся согласно методикам [4] и [6].

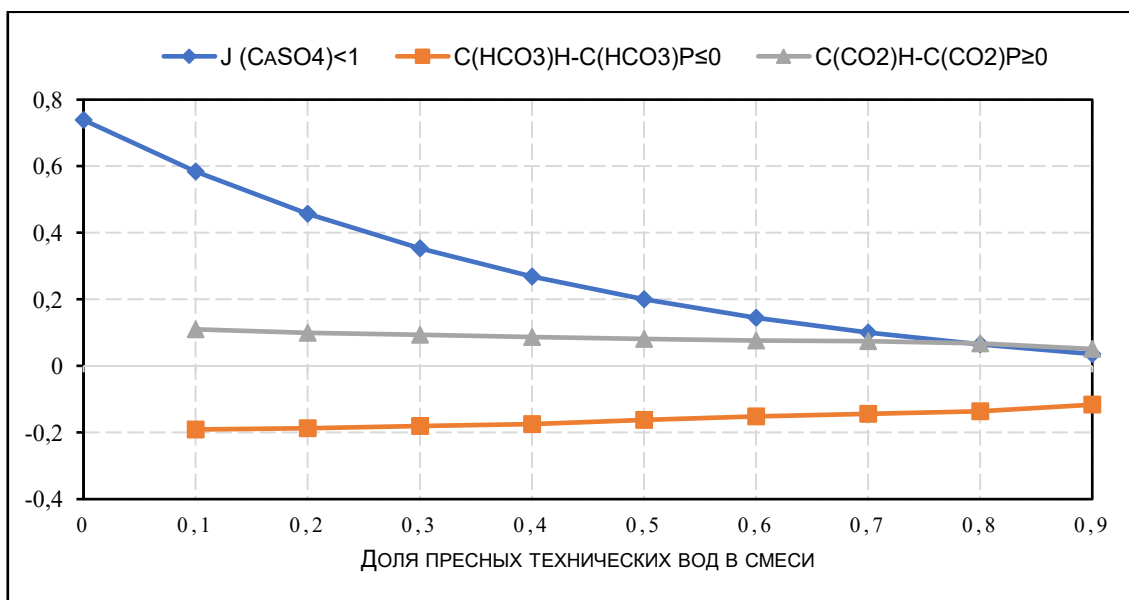


Рис. 1 Условия совместимости смесей вод в различных пропорциях

Отсутствие отложений гипса оценивается по коэффициенту пересыщения $J(CaSO_4)$, который должен быть меньше единицы. Карбонатная стабильность смеси вод определяется двумя условиями: 1) начальная концентрация бикарбонатов в смеси не должна превышать их равновесной концентрации $[HCO_3]_н - [HCO_3]_р \leq 0$ и 2) начальная (как и в прошлом случае, имеется ввиду фактическая) концентрация свободной углекислоты не должна быть меньше ее равновесной концентрации $[CO_2]_н - [CO_2]_р \geq 0$. Согласно расчётам (рисунок 1) все три условия соблюдаются. Полученные данные позволяют перейти к подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод.

В соответствии с действующими законодательными актами Российской Федерации [7] добыча подземных вод объемом более 100 м³ в сутки допускается исключительно после оценки их эксплуатационных запасов, которые должны пройти государственную геологическую экспертизу. Поэтому количественная оценка подземных вод Яснополянского месторождения (оценка эксплуатационных запасов) является обязательным условием для их использования как полезного ископаемого.

Выяснено, что возможное влияние водозабора не достигает естественных границ водоносного пласта, соответственно последний является неограниченным. Оценка эксплуатационных запасов

подземных вод производится гидродинамическим методом, с предварительным определением гидрогеологических параметров по графикам временного прослеживания восстановлений уровней в ходе опытных откачек. На конечный срок разработки (25 лет) величина снижения уровня в эксплуатируемом водоносном горизонте не должна превышать значения максимального допустимого понижения, которое для напорных пластов обычно не превышает величины напора [5]. Для скважин Яснополянского месторождения допустимые понижения составляют 37,8 м (скважина №1) и 36,2 м (скважина №41).

По графикам временного прослеживания восстановлений уровней в данных скважинах (рисунок 2) были найдены угловые коэффициенты C : 1,3023 и 1,5619; графоаналитическим методом - по формуле (1), где Q – дебит каждой скважины, были рассчитаны водопродимости (T). С помощью них по формуле (2), где m – мощность пласта определены коэффициенты фильтрации, затем, используя полученные данные, по формуле Тейса-Джейкоба для группового водозабора [1] определены расчетные понижения уровней, которые составили 12,6 м (скважина №1) и 14,7 м (скважина №41). Таким образом, на конечный срок эксплуатации расчетные понижения не превышают допустимых, запасы подземных вод удовлетворяют запросы недропользователя.

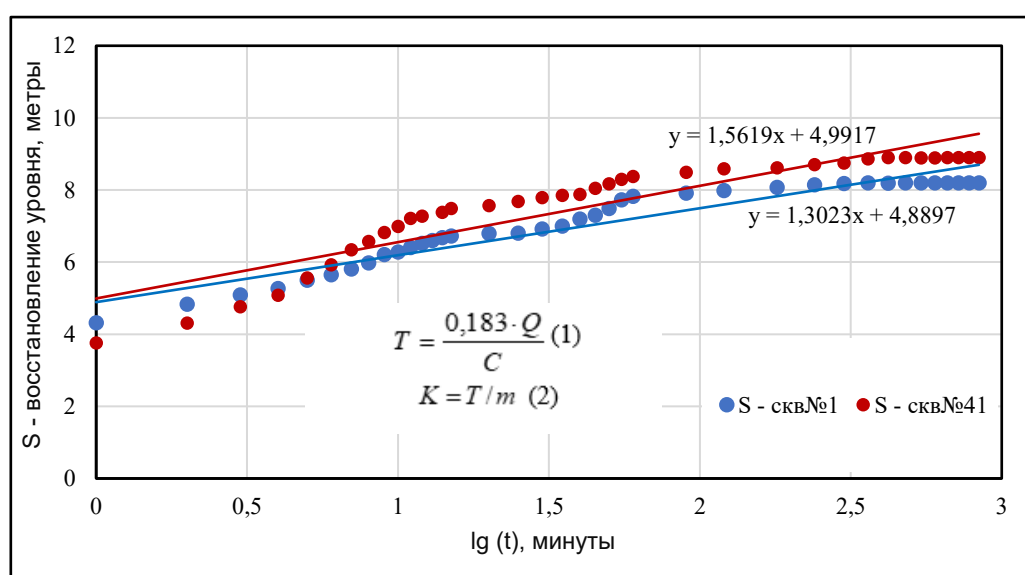


Рис. 2 Графики временного прослеживания восстановлений уровней в скважинах №1 и №41; $S=f(\lg t)$ [3]

Заключение. Опираясь на данные отчётов геологического изучения недр участка и имеющиеся гидрогеологические данные, были получены альтернативные результаты оценки запасов пресных технических подземных вод верхнеплиоценового водоносного комплекса Яснополянского месторождения Оренбургской области. На основании полученных расчётов химической совместимости смесей подземных вод в различных пропорциях можно прийти к выводу об отсутствии тенденции к выпадению твердых осадков сульфата кальция и карбоната кальция. Однако, следует иметь в виду, что не были учтены термобарические условия в пласте-коллекторе, его литология, влияние технологических жидкостей и поверхностей теплообмена в нефтепромысловом оборудовании, а также расчётное время заводнения.

Путём опытно-фильтрационных работ произведена оценка эксплуатационной возможности скважин с нагрузками, обеспечивающими получение суммарного водоотбора в объеме заявленной потребности. Эксплуатационные запасы подземных соответствуют требуемым критериям.

Исходя из вышеизложенного, недропользователю кроме мониторинга режима эксплуатации месторождения технических вод, который заключается в систематических наблюдениях за дебитом, понижениями уровней подземных вод, их качеством рекомендован также контроль за составом нефтепродуктов, содержанием взвешенных веществ.

Литература

1. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1979.

2. Бурковская А.В. и др. Разведка Яснополянского-1 участка технических подземных вод, используемых для технологического обеспечения водой объектов Яснополянского нефтяного месторождения в пределах Яснополянского лицензионного участка (подсчет запасов на 03.03.2020). Пермь, 2020.

3. Медведева Л.А. и др. Отчет геологического изучения недр с целью организации добычи подземных вод для обеспечения водой объектов Яснополянского месторождения. Оренбург, 2018.

4. Панов, В.А. Оценка склонности пластовых вод к отложению гипса в нефтепромысловом оборудовании / В.А. Панов, А.А. Емков, Г.Н. Позднышев // Нефтяное хозяйство. - 1980 г. - №2. - С. 39-40.

5. Оценка ресурсов и запасов подземных вод: учеб. пособие / сост. Н.М. Рассказов, М.Б. Букаты. – 1 компьютерный файл (pdf; 442 KB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.

6. РД 39-30-1214-84. Методика определения карбонатной совместимости вод нефтяных месторождений Волго-Уральского района (для условий сбора, подготовки и утилизации промысловых вод). - 1984. - 36 с.

7. Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 08.12.2020) "О недрах".

Научное издание

Геология в развивающемся мире

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

Издается в авторской редакции
Компьютерная верстка: *И. С. Зорин*

Объем данных 26,3 Мб
Подписано к использованию 14.09.2021

Размещено в открытом доступе
на сайте 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