

ПЕРМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

«ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА ЗЕМНОГО ШАРА – 180 ЛЕТ»

(90-ЛЕТИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА
ПОСВЯЩАЕТСЯ)

Сборник научных статей



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

«ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА ЗЕМНОГО ШАРА – 180 ЛЕТ»

(90-летию геологического факультета посвящается)



Сборник научных статей

Под общей редакцией П. А. Красильникова



Пермь 2022

УДК 550.8+622
ББК 26.3
П275

Пермская система земного шара – 180 лет [Электронный ресурс] : сборник научных статей / под общ. ред. П. А. Красильникова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2022. – 15,4 Мб ; 188 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/permskaya-sistema-zemnogo-shara-180-let.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3780-5

Сборник содержит научные статьи по докладам международной научно-практической конференции, состоявшейся 19–21 октября 2021 г. на геологическом факультете Пермского госуниверситета в рамках международного научного форума **«НАУКА И ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ XXI ВЕКА»**. Рассмотрены общие вопросы геологии, проблемы минералогии, литологии, месторождений твёрдых полезных ископаемых, нефти и газа, а также вопросы геофизических методов исследования недр, гидрогеологии, карстоведения, инженерной геологии, экологической геологии.

Для геологов широкого профиля, нефтяников, геофизиков и других специалистов по исследованию недр Земли, добыче полезных ископаемых, экономистов, а также студентов геологических направлений и специальностей вузов.

Издание посвящается 90-летию геологического факультета.

УДК 550. 8+622
ББК 26. 3

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

д. г.-м. н. П. А. Красильников (гл. редактор), д. г.-м. н. Р. Г. Ибламинов,
д. г.-м. н. Т. В. Карасёва, д. г.-м. н. В. Н. Катаев, д. т. н. В. И. Костицын,
д. г.-м. н. О. Б. Наумова, д. г.-м. н. В. В. Середин

ISBN 978-5-7944-3780-5

© ПГНИУ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Научные направления кафедры минералогии и петрографии пермского госуниверситета <i>Р. Г. Ибламинов</i> | 4 |
| 70 лет кафедре поисков и разведки полезных ископаемых <i>О. Б. Наумова, В. А. Наумов</i> | 25 |
| Пермская школа гидрогеологов и современные вопросы гидрогеологии <i>А. Я. Гаев, В. Н. Катаев</i> | 39 |
| Распространение пород пермской системы в Пермском крае <i>К. О. Худеньких</i> | 50 |
| Количественные и качественные признаки в палеонтологическом описании фенестеллид: форма прутьев сетчатой колонии (bryozoa) <i>В. П. Ожгибесов</i> | 59 |
| Минерагеодинамика пермской системы Пермского края <i>Р. Г. Ибламинов</i> | 64 |
| Неотектоническое строение приуральского сегмента в границах главного Пермского поля <i>И. С. Копылов</i> | 78 |
| Обобщенная физико-химическая модель поведения АУ в техногенно-минеральных образованиях месторождений золото-сульфидного типа <i>А. Ш. Хусаинова</i> | 88 |
| Структурно-тектонические особенности субширотного участка долины р. Койва <i>С. Б. Коврижных, В. А. Наумов</i> | 94 |
| Геологическое строение силурийского коллектора алмазов в Южном Прикамье (Пермский край) <i>Ю. Г. Пактовский</i> | 101 |
| Гипотезы об энергиях земли и их проявлениях в природе <i>М. В. Rogozin, В. В. Михалев</i> | 111 |
| Ноосферная инженерная геология и катастрофология пермского периода <i>Ш. Э. Усупаев</i> | 123 |
| Геология и нефтегазоносность Нижне-Сергинской зоны надвигов <i>В. П. Красильников, Т. В. Карасева</i> | 138 |
| Пермские отложения Гвинейского нефтегазоносного бассейна <i>Г. Б. Болотов</i> | 144 |
| Объект инженерно-экологических изысканий территория или геосистема <i>В. П. Тихонов, Т. И. Караваева</i> | 148 |
| Причины нефтяного загрязнения подземной гидросферы в Пермском Прикамье <i>Кишин Ю. А., Минькевич И. И.</i> | 154 |
| Условия развития карста в пермских отложениях на побережье озера Яльчик (республика Марий Эл) <i>Е. В. Дробинина, И. В. Минина, Л. А. Коромылова, Д. Р. Золотарев</i> | 160 |
| Карстопоявления берега Камского водохранилища района д. Кривое Добрянского района <i>В. Н. Брюхов, Т. Г. Ковалёва</i> | 175 |
| Техногенная активизация карста на магистральных газопроводах в Пермском крае <i>Ю. А. Кишин, И. И. Минькевич</i> | 181 |

**НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КАФЕДРЫ МИНЕРАЛОГИИ
И ПЕТРОГРАФИИ ПЕРМСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА**
(к 105-летию со дня основания и к 90-летию геологического факультета)

Вместе с рождением университета в 1916 г. появилась кафедра минералогии и геологии на естественном отделении физико-математического факультета. На 105-м году своего существования геолого-минералогическое образование в современном виде представлено кафедрой минералогии и петрографии, в истории которой намечается 5 этапов: зарождения, дифференциации и становления, интеграции наук, новый социалистический и новейший перестроечно-капиталистический. Кафедра и возникшие на её базе лаборатории вышли на мировую ступень исследования геологического вещества от макро- до наноуровня его строения.

Ключевые слова: Пермский госуниверситет, кафедра минералогии и петрографии, 105 лет существования.

R. G. Iblaminov
Perm State University, riaminov@psu. ru

**SCIENTIFIC DIRECTIONS on the MINERALOGICAL AND PETRO-
GRAPHICAL CHAIR of the PERM STATE UNIVERSITY**
(to the 105 anniversary and 90 ease of Geological faculty)

Together with the birth of the university in 1916, the Department of Mineralogy and Geology appeared at the natural Department of the Faculty of Physics and Mathematics. In the 105th year of its existence, geological and mineralogical education in its modern form is represented by the Department of Mineralogy and Petrography, in the history of which 5 stages are planned: the origin, differentiation and formation, integration of sciences, the new socialist and the latest perestroika-capitalist. The department and the laboratories that emerged on its basis have reached the world stage of the study of geological matter from the macro to the nanoscale of its structure.

Keywords: Perm State University, Department of Mineralogy and Petrography, 105 years of existence

Зарождение кафедры минералогии и петрографии (1916 – 1930)

Зарождение кафедры связано с организацией на естественном отделении физико-математического факультета Пермского отделения Петроградского университета в октябре 1916 г. *кафедры минералогии и геологии*. Её возглавил магистр минералогии и геогнозии, статский советник, профессор *Б. К. Поленов*. После выделения из неё минералогической части в самостоятельную кафедру её заведующим стал приват-доцент *А. А. Полканов* – будущий академик АН СССР, лауреат Ленинской премии. После периода революции, гражданской войны, реэвакуации сотрудников университета в 1921 г. в университете на физико-математическом факультете существовало геологическое отделение

(Пермский ..., 1966, с. 34). После отъезда А. А. Полканова. С 1921 г. до своей смерти в 1923 г. кафедрой руководил Б. К. Поленов (Ибламинов и др., 2016).

Летом 1922 т. университет претерпел существенные преобразования. По указанию Министерства на базе физмата открывается педагогический факультет, в составе которого присутствовала и геолого-географическая комиссия. В конце 1923 г. Пермская губерния была упразднена.

С 1923 до 1925 г. кафедрой минералогии заведовал *П. И. Преображенский* – первооткрыватель Верхнекамского месторождения солей и Волго-Уральского нефтяного бассейна. В 1926 – 1928 гг. кафедрой руководил доцент И. Г. Артемьев, а после его смерти до 1929 г. – ассистент Л. А. Минюхина.



В. К. Воскресенский

Возрождение кафедры минералогии началось в 1929 г. благодаря приглашению на работу в Пермь доцента Саратовского университета, химика по образованию, **Владимира Константиновича Воскресенского** (1894–1968). В 1929 г. ученым советом Пермского университета он был утвержден в должности доцента и избран по конкурсу заведующим кафедрой минералогии, которую возглавлял в течение 25 лет (с 1929 по 1954 г.). В. К. Воскресенским летом 1930 г. была организована учебно-показательная экспедиция в Ильменский минералогический заповедник, сборы которой дополнили музейные и учебные коллекции.

Разделение университета на самостоятельные институты в 1930 г. (сельскохозяйственный, медицинский, педагогический) с передачей кадров, оборудования и библиотек привело к кризису университетского образования. Однако благодаря постановлению Совнаркома РСФСР университет был восстановлен. В 1931 г. существовало 5 отделений, в том числе геологическое. Чёткого разделения между университетом и пединститутом не существовало. Был единый директор. И геологическое отделение первоначально возникло по инициативе В. К. Воскресенского в Пединституте. Только в 1933 г. оно административно вернулось в состав университета.



А. Д. Архангельский

Главную роль в открытии в 1931 г. геологического отделения сыграло представление академика *А. Д. Архангельского* (1879–1940) о необходимости его организации в ПГУ. Он был членом коллегии Наркомпроса РСФСР, специалистом по нефтяным месторождениям, за изучение которых ему в 1928 г. была присуждена премия им. В. И. Ленина (Гордеев, 1981). Он приезжал в Пермь и в своем заключении основывался не только на проверке состояния геологических кафедр, существовавших с 1916 г., но и на работах учёных химического факультета, посвящённых изучению нефтей и подземных йодо-бромных вод, а также на

перспективах развития геологической отрасли на востоке Европейской России в связи с открытием нефтяных месторождений Второго Баку и уникального Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей (Софроницкий, Ибламинов, 1981).

Доцент В. К. Воскресенский в 1931 г. был назначен на должность заведующего геологическим отделением, а затем декана геологического факультета университета, в которой проработал до 1935 г. На его плечи легла обязанность по организации деятельности факультета, подбору кадров и обучению студентов. Подготовку студентов планировалось вести по двум специальностям: *«Геология»* и *«Геохимия»*.

Разделение и становление минералого-геохимических кафедр (1931–1941)

Подводя итоги первого десятилетия официального существования геологического факультета, следует отметить, что оно прошло под знаменем становления нового не только для Пермского университета, но и для СССР и мировой науки в целом геохимического высшего образования. Геохимия как наука только зарождалась. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в 1921 г. на химическом факультете Петроградского политехнического института организует геохимическое отделение, куда поступает учиться в 1922 г. студент из Пермского университета Н. А. Игнатьев – будущий заведующий кафедрой геохимии в ПГУ. Появление геохимической специальности в Пермском университете, в свою очередь, привело к необходимости создания на базе кафедры минералогии ещё трех кафедр с привлечением нового поколения молодых ученых – выпускников зарождающихся советских вузов, будущих ведущих ученых-геохимиков. Благодаря чтению лекций по геохимии в Пермском университете появились первые в СССР учебники А. А. Саукова и Б. А. Гаврусевича.

В 1937 г. в Пермском университете была осуществлена беспрецедентная акция. Здесь был издан перевод на русский язык трёх докладов одного из основоположников геохимии В. М. Гольдшмидта, сделанных им 2 и 3 февраля 1934 г. в Стокгольме. Перевод лекций с немецкого языка был выполнен А. А. Сауковым. В предисловии к изданию зав. кафедрой геохимии ПГУ доцент Н. А. Игнатьев приводит ответ В. М. Гольдшмидта на просьбу о разрешении перевода: «На Ваш любезный запрос относительно перевода моих “Трёх докладов” на русский язык я охотно соглашаюсь и буду рад, что Вы опубликуете статью..., так как в научном отношении я очень ценю своих коллег в Вашей стране» (Гольдшмидт, 1937).

Через 78 лет в августе 2015 г. молодые сотрудники кафедры минералогии и петрографии продолжили Гольдшмидтовскую линию участием в посвященной ему конференции в Праге.

Студентка одного из первых выпусков геологического отделения Е. А. Москалева вспоминает, что учащимся преподавались такие курсы, как «Кристаллография» и «Минералогия» – доц. В. К. Воскресенским и асс. Т. А. Мазуром, «Палеонтология» – доц. Е. В. Пермяковой, «Динамическая геология» – проф. Г. А. Максимовичем, «Кристаллооптика» – доц. Р. Н. Кирьяновым, «Петрография изверженных пород» – доц. В. А. Токаревым, «Петрография осадочных пород» проф. Г. А. Максимовичем, «Петрографические провинции» – проф. А. В. Власенко, «Геохимия» – доц. Н. А. Игнатьевым.

Специфику обучения геохимиков характеризует Л. И. Горбунова – выпускница кафедры геохимии 1937 г., впоследствии кандидат геолого-минералогических наук, директор КФ ВНИГНИ (г. Пермь). По её воспоминаниям, наряду с вышеназванными дисциплинами геохимии изучали общую и аналитическую химию, получали навыки самостоятельного выполнения силикатных анализов горных пород и других природных веществ.

Студенты, и в их числе Л. И. Горбунова, участвовали в подготовке и проведении XVII сессии Международного геологического конгресса 1937 г. Они помогали гостям осматривать и документировать специально подготовленные обнажения в г. Перми и по берегам р. Камы во время геологической экскурсии на пароходе от г. Перми до г. Сарапула.

Подготовка к конгрессу началась ещё в 1934 г. с создания оргкомитета в Москве. Руководителем Пермской экскурсии был назначен член-корреспондент АН СССР Д. В. Наливкин. Организацией Камской части Пермской экскурсии занималась комиссия во главе с ректором Пермского университета Г. К. Русаковым, заместителем которого был декан геологического факультета Г. А. Максимович. В 1936 г. он организовал из числа сотрудников и студентов факультета комплексную геологическую экспедицию для изучения верхнепермских отложений Пермско-Сарапульского района. В состав экспедиции вошли *минералогический и геохимический отряды*. Один из организаторов конгресса проф. Н. М. Федоровский в письме к Г. А. Максимовичу поддержал предложенную факультетом тему «Минералогия пермских отложений» (Максимович и др., 2004, с. 35).

Активное участие в подготовке и проведении экскурсии Международного геологического конгресса принимали кафедры *минералогии, геохимии и петрографии*. Н. А. Игнатьев был членом университетской и городской комиссий по подготовке конгресса.

В июле 1937 г. группа делегатов конгресса из 20 иностранных (из США, Франции, Германии, Индии) и 19 советских ученых прибыла в Пермь. Особое восхищение гостей вызвало посещение минералогического музея, коллекция которого собиралась с 1916 г. Каждому участнику конгресса вручался специальный выпуск «Ученых записок Пермского университета».

Кафедра геохимии приняла участие ещё и в Северной экскурсии Международного конгресса. В путеводителе Карельской части экскурсии были использованы материалы полевых исследований Н. А. Игнатьева.

Большой комплект «Учёных записок» был издан к 20-летию юбилею университета в 1936 г. Обращает на себя внимание стремление к двуязычному оформлению текстов. Интересен адрес редакции тех лет: *Пермь, Заимка, университет*. В сборниках представлены статьи, посвященные изучению осадочных пород Пермского региона. Так, зав кафедрой петрографии В. А. Токарев вместе со студентом А. И. Симоновым и при участии студента В. Г. Корякина описывают террасы Камы, литологию осадков и приводят детальную гранулометрическую, химическую и минералогическую характеристику камских песков близ г. Перми. Указывают на использование имевшегося на кафедре поляризационного цейсовского микроскопа, приводят описания 26 минералов, мик-

рофотографии шлиховых минералов, результаты силикатного анализа 31 пробы. Авторы применяют методику гранулометрического анализа, близкую к современной, в т. ч. метод Собанина. Даются практические рекомендации по использованию песков и приводится подсчет их запасов (Токарев, Симонов, 1936).

В 3-м выпуске II тома «Ученых записок» помещена статья Н. А. Игнатьева об уникальной меланократовой дайковой лампрофировой породе – керсантите из Донбасса. Приведено макро- и микроописание породы с количественным минералогическим и силикатным химическим анализом. Сделаны выводы о её генезисе. Аналогичные породы были выявлены и описаны учеником Н. А. Игнатьева Ю. В. Шуруборм в 1960-х гг. в Вишерском алмазоносном районе.

С 1940 по 1957 г. университет именовался Молотовским.

В 1940 г. был опубликован 3-й выпуск III тома «Ученых записок». В нем содержатся две статьи сотрудников кафедры минералогии (В. К. Воскресенского и Т. А. Мазура), посвященные медистым песчаникам. Отмечается присутствие в песчаниках минерала ванадия – фольбортита – и указывается на связь оруденения с углистыми остатками.

Важное значение придавалось студенческой научной работе, результатам которой полностью посвящен 4-й выпуск II тома объемом 344 страницы. В нем кафедра геохимии представлена статьёй студента В. В. Александрова о волконскоите Частинского района. Приводятся описания месторождений, характеризуются физические свойства минерала, обсуждаются данные рентгеноструктурного анализа, усовершенствованного автором химического анализа, который позволил вычислить его общую формулу. Автор впервые исследовал волконскоит с помощью термического анализа, который он также усовершенствовал, применив стрелочный гальванометр.

Студент кафедры петрографии М. Н. Курзанов описал диабазы горы Шиш на 145 км Горнозаводской линии. Рассмотрены данные количественного минералогического анализа (микроскоп Winkel-Zeiss), результаты определений размеров кристаллов, показателей преломления, законов двойникования плагиоклазов. Учебная и научная работа на геологическом факультете велась на фоне постоянных структурных изменений. В 1933 г. создаются новые кафедры, Наряду с существующей с 1916 г. кафедрой минералогии и на её базе в 1934 г. создаётся кафедра петрографии, в 1936 г. – кафедра геохимии, в 1941 г. – кафедра полезных ископаемых. В 1936 г. факультет из геологического преобразуется в *геолого-почвенный*.

С 3 октября 1938 г. Пермь из районного центра снова становится областным. Университет занимает подобающее его статусу положение. В этом же году в Пермский университет на геолого-почвенный факультет переводятся геологические факультеты Свердловского и Минского университетов. Факультет стал называться *геолого-географическим*.

Военный и послевоенный период. Восстановление и интеграция минералого-геохимических кафедр (1941–1954)

Великая Отечественная война прервала намечавшийся расцвет геолого-географического факультета и минералого-геохимического образования и науки в Пермском университете. Основные помещения и общежитие университета занял Наркомат угольной промышленности. Многие студенты и сотрудники были призваны в армию. В их числе доцент Н. А. Игнатьев, доцент В. В. Александров, ассистент М. Г. Корякин, студент Н. П. Старков и многие другие.

По приказу Наркомата просвещения РСФСР с июля 1941 г. университет был переведен на трехлетнее обучение студентов, учебные занятия начались 1 августа. Для студентов четвертого курса был организован комплексный экзамен по специальности, после чего выдавался диплом. Если в 1941 г. геолого-географическим факультетом был выпущен 31 специалист, то в 1945 – только 7.

С 1 октября 1941 г. студенткой геолого-географического факультета Молотовского госуниверситета стала Л. А. Гринцевич (Попугаева) (1923–1977) – будущая первооткрывательница первого в СССР коренного месторождения алмазов Зарница.

В 1942 г. кафедра геохимии была расформирована. Подготовка геохимиков была возложена на кафедры минералогии, петрографии и полезных ископаемых.

Кафедрой минералогии под руководством доцента В. К. Воскресенского при активном участии ассистентов М. С. Точилина и Н. П. Шомысова были организованы экспедиции для исследования медистых песчаников, огнеупорных глин, карбонатных пород, природных минеральных пигментов и других полезных ископаемых.



В 1941–1942 гг. возглавлять кафедру петрографии было поручено ученику Н. А. Игнатьева и. о. доцента **В. В. Александрову**. В 1942 г. он был призван в ряды Красной Армии. Дальнейшая судьба его неизвестна.

В 1943 г. кафедру петрографии возглавил ученый с мировым именем, видный минералог, один из основателей геохимии, космохимии, метеоритики, снеговедения и новой науки – палеогидрогеологии профессор, доктор геолого-минералогических наук П. Н. Чирвинский (1880–1955). где проработал до 22 апреля 1953 г. Он читал курсы «Петрография кристаллических и осадочных пород», «Петрография СССР» и «История петрографии». Оригинальные лекции сопровождалась демонстрацией геологических образцов, собранных в разных районах мира. Под его началом работал петрографический кружок, где студенты выступали с докладами по вопросам кристаллооптики, минералогии, петрографии, литологии, современного вулканизма, метеоритики. В 1945 г. судимость с П. Н. Чирвинского была снята, что позволило академику А. Е. Ферсману представить его к избранию действительным членом АН СССР. За время пребывания в университете П. Н. Чирвинский опубликовал 83 научные статьи и монографию «Средний химический состав главных минералов изверженных и метаморфических пород» (1953).

Кафедрой полезных ископаемых заведовал доцент Ю. М. Абрамович. Он принимал активное участие в донорском движении. За это был награжден нагрудным знаком «Почетный донор СССР». Прочел более 400 публичных лекций для населения, в том числе для солдат, уезжающих на фронт.

В трудные годы войны благодаря заботе старшего лаборанта А. Д. Игнатьевой была сохранена вся материальная база кафедр.

В послевоенные 1946–1954 гг. продолжалась подготовка специалистов-геохимиков. Возвращаются из армии доцент Н. А. Игнатьев, студент Н. П. Старков. 1 сентября 1946 г. демобилизуется и поступает учиться Н. П. Чирвинский. Положение университета было тяжелым. Ощущалась острая нехватка преподавателей, учебных площадей. С сентября 1946 г., вернувшийся в университет доцент Н. А. Игнатьев становится деканом геолого-географического факультета и занимает эту должность вплоть до назначения в 1951 г. проректором университета по учебной работе. Будучи проректором, он не только организовывал учебный процесс в университете, но и формировал преподавательский состав. Именно в это время в университете появляются такие крупные ученые, как И. Г. Шапошников, О. Н. Бадер, Л. Е. Кертман и др.

В послевоенные годы сотрудниками кафедр изучаются хромовые руды Сарановского месторождения, железные руды Бисерского и Пашийского районов, титано-цирконовые палеороссыпи Вишерского района, месторождения кирпичных и огнеупорных глин, аллювиальные отложения в районах строительства Камской и Воткинской ГЭС. С 1948 по 1955 гг. под руководством Н. А. Игнатьева продолжала выполняться начатая ещё в предвоенные годы большая работа по изучению уникального минерала Пермского края – волконскоита.

В 1948 г. окончил обучение и поступил на должность ассистента кафедры петрографии Н. П. Старков (1919–1979). Под его руководством, начиная с 1947 г., на востоке Пермской области проводилось планомерное изучение горных пород в бассейне р. Вишеры на Северном Урале.

В 1948 г. был издан 4-й выпуск IV тома «Ученых записок Пермского университета». В нем кафедра петрографии была представлена двумя статьями П. Н. Чирвинского и статьёй Н. А. Игнатьева. Одна статья П. Н. Чирвинского посвящена физико-механическим свойствам солевых пород Первого соликамского рудника, в ней даны рекомендации по изменению размера целиков при добыче солей. Во второй статье рассматриваются ионные и атомные константы псевдоэлементов, связанные с применением закона Авогадро для магматических пород и метеоритов. В статье Н. А. Игнатьева «Геолого-петрографический очерк окрестностей Пулонгских озер в Карело-Финской ССР» посредством описания метаморфических и магматических (от ультраосновных до кислых) пород характеризуется геологическая история формирования региона.

Кафедра минералогии в этом издании представлена статьей В. К. Воскресенского и Т. А. Мазура об инженерно-геологических условиях поймы р. Камы у г. Молотова. Другая статья В. К. Воскресенского, А. М. Кузнецова и И. В. Трифонова посвящена минералогическому и химическому исследованию глин Добрянского района. Ю. М. Абрамович обосновал в своей статье необходи-

мость изучения геохимии и минералогии редких элементов, в т. ч. радиоактивных.

С 1 октября 1949 г. начал работу *технический факультет* с горным отделением, где преподавались геологические дисциплины, а выпускники получали квалификацию «Горный инженер-геолог».

Результаты исследований были опубликованы в VII томе «Ученых записок» (1952 г.). В нем помещены две статьи Н. А. Игнатьева о медноколчеданных месторождениях западного склона Урала в районе Нязепетровска и вмещающих их спилитах. На основе минераграфического исследования руд из подземных горных выработок и скважин приводится детальная характеристика первичных руд и руд зоны окисления и вторичного обогащения, описываются их текстуры и структуры, химический состав и генезис. Анализируя петрографию и химизм спилитов, автор приходит к выводам, отвечающим современным представлениям о подводноморских условиях их образования из натровой магмы. П. Н. Чирвинский в своей статье проводит аналогию между миграцией нефти и рудоносных растворов. В. К. Воскресенский в соавторстве с В. А. Ведерниковым продолжают описание сложных для изучения глинистых минералов, в данном случае нонтронита из кварцевой жилы окрестностей г. Свердловска.

В том же 1952 г. в журнале «Записки Всесоюзного минералогического общества» печатается статья Г. И. Енцова, Н. А. Игнатьева и Н. П. Старкова «К геолого-петрографической характеристике волконскоитовых месторождений Прикамья», а в «Трудах Естественнонаучного института ПГУ» Н. А. Игнатьев вместе с И. В. Беленьковым печатают статью «Волконскоит (исторический очерк открытия и изучения)». В 1964 г. Н. А. Игнатьев публикует вторую часть этой статьи.

В начале 50-х гг. на работу приходят новые молодые кадры – ассистенты А. М. Кропачев и Ю. К. Митюнин.

В 1953 г. за заслуги в подготовке кадров В. К. Воскресенский был награжден орденом Ленина, а Ю. М. Абрамович орденом «Знак Почета».

Интеграция кафедр минералого-геохимического профиля (1955–1991)

В сентябре 1955 г. в связи с вхождением в состав Пермского университета естественно-географического факультета Пермского педагогического института и географического факультета Уральского университета (г. Свердловск) геолого-географический факультет был разделен на два самостоятельных – *геологический и географический*. Университету от пединститута был передан географический учебный корпус (№ 5).

В 1954 г. начинается обучение студентов новым специальностям:

- 0102 «Геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых»,
- 0103 «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений»,
- 0105 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»,
- 0107 «Гидрогеология и инженерная геология».

Кафедры минералого-петрографического профиля в 1955 г. были объединены в одну *кафедру минералогии и петрографии*. Она стала базовой для подго-

товки студентов специальности 01020102 «Геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых», которая позже стала именоваться «Геология».

С 1955 по 1960 гг. объединенную кафедру возглавлял доцент В. К. Воскресенский. В год объединения кафедр кандидатскую диссертацию на тему «Петрографическая характеристика левобережья р. Вишеры в междуречьи р. Улс – Вёлс и плато Кваркуш на Урале» защитил Н. П. Старков. В университете на геологическом факультете в 1959 г. были открыты вечернее и заочное отделения для обучения специальностям 0102 и 0105.

В 1960 г. в Перми открылся Политехнический институт. В его состав вошли технический факультет университета вместе с горным отделением и кафедра нефтяной геологии.



С 1960 по 1975 гг. кафедру минералогии и петрографии возглавлял доцент Н. П. Старков, проводились исследования по теме «Петрография, минералогия и геохимия горных пород Среднего, Северного Урала и Приуралья в связи с поисками полезных ископаемых». Работы Н. П. Старкова оказали существенное влияние на развитие петрографии Западного Урала. Он впервые на данной территории выделил магматические ультраосновные вулканические нормальнощелочные породы семейства пикритов. Ему принадлежит открытие Шудьинского месторождения офикальцита и мрамора, Велсовского рудопоявления полиметаллов и Большесурьинского месторождения магнезитов. В начале 60-х гг., из числа студентов-геологов, им была организована экспедиция по опосредованному поиску Кирсинского месторождения монтмориллонитовых глин в Кировской области.

В 1962 г. ассистент А. М. Кропачев защищает кандидатскую диссертацию «Малые элементы в нижнепермских осадочных породах Среднего Предуралья и продуктах их выветривания». Он обучался в аспирантуре Пермского политехнического института у проф. А. С. Хоментовского.

В марте 1963 г. к 100-летию со дня рождения В. И. Вернадского в Москве была проведена международная геохимическая конференция «Химия земной коры», куда были приглашены Н. А. Игнатьев и Ю. М. Абрамович. Выпускники кафедры 1963 г. Г. С. Фон-дер-Флаасс и А. Я. Литвинов были приняты на кафедру на должности ассистентов.

До 1964 г. Н. А. Игнатьев работал на посту проректора по учебной работе, преподавая на кафедре. Он продолжал преподавание до 1974 г. Ю. М. Абрамович специализировался на курсах геохимии и геологии полезных ископаемых и преподавал до 1967 г.

В 1965 г. на кафедре была открыта очная аспирантура. 1968 г. под руководством Н. А. Игнатьева Ф. А. Курбацкая защитила кандидатскую диссертацию «Корреляция терригенных толщ верхнего докембрия западного склона Среднего Урала и условия их образования».

В 1963–1967 гг. на геологическом факультете студенты вместо традиционных 5 лет обучались 6. Для них были разработаны специальные учебные дисциплины. Н. А. Игнатьев преподавал «Физико-химические основы петрогра-

фии», Н. П. Старков – «Метаморфизм» и «Термический анализ», Ю. М. Абрамович – «Урановые месторождения». На кафедре поисков и разведки В. Ф. Мягков подготовил специальный курс «Основы теории корреляции».

В 1966 г. на должность ассистента был принят Р. Г. Ибламинов. Он был приглашен на кафедру Н. П. Старковым, который встретился с ним в полевом маршруте на р. Вишере. Р. Г. Ибламинов тесно сотрудничал с Мойвинской геолого-съёмочной партией, работал в поле. По поручению начальника партии Б. Д. Аблизина написал главу в производственный отчет о результатах геохимических поисков.

В 1967 г. должность ассистента занял Б. М. Осовецкий. Его кандидатская диссертация «Процессы формирования современного аллювия (на примере Прикамья)» (1968) послужила «трамплином» для фундаментальных исследований по литологии и минералогии аллювия. В этот период в ходе многочисленных полевых экспедиций Борис Михайлович изучил аллювий рек практически всей территории бывшего СССР. Он сформировался как минералог высокого класса.

В 1968 г. на кафедру ассистентом пришла работать Н. Е. Молоштанова, имевшая кроме университетского образования ещё и диплом нефтяного техникума. Это позволяло ей принимать активное участие в исследованиях по нефтяной тематике.

В 1972–1975 гг., будучи ассистентом кафедры минералогии и петрографии, вел практические занятия приглашенный Н. П. Старковым А. И. Кудряшов, выпускник университета 1966 г., работавший на Дальнем Востоке. Его привлек к исследованию Верхнекамского месторождения солей доцент В. Ф. Мягков. В 1977 г. А. И. Кудряшов в Ленинградском горном институте защитил кандидатскую диссертацию «Геолого-геохимический анализ строения Верхнекамского калийного месторождения и его районирование в целях эксплуатации», а в 1994 г. в Институте геологии и геохимии (г. Свердловск) – докторскую диссертацию на тему «Флюидогеодинамика и эпигенез калийных залежей (на примере Верхнекамского месторождения)».

В 1971 г. в Москве проходил Международный геохимический конгресс, в котором участвовали А. М. Кропачев и Р. Г. Ибламинов. Участие в конгрессе позволило ознакомиться с современным состоянием геохимической науки, достижениями отечественных (А. П. Виноградов, А. И. Перельман, М. Г. Валяшко и др.) и зарубежных ученых (Д. Шоу, К. Сугавара).

В 1972 г. прием на геологическую специальность был прекращен.

В этот период доцент А. М. Кропачев обобщил результаты своих многолетних исследований в монографии «Факторы миграции и осаждения малых (акцессорных) элементов в зоне гипергенеза» (Пермь, 1973). А. М. Кропачевым и Р. Г. Ибламиновым разрабатывалось новое направление геохимии – изучение форм нахождения малых элементов в осадках и осадочных горных породах (статья «Формы нахождения малых (акцессорных) химических элементов в карбонатных породах нижней перми», Пермь, 1973).

В 1973 г. Р. Г. Ибламинов был приглашен заведующим кафедрой поисков и разведки доцентом В. Ф. Мягковым к участию в исследованиях месторождений

руд черных металлов. Комплексное изучение месторождений по заданию Минчермета СССР способствовало написанию Р. Г. Ибламиновым диссертации «Исследование распределения геологических параметров рудных залежей титаномагнетитовых месторождений Урала в связи с вопросами разведки» (1977).

В 1975 г. Н. П. Старков передал пост заведующего кафедрой доценту А. М. Кропачеву, который в научных исследованиях уделял приоритетное внимание геохимии. Им была разработана методика исследования динамики процессов литогенеза по малым химическим элементам-индикаторам. С 1973 г. изучалась геохимия современных осадков Черноморского шельфа в районе бухты Геленджик.

В 1979 г. кафедру возглавила доцент Ф. А. Курбацкая, которая руководила ею 18 лет до 1997 г. Она изучала минералого-петрографический состав докембрийских отложений Западного Урала. Разработанный ею метод микропетрографической корреляции разрезов «немых» терригенных отложений до сих пор используется в практике. В издательстве «Наука» публикуются описания типовых разрезов верхнего докембрия Среднего Урала.

В 1980 г. геологическая общественность страны отмечала 100-летие со дня рождения П. Н. Чирвинского. Была проведена юбилейная конференция. С 1999 г. кафедра минералогии и петрографии ежегодно проводит Всероссийские научные чтения памяти П. Н. Чирвинского, посвященные проблемам минералогии, петрографии и металлогении.

После 1981 г. научная работа кафедры ведется по направлению «Исследования строения, состава и развития земной коры Урала и сопредельных регионов для выяснения закономерностей размещения полезных ископаемых». Ф. А. Курбацкой изучались формации верхнего докембрия Западного Урала, итоги которых она подвела в докторской диссертации «Формации и палеотектоника Уральской окраины Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии» (МГУ, 1985).

Б. М. Осовецкий представил результаты изучения аллювия СССР в 1985 г. в совет ВСЕГЕИ в виде диссертации «Формирование вещественного состава тяжелой фракции аллювиальных осадков». В течение 1984–1987 гг. Б. М. Осовецкий исполнял обязанности декана геологического факультета, а с 1987 по 1997 гг. – проректора Пермского университета по научной работе.

В феврале 1981 г. на кафедру вернулась Н. Е. Молоштанова. Под её руководством продолжилось исследование формирования Верхнекамского месторождения солей и технологических свойств сильвинитовой руды. В 1988 г. она защищает кандидатскую диссертацию «Геологические условия осадконакопления сильвинитов Верхнекамского месторождения».

А. М. Кропачевым было продолжено развитие теории геохимических барьеров, что нашло отражение в его книге «Геохимические барьеры литогенеза и формирование месторождений полезных ископаемых» (1983). В 1989 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

В 80-х – начале 90-х гг. на кафедру пришли новые молодые кадры. К. П. Казымов в 1992 защитил кандидатскую диссертацию «Условия образования и вещественный состав кайнозойских отложений эрозионно-карстовых депрессий

Западного и Северного Урала». С ноября 1987 г. по приглашению Ф. А. Курбацкой на кафедре работает И. Я. Илалтдинов. В 1995 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Процессы накопления мелкого золота в россыпях зоны пенеплена Южного Урала»

Результатом исследования месторождений хромовых, титаномagnetитовых, скарново-magnetитовых руд, а также дунитов и флюсовых известняков (НТМК) явилась «Инструкция по геологическому обслуживанию горнодобывающих предприятий Нижнетагильского металлургического комбината» (Р. Г. Ибламинов, Г. В. Лебедев, 1989).

В этот период были изданы учебные пособия «Шлиховой метод (современное состояние и перспективы)» (1985, Б. М. Осовецкий), «Методы исследования осадочных пород (на примере отложений верхнего докембрия Западного Урала)» (1986, Ф. А. Курбацкая).

Новый период. Переход на двухуровневую систему обучения (1991–2006)

В 1991 г. сменилась политическая система России, следом в 1992 г. изменились стандарты высшего образования. Ученый совет геологического факультета принял решение перейти на двухуровневую систему обучения по направлению подготовки 511000 «Геология»:

С 1993 г. на кафедре началась подготовка специалистов-геологов, бакалавров по профилизации «Геология» и магистров по профилям «Минералогия», «Литология», «Экономическая геология». Началась напряженная учебно-методическая работа, составлялись лекционные курсы новых дисциплин, таких как: «Петрология», «Основы теории литогенеза», «Геология дна морей и океанов» и др.

В начале 1990-х гг. на кафедру обратился репрессированный в 1958 г. бывший заведующий кафедрой поисков и разведки Пермского университета И. П. Шарапов (1907–1998) с просьбой издать его запрещенную к опубликованию в 50-х гг. книгу «Элементы-примеси в рудах, их опробование и подсчет запасов». Рукопись была отредактирована Р. Г. Ибламиновым и издана Пермским университетом в 1994 г.

С 1991 г. после окончания университета на кафедре начал работать И. И. Чайковский.

Под руководством Б. М. Осовецкого были выполнены исследования по комплексной теме «Оценка состояния природных условий и ресурсов Пермской области» (1990), в которых приняли участие ученые геологического, географического, биологического и экономического факультетов. В дальнейшем исследования были продолжены кафедрой минералогии и петрографии и кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых. Были оценены перспективы развития минерально-сырьевой базы Коми-Пермяцкого автономного округа (1992). Результатом явилась написанная Р. Г. Ибламиновым и Г. В. Лебедевым монография «Геология и полезные ископаемые Коми-Пермяцкого автономного округа» (1995). В 1993–1994 гг. по заказу Мойвинской партии Пермской геолого-съёмочной экспедиции была выполнена прогнозно-металлогеническая оценка южной части Ляпинско-Кутимского мегантиклинория и составлена геодина-

мическая модель развития Западного Урала, служащая основой минерагенических построений (Р. Г. Ибламинов, Г. В. Лебедев, Ф. А. Курбацкая).

В 1994 г. доцент Р. Г. Ибламинов становится главным редактором журнала «Вестник Пермского университета. Геология». В этот же период (1991–1995 гг.) кафедра участвовала в проекте «Роль университетов в разработке системы экологической безопасности городов» (руководитель Б. М. Осовецкий, исполнитель И. Я. Илалтдинов).

В рамках региональной научно-технической программы (НТП) «Экология Западного Урала» (1991–1996 гг.) велось изучение геологической среды городов Прикамья, прогнозирование месторождений полезных ископаемых. Б. М. Осовецкий продолжил фундаментальные исследования минералогии аллювиальных отложений, предложенный им проект «Шлихогеохимические поиски с применением винтового шлюза» (1994–1995 гг.), выиграл грант Минобразования РФ. Борисом Михайловичем были опубликованы монографии «Дробная гранулометрия аллювия» (1993), «Мелкие алмазы Урала» (1996 г., в соавторстве с Б. С. Луневым).

В 90-х гг. расширились международные связи кафедры. В 1991 г. проф. Б. М. Осовецкий прошел стажировку в Оксфордском университете. Он участвовал в семинаре «Экологические проблемы городов мира» (Оксфорд, 1993), в конгрессе ИНКВА (Берлин, 1995), в Международном геологическом конгрессе (Пекин, 1996).

В 1993–1994 гг. в соответствии с договором о сотрудничестве между ПГУ и университетом Нанси-2 (Франция) состоялся обмен визитами. Профессор Ф. А. Курбацкая и аспирант И. И. Чайковский посетили ряд объектов в Вогезах, ознакомились с лабораториями университета Нанси-2. Профессор К. Гани побывал на кафедре минералогии и петрографии в Пермском университете, где прочел несколько лекций по современным проблемам магматизма. Была организована полевая экскурсия на западный склон Северного Урала, во время которой французский профессор был ознакомлен с гранитоидами р. Мойвы.

Итогом комплексной научной работы явилась защита в 1995 г. двух кандидатских диссертаций. Ассистентов И. И. Чайковского (руководитель Ф. А. Курбацкая) «Гранитоидный магматизм и геодинамика Ляпинско-Кутимского мегантиклинория Северного Урала» и И. Я. Илалтдинова (руководитель Б. М. Осовецкий) «Процессы накопления мелкого золота в россыпях зоны пенеплена Южного Урала».

Большой вклад в развитие экологического направления внес проф. А. М. Кропачев. Им были проработаны методические проблемы экологической геологии, опубликованы десятки работ. Важное прикладное значение имеют его разработки по использованию искусственных геохимических барьеров с целью охраны окружающей среды. Они защищены 7 авторскими свидетельствами и патентами.

Работы в минерагеническом направлении широко развернулись в 1995–2000 гг. при реализации межкафедрального проекта «Научные основы минерагенических исследований Центрально-Уральского поднятия и Западно-Уральской зоны складчатости в пределах Северного и Среднего Урала». Для этого был со-

здан научный коллектив, включающий ученых кафедры минералогии и петрографии Ф. А. Курбацкую, Р. Г. Ибламинова, кафедры поисков и разведки Г. В. Лебедева, А. С. Сунцева, В. И. Набиуллина и сотрудников предприятия «Геокарта» А. М. Зильбермана, Г. О. Пунтусову и др. Ф. А. Курбацкой была разработана методика формационного анализа сложного комплекса метаморфических, осадочных и вулканогенно-осадочных пород рифея – палеозоя и составлена карта геологических формаций для Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория и Верхнепечорско-Кутимского антиклинория. В результате на геолого-формационной основе был составлен комплект металлогенических карт масштаба 1 : 200 000 и приложения к ним. Был издан «Атлас микрофотографий терригенных и эксплозивно-инъекционных пород западного склона Северного и Среднего Урала» (Пермь, 2001. 124 с. Авторы Ф. А. Курбацкая, Т. М. Рыбальченко, С. В. Савченко).

Одновременно в 1995–2000 гг. под руководством Ф. А. Курбацкой велись прогнозно-ревизионные исследования алмазоносности Пермской области. Были установлены литологические, магматические и минералогические критерии прогнозирования залежей алмазов в регионе (Ф. А. Курбацкая, И. И. Чайковский, Г. В. Лебедев, Р. Г. Ибламинов).

Завершающим этапом описанных исследований (1999–2001) явилось выполнение работ по созданию региональной минерагенической базы данных и автоматизированного рабочего места геолога (Г. В. Лебедев, Р. Г. Ибламинов, Н. Ф. Ибламинова). Результаты были переданы в Пермгеолком.

Под руководством доцента Н. Е. Молоштановой велись хозяйственные работы по повышению эффективности разработки Верхнекамского месторождения калийных солей на основе минералого-технологического картирования его залежей. В 1999 г. она приняла участие в работе Международной конференции по проблемам изучения солей в г. Минске.

Работы Б. М. Осовецкого, посвященные изучению строения, состава и закономерностей формирования аллювиальных отложений и связанных с ними полезных ископаемых в разных регионах России, получают признание отечественных и зарубежных специалистов. В 1997 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». Проект «Эволюция минерального состава кайнозойских отложений Западного Урала», предложенный Б. М. Осовецким, получил грант Минобразования РФ. Б. М. Осовецкий участвовал в организации Итальянско-Российского института экологических исследований и образования, одной из пяти организаций-участников которого с российской стороны являлся Пермский университет (1997 г.). В 1998 г., когда Б. М. Осовецкий возглавил кафедру минералогии и петрографии, был открыт прием в магистратуру кафедры.

В 2002 г. на должность доцента был принят кандидат геолого-минералогических наук Б. В. Перевозчиков – крупный специалист по гипербазитовым массивам и месторождениям хромовых руд Урала и о. Кубы.

В 2003 г. начала трудовую деятельность на кафедре Н. А. Бусыгина – зав. методкабинетом.

В 2001–2006 гг. научные исследования выполнялись в рамках научного направления геологического факультета «Фундаментальные и прикладные проблемы геологии и экологии Урала и Приуралья». Опираясь на практический опыт минерагенических исследований в таком сложном по геологическому строению регионе, как Пермский край, где находится стык трёх крупных структур – Печорской, Русской плит и Уральской складчатой области, а также на свои теоретические обобщения мирового масштаба, доцент Р. Г. Ибламинов представил докторскую диссертацию «Минерагеодинамические основы прогнозирования месторождений твердых полезных ископаемых» (2002).

Итогом исследований И. И. Чайковского явилась докторская диссертация «Петрология и минералогия эксплозивно-грязевого вулканизма Волго-Уральской алмазоносной провинции» (2004).

На территориях Кировской области и Коми-Пермяцкого АО в 2003–2004 гг. под руководством Ф. А. Курбацкой были проведены хоздоговорные исследования по выявлению минералов-спутников алмазов и 5 полевых экспедиций. Выдающимся результатом деятельности коллектива, возглавляемого проф. Б. М. Осовецким, явилось обнаружение мелких кристаллов алмаза в осадочных породах западной платформенной части территории Пермского края.

Важную роль в теоретическом обосновании минералогических исследований сыграли монографии Б. М. Осовецкого «Типохимизм шлиховых минералов» (2001. 244 с.), «Геохимические исследования по тяжелым минералам» (2003. 192 с.), «Минералогия мезокайнозоя Прикамья» (2004. 292 с.).

В 2001–2005 гг. группа сотрудников кафедры под руководством Б. М. Осовецкого выполняла исследования в рамках гранта Минобразования «Золото и платиноиды Верхнекамской впадины». По итогам работ опубликованы десятки научных статей и монография «Золото Верхнекамской впадины» (2003). Под руководством Ф. А. Курбацкой проведено несколько полевых экспедиций (2002 и 2003 гг.) на геологические объекты в Красновишерском и Горнозаводском районах Пермской области, опубликована серия статей. В 2005 г., благодаря финансовому обеспечению исследований хромитоносных массивов на хоздоговорной основе на общую сумму 2,1 млн руб., под руководством Б. В. Перевозчикова были проведены полевые работы на гипербазитовом массиве Сыум-Кеу (Приполярный Урал).

Материалы исследований были представлены на XIII Международном совещании по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ 2005), проходившем в Пермском университете 22–26 августа 2005 г.

Новый для кафедры раздел исследований «*Геохимия месторождений нефти и газа Пермского края*» организовала Т. В. Карасева – замдиректора по научной работе института КамНИИКИГС, принятая на работу по совместительству на должность профессора для чтения соответствующей дисциплины.

Новейший период. Выполнение национальных проектов (2006–2021)

В 2006 г. кафедра переместилась на 6-й и 7-й этажи нового корпуса № 8. В это время кафедрой было получено уникальное лабораторное оборудование мирового класса по нацпроекту «Образование», перестроен учебный процесс в

связи с необходимостью широкого использования компьютерной техники. В 2010–2011 гг. началось выполнение программы национального исследовательского университета, создание научно-образовательных комплексов, в состав первого из которых (НОК-1) вошла кафедра минералогии и петрографии. Появился сектор наноминералогии (руководитель Б. М. Осовецкий).

В 2008 г. Б. М. Осовецкий передал заведование кафедрой Р. Г. Ибламинову, ушла на заслуженный отдых проф. Ф. А. Курбацкая. Появились новые преподаватели: к. г. -м. н. доцент Е. А. Меньшикова, ст. преподаватель А. В. Плотников, ассистенты А. М. Шехирева, С. А. Губин, К. А. Мещеряков, Н. А. Кунц.

Е. А. Меньшикова – руководитель грантов по программе Минобра РФ, РФФИ, темы «Исследование процессов современного аллювиального седиментогенеза», проекта «Разработка концепции экологически безопасного освоения Верхнекамского месторождения солей». Автор монографии «Природно-техногенные осадки» (2006, в соавторстве с Б. М. Осовецким).

А. В. Плотников параллельно с научно-преподавательской деятельностью в 2006–2009 гг. обучался в очной аспирантуре и защитил кандидатскую диссертацию «Анализ перспектив хромитоносности массива Сыум-Кеу (Полярный Урал)» (руководитель Б. В. Перевозчиков).

Ассистент С. А. Губин, после аспирантуры в марте 2011 г. защитил кандидатскую диссертацию «Прогноз коренной алмазности территории Вятско-Камской впадины» под руководством Б. М. Осовецкого.

С 2008 г. на кафедре работает О. В. Коротченкова. В 2012 г. под руководством И. И. Чайковского она защитила кандидатскую диссертацию «Ефимовское месторождение алмазов: геология, типоморфные минералы и локальный прогноз алмазности» В том же году ассистентом кафедры стал К. А. Мещеряков, который после аспирантуры в 2011 г., защитил кандидатскую диссертацию «Особенности формирования нефтегазоносности триасовых отложений севера Западной Сибири» (руководитель Т. В. Карасева).

В 2009 г. защитил кандидатскую диссертацию А. Г. Попов (научный руководитель Ф. А. Курбацкая), в 2011 г. – А. К. Алванян (научный руководитель Р. Г. Ибламинов).

Появились специальные учебные дисциплины: «Экономика минерального сырья», «Геолого-промышленные типы месторождений полезных ископаемых», «Современные проблемы геологии», «Рынки минерального сырья», «Геохимические методы поисков», «Прецизионные методы исследования», «Наноминералогия» и др.

Большое внимание на кафедре традиционно уделялось студенческой научно-исследовательской деятельности. Гордостью кафедры в рассматриваемый период являлись Т. А. Калинина (стипендиат конкурса губернатора края, дипломант нескольких всероссийских студенческих научных конференций и олимпиад, автор нескольких статей), В. Д. Тимофеев (призер всероссийской олимпиады по фундаментальным геологическим дисциплинам) и др.

В 2007 г. Р. Г. Ибламиновым издано оригинальное учебное пособие «Основы геологии и геохимии нефти и газа», в 2010 г. под его редакцией вышло учебное пособие Ю. В. Парфеновой «Нефтегазопромысловая геология».

Были продолжены исследования по алмазной тематике: «Оценка перспектив выявления кимберлитов в платформенной части территории Пермского края», «Обоснование площадей для постановки поисковых работ на кимберлиты». В 2007–2009 гг. реализовывался проект по гранту РФФИ «Эволюция мезокайнозойского осадконакопления на территории Вятско-Камской впадины в связи с проблемами алмазности». В 2011 г. началась работа по гранту «Перспективы редкоземельной и тантал-ниобиевой минерализации в осадочных породах Вятско-Камской впадины» (2011–2013 гг.).

Е. А. Меньшикова являлась руководителем грантов и выполнила ряд хозяйственных исследований по геоэкологической тематике. С 2011 г. она возглавляет работу по оценке состояния окружающей среды на территории Березниковско-Соликамского узла в рамках ФЦП.

Существенно расширилась материальная база кафедры. За период с 2006 по 2011 гг. кафедрой было приобретено уникальное научное и учебное оборудование на общую сумму свыше 75 млн руб. в том числе сканирующие электронные микроскопы фирмы JEOL (Япония), энергодисперсионный и волновой спектрометры фирмы «Oxford Instruments» для выполнения микронного анализа, атомно-абсорбционный спектрометр фирмы «Люмэкс» (г. Санкт-Петербург), синхронный термоанализатор СТА 409 LUXX (ФРГ), порошковый дифрактометр PHASER 2D фирмы «Brucker» (ФРГ), анализатор ртути, многоцелевые микроскопы с цифровой камерой фирм Leica (ФРГ) и Nikon (Япония).

Кафедрой поддерживались международные связи с учеными, вузами и фирмами США, Канады, Казахстана, Лаоса, Италии, ФРГ, Норвегии, Японии, Бельгии, Франции, Таджикистана, Белоруссии, Узбекистана. Выполнено (2007–2010 гг.) Три международных договора: с Российско-Лаосской компанией «Намикор» о минералогических исследованиях россыпного касситерита, с геологической службой территории Юкон об изучении россыпей золота (Канада) и с фирмой «Сатбор» (Казахстан) об обучении специалистов минералого-петрографическим методам исследования солей.

В декабре 2011 г. сектор Наноминералогии прошел проверку Государственной комиссией по аккредитации. В течение 2012 г. в рамках выполнения программы развития ПГНИУ в сектор поступили новые научные приборы на сумму около 53 млн рублей, в числе которых спектрометр индуктивно-связанной плазмы «АВРОРА» М90, приставка для лазерной абляции, рентгеновский томограф, современный микротвердомер. В 2013 г. сектором получено оборудование на сумму 5 млн руб. Оно включает икровой лазерно-эмиссионный спектрометр, специализированный микроскоп фирмы Meiji-Techno, роталы для проведения гранулометрического рассева проб, щековую дробилку. В 2014 г. были приобретены рамановский спектрометр, ИК-фурье спектрометр, электроимпульсный дезинтегратор, гидросепаратор, лазерный дифракционный анализатор размера частиц, портативный рентгенофлуоресцентный спектрометр, аналитическая установка для оптико-геометрического анализа рудного сырья и осадочных нефтесодержащих пород, специализированные поляризационные микроскопы, разнообразная аппаратура для пробоподготовки, общей стоимостью 34 млн. руб.

В 2011 г. параллельно с обучением в магистратуре начала работу Г. А. Исаева. В 2012 г. она поступила в аспирантуру к доценту Н. Е. Молоштановой для выполнения исследований по месторождениям калийных солей. В 2012 г. начала работать на кафедре А. П. Седунова. С 2014 г. она стала ассистентом, начала участвовать в работе по проекту Российского научного фонда (РНФ) «Роль электрохимических процессов и жидкостной несмесимости в образовании стратиформных месторождений хромита, титаномагнетита и платиноидов» (руководитель профессор кафедры И. В. Векслер). В рамках проекта она работала над подготовкой диссертации «Структурно-минералогическое изучение платиноносных хромититовых слоев интрузивного комплекса Бушвельд (ЮАР)». Летом 2015 г. участвовала в Международной конференции им. В. М. Гольдшмидта, которая проводилась Международным геохимическим обществом в Праге (Чехия).

С 1 октября 2012 г. был принят на должность техника Д. Е. Трапезников, совмещавший работу с учебой. Во время обучения он прошел международную стажировку в г. Палермо (Италия): прослушал курс «Методы изучения магматических пород» в Институте геофизики и вулканологии. С 2013 года ассистентом кафедры стала И. В. Бадьянова. Ей поручено вести занятия по самым современным дисциплинам – «Наноминералогия» и «Литогенез благороднометалльных месторождений».

В апреле 2013 г. доцент К. П. Казымов и ассистент Г. А. Исаева прошли стажировку в Немецком геологическом центре (г. Потсдам). В 2014 г. К. П. Казымов, А. П. Седунова и И. В. Бадьянова прошли курсы повышения квалификации «Обеспечение качества результатов аналитических работ», организованные Инновационным учебным центром (г. Москва). Г. А. Исаева в июле 2014 г. приняла участие в работе летней научной школы по проблемам горнорудного дела и менеджмента «Геологический лагерь в Центральных Пиренеях» (Испания). В 2015 г. Е. А. Меньшикова стажировалась в ИПК «Технопрогресс» (г. Москва) в июле и в Национальном институте геофизики и вулканологии (Италия) в сентябре. М. А. Волкова, Н. А. Бусыгина и А. Ю. Пузик в ноябре прошли стажировку в Институте геологии и геохимии УрО РАН.

В летний период 2012 и 2013 гг. И. Я. Илалтдиновым, Е. А. Меньшиковой, К. П. Казымовым, Б. М. Осовецким были организованы полевые экспедиции по территории Пермского края и соседних регионов в рамках выполнения фундаментальных и прикладных исследований.

Важнейшим итогом работы по фундаментальным проектам явилось окончательное оформление к 2014 г. трёх новых перспективных разделов исследований: наноминералогия, изучение вещественного состава нефтяных коллекторов, диагностика структур пород на основе методов рентгеновской компьютерной томографии. Было продолжено традиционное исследование проблем минерогенеза, процессов формирования месторождений благородных металлов, алмазов и солей. По заявкам отечественных фирм осуществлено исследование минерального сырья соляных месторождений Турции, Лаоса, Узбекистана и Казахстана, исследование проб, отобранных в процессе работ по поиску алмазов (Гвинея) и золота (Камбоджа).

В сотрудничестве с другими кафедрами выполнялись комплексные исследования магматических горных пород Западного Урала, результаты которых отражены в коллективной монографии «Минерально-сырьевая база Пермского края для производства базальтового волокна» (2015, под ред. Р. Г. Ибламинова).

Общий объем средств, полученных сотрудниками сектора Наноминералогии и кафедры на проведение фундаментальных исследований в 2012 г. составил порядка 4 млн. руб., в 2013 г. – около 9 млн руб., общий объем средств, освоенных сектором наноминералогии в 2014 г., превысил 30 млн руб., а в 2015 г. составил 12 млн. руб.

В сентябре 2014 г. начала преподавательскую работу в должности доцента М. А. Волкова – кандидат химических наук. На должность старшего преподавателя поступил геолог-производственник, специалист по поискам и разведке месторождений алмазов, принимавший участие в открытии новых алмазоносных месторождений в Красновишерском районе Пермского края, Ю. Г. Пактовский. Ему было поручено преподавание курсов «Петрография» и «Шлиховой анализ». С января 2016 г. Ю. Г. Пактовский является заведующим Минералогическим музеем кафедры минералогии и петрографии.

На должность ассистента для проведения занятий по петрографии и литологии была принята выпускница бакалавриата Е. М. Томилина. С 2014 г. работает ассистентом А. Ю. Пузик, Область его научных интересов связана с исследованиями по теме «Геохимические особенности пород и хромовых руд Главного Сарановского месторождения». А. Ю. Пузик окончил аспирантуру Горного института УрО РАН.

С 2014 г. работает на кафедре в должности инженера С. В. Мусакулова, направленная на обучение в ПГНИУ правительством Казахстана.

Кафедра проводит курсы повышения квалификации. В декабре 2012 г. группа сотрудников кафедры минералогии и петрографии во главе с заведующим кафедрой Р. Г. Ибламиновым совершила недельную поездку в Казахстан и провела занятия по программе повышения квалификации для сотрудников фирмы «Батыс Калий». Проводились курсы повышения квалификации для сотрудников предприятий базальто-волоконной промышленности из г. Рязани и соледобывающих предприятий Казахстана.

В 2012 г. ПГНИУ посетил сотрудник Университета Западного Кентукки (США) Рональд Галлагер, который выступил с докладом на конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала». Пермские ученые обсудили с иностранным гостем вопросы проведения совместных исследований сектора и инженерного департамента Университета Западного Кентукки. Кафедра имеет широкие связи с научными и производственными организациями США, ФРГ, Канады, Италии, Норвегии, ЮАР, Великобритании, Швейцарии, Бельгии, Казахстана, Узбекистана.

В 2012 г. Б. М. Осовецкий и руководитель геологической службы территории Юкон (Канада) Уильям Ле-Барж обсуждали возможность сотрудничества по вопросам развития золотодобычи в Канаде. С научным оборудованием сектора был также ознакомлен сотрудник Института геофизики и геомониторинга

г. Палермо (Италия) А. Пишиотто, с ученым обсуждались проблемы совместной работы в области аналитических исследований. Для сотрудников и студентов кафедры минералогии и петрографии А. Пишиотто прочитал лекцию на тему «Эволюция Средиземноморского бассейна в мезо-кайнозое». Лаборатории сектора также посетил представитель фирмы European CETAC Service Center Конрадин Штеннер (ФРГ) и провел инструктаж по работе с аппаратом лазерной абляции.

С 10 по 17 мая 2012 г. в рамках программы приглашения в ПГНИУ ведущих ученых из мировых научных центров университет посетили профессор Кейптаунского университета Дэвид Рейд (ЮАР) и сотрудник Немецкого аналитического центра Илья Векслер (г. Потсдам, ФРГ). Доцент Н. Е. Молоштанова приняла участие в заседании экспертного совета при президенте Узбекистана И. А. Каримове, которое состоялось в г. Ташкенте по вопросу о способе разработки месторождения солей.

Ассистент А. Н. Багаев в ноябре 2015 г. в диссертационном совете Института геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) защитил кандидатскую диссертацию на тему «Модель седиментации эмско-нижнефранских отложений в зоне сочленения восточной окраины Русской плиты, Предуральяского краевого прогиба и Западно-Уральской зоны складчатости (Пермский край)» (научный руководитель Р. Г. Ибламинов).

В том же году учебное пособие Р. Г. Ибламинова «Минерагения (основы минерагеодинамики)» было отмечено на I Международном конкурсе учебных и научных изданий «Вузовская книга Евразии» в г. Ижевске.



Рисунок. Посещение лаборатории микрозондового анализа кафедры минералогии и петрографии министром высшего образования и науки РФ Д. В. Ливановым и ректором университета И. Ю. Макарихиным. Объяснения дает проф. Б. М. Осовецкий в 2016 году.

В 2017–2021 гг. научные исследования выполнялись по направлению «Глобальные закономерности размещения минеральных ресурсов и региональные аспекты их прогнозирования с использованием наноминералогических технологий». Они включали исследования рудных, нерудных и горючих полезных ископаемых. Возобновлена работа минералогического кружка имени В. К. Воскресенского. Выполняется план подготовки кадров высшей квалификации.

В 2017 старший преподаватель Г. А. Исаева написала диссертацию «Сравнительная характеристика и условия образования калийных отложений Предуральско-Прикаспийского и Среднеазиатского регионов». Планируют завершение работ над кандидатскими диссертациями И. В. Бадьянова, Ю. Г. Пактовский, А. Ю. Пузик, Е. М. Томилина. Подготовлена к защите докторская диссертация доц. Е. А. Меньшиковой.

В 2017 г. Сектор наноминералогии подтвердил статус аккредитованного. Хоздоговорные работы в 2017 г. выполнены на сумму 7,02 млн руб., в 2018 г – 11,9, в 2019 – 4,9.

На базе кафедры в декабре 2019 г. были проведены курсы повышения квалификации для сотрудников ООО «КАЗ Минералз Бозамчак» (Киргизская Республика), а также для сотрудников «АЛРОСА» с выездом на предприятие в г. Мирный.

В 2019 г. под руководством профессора кафедры минералогии И. И. Чайковского защитил кандидатскую диссертацию старший преподаватель Д. Е. Трапезников на тему «Геология уфимских отложений Соликамской впадины». В этом же году Р. Г. Ибламинов выпустил учебное пособие «Геология месторождений полезных ископаемых» (233 с.), в котором использована разработанная автором универсальная генетическая классификация месторождений, опирающаяся на базовые положения петрографии и литологии. В 2020 г. выполнено исследование на сумму 82,4 млн. руб., том числе по гранту Миннауки 77 млн.

В настоящее время кафедра продолжает традиции, заложенные её основателями, которые были не просто преподавателями, а большими учёными. Мы осуществляем комплексный подход к развитию геологической науки и её вещественной ветви. Развивается новая современная отрасль науки – наноминералогия. Формулируется теория образования нановещества и её практические применения. Наноминеральный подход используется при решении проблем петрографии и рудообразования, литологии и геохимии. Продолжаются исследования по современной минерагении – минерагеодинамике.

В настоящее время кафедра превратилась в крупный научный центр российского и мирового масштаба. Здесь выполняются исследования в тесном сотрудничестве с Российской академией наук, а также с Министерством природных ресурсов и Министерством энергетики. Наличие на кафедре минералогии и петрографии высококвалифицированных кадров и современной материально-технической базы позволяют поддерживать высокий уровень преподавания учебных дисциплин и разрабатывать новые курсы.

Дальнейшее развитие кафедры будут обеспечивать её молодые кадры, работающие на современной прецизионной аппаратуре, которая дает возможность проводить минералогические и минерагеодинамические исследования на новом наноуровне.

Библиографический список

1. Ибламинов Р. Г., Илалтдинов И. Я., Курбацкая Ф. А., Осовецкий Б. М. Кафедра минералогии и петрографии Пермского университета. 1916–2016 / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. 232 с.

70 ЛЕТ КАФЕДРЕ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Сделан краткий обзор истории кафедры поисков и разведки полезных ископаемых за 70 лет ее работы. Более подробно охарактеризована деятельность кафедры за 2010-2021 гг.: учебная работа, публикационная и научно-исследовательская активность сотрудников и студентов, общественная деятельность, участие кафедры в международных мероприятиях.

Ключевые слова: кафедра поисков и разведки полезных ископаемых, мелкие ценные минералы, мелкое золото, мелкие алмазы, геология техногенно-минеральных образований.

Oksana Naumova, Vladimir Naumov
Perm State University, poisk@psu. ru

70 TH ANNIVERSARY OF DEPARTMENT OF PROSPECTING AND EXPLORATION OF MINERAL RESOURCES

A brief review of the history of the department of prospecting and exploration of minerals for 70 years of its work is made. The activities of the department for 2010-2021 are described in detail: educational work, publication and research activity of staff and students, social activities, participation of the department in international events.

Key words: Department of Prospecting and Exploration of Mineral Resources, Small Valuable Minerals, Small Gold, Small Diamonds, Geology of Technogenic and Mineral Formations.

Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых создана в Пермском государственном университете доцентом В. А. Апродовым в 1951 г. и отмечает в 2021 г. 70 лет своего образования. Лаборатория осадочных полезных ископаемых, входящая в состав кафедры, в этом году также отмечает юбилей – 60 лет с момента создания.

На протяжении 70-летней истории существования кафедры менялось количество ставок, преподавателей, не оставались постоянными читаемые на кафедре курсы. Однако основные дисциплины, связанные с базовыми геологическими знаниями: геоморфология, четвертичная геология, геологическая съемка, поиски и разведка полезных ископаемых всегда были востребованы.

Основатель кафедры поисков и разведки полезных ископаемых – Владимир Александрович Апродов (1908 – ?) создал в 1951 г. кафедру широкого профиля (геофизика, разведка, нефтяная геология). В этом же году приказом по Министерству высшего образования СССР была открыта кафедра поисков и

разведки полезных ископаемых, а В. А. Апродов утвержден заведующим кафедрой.

Первыми сотрудниками кафедры были Л. С. Кузнецова (1951), Н. И. Чернышев (1952), Б. С. Лунев и В. А. Маркс (1953), В. Ф. Мягков и В. И. Раевский (1954). На стадии становления кафедры для чтения лекций и проведения занятий приглашались специалисты с производства.

В 1954 г. из состава кафедры выделились две новые кафедры – геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений и кафедра геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых. Обладая большими организаторскими способностями, В. А. Апродов дал начало трем научным направлениям: поисковиков, нефтяников, геофизиков, крайне необходимых для геологического производства и науки Пермской области и Советского Союза.

Заведующие кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых:

1951-1954 гг. – доцент, кандидат геол. -мин. наук В. А. Апродов.

1954-1956 гг. – ст. преподаватель Н. И. Чернышев.

1956-1958 гг. – доцент, кандидат геол. -мин. наук И. П. Шарапов.

1958-1959 гг. – ст. преподаватель Н. И. Чернышев.

1959-1960 гг. – профессор, доктор технических наук А. С. Хоментовский.

1960-1963 гг. – ст. преподаватель Н. И. Чернышев.

1963-1964 гг. – В. Ф. Мягков.

1964-1966 гг. – профессор, доктор геол. -мин. наук П. А. Софроницкий (в этот период кафедра поисков и разведки полезных ископаемых объединялась с кафедрой региональной геологии и называлась кафедрой «Геологии и разведки»).

1966-1979 гг. – доцент, кандидат геол. -мин. наук, доктор геол. -мин. наук В. Ф. Мягков.

1979-2005 гг. – профессор, доктор геол. -мин. наук Б. С. Лунев.

С 2005 г. – доцент, доктор геол. -мин. наук, профессор кафедры О. Б. Наумова.

На кафедре в разное время работали доценты кандидаты наук И. П. Шарапов, П. Г. Рупчев, В. Л. Баталов, ст. преподаватель Л. С. Кузнецова, ассистенты А. В. Гаганов, В. А. Маркс, кандидат геол. -мин. наук В. М. Тюрин, совместитель И. Б. Попов. В последние годы в штате кафедры состояли профессор, доктора геолого-минералогических наук Б. С. Лунев (с 1918 г. – заслуженный профессор ПГНИУ), Н. Г. Патык-Кара, А. В. Коробицын, Ю. В. Шумилов, А. Г. Баранников; научным консультантом являлся основатель современной школы россыпной геологии – академик Н. А. Шилов; доценты, кандидаты геол. -мин. наук В. И. Набиуллин, Л. А. Христенко, Е. О. Канонникова, Т. И. Караваева, ассистенты О. А. Мишанов, Е. Н. Сычкина, А. А. Мамедова.

Сегодня кафедра имеет высокий кадровый потенциал. Остепененность профессорско-преподавательского состава сотрудников кафедры составляет 75%. В 2021 г. В штате кафедры состоят доктора геолого-минералогических наук О. Б. Наумова, В. А. Наумов, И. С. Копылов, совместитель А. В. Лаломов;

кандидаты геолого-минералогических наук Г. В. Лебедев, А. С. Сунцев, А. Г. Попов В. В. Голдырев, совместители В. И. Совлук, Э. О. Баяндина, Д. И. Трапезников, старшие преподаватели В. Н. Брюхов, С. Б. Коврижных, совместители Я. С. Савин, Д. С. Кирин. Молодые сотрудники кафедры – ассистент К. И. Плюснина, ст. Преподаватель, к. г. -м. н. А. Ш. Хусаинова и аспирант В. Н. Голдырев.

При обучении студентов успешно используются учебные пособия и монографии сотрудников кафедры, изданные в разное время: «Геологическое картирование» (В. А. Апродов, 1952); «Месторождения песка, гравия и глин Пермской области» (Б. С. Лунев, А. М. Кропачев, 1956); «Элементы-примеси в комплексных рудах, их опробование и подсчет запасов» (И. П. Шарапов, 1957); «Дифференциация осадков в современном аллювии» (Б. С. Лунев, 1967), «Геология и полезные ископаемые Коми-Пермяцкого автономного округа (Р. Г. Ибламинов, Г. В. Лебедев, 1995), «Мелкие алмазы Урала» (Б. С. Лунев, Б. М. Осовецкий, 1996); «Геологическое строение г. Перми» (А. С. Сунцев, 2000), «Экспресс-метод анализа петрографического, минерального и химического состава обломочных пород» (О. Б. Наумова, 2001); «Золото Верхнекамской впадины» (В. А. Наумов, И. Я. Иллалтдинов, Б. М. Осовецкий, В. В. Голдырев, А. Б. Макеев, 2003); «Атлас форм рельефа» (Б. С. Лунев, О. Б. Наумова, 1998, 1999, 2001, 2005; 2015 – в соавторстве с В. А. Наумовым); «Атлас геологии россыпей» (Б. С. Лунев, О. Б. Наумова, 2005, 2011); «Золотоносная россыпь на реке Большой Шалдинке на Среднем Урале» (В. А. Наумов и др., 2005); «Минерагения и перспективы комплексного освоения аллювия Урала и Приуралья» (В. А. Наумов, 2011); «Мелкие алмазы и их поисковое значение» (Б. М. Осовецкий, О. Б. Наумова, 2014); «Золотоалмазная колыбель России» (Копылов И. С., Наумов В. А., Наумова О. Б., Харитонов Т. В., 2015); «Поиски и разведка полезных ископаемых» (Г. В. Лебедев, 2017).

Учебная деятельность кафедры в 2010-2021 гг.

Сотрудники кафедры обеспечивают обучение студентов всех специальностей по базовым геологическим дисциплинам (структурная геология и геокартинг, поиски и разведка полезных ископаемых, учебная практика по структурной геологии). Кроме того, преподаются специальные дисциплины (в основном для студентов, специализирующихся на кафедрах поисков и разведки полезных ископаемых, минералогии и петрографии и региональной и нефтегазовой геологии) – аэрокосмические методы, бурение скважин, математические методы в геологии, геоморфология с основами четвертичной геологии, геология россыпей, обогащение полезных ископаемых, геология техногенных месторождений, геолого-геометрические методы обработки информации, горная геометрия, правовые основы экономики и организации геологоразведочных работ.

На высоком уровне проходит учебная специализированная практика (научно-исследовательская работа) студентов II курса специалитета. Местами проведения этой практики являются интересные в геологическом отношении районы Пермского края (п. Промысла, место находки первого алмаза России и отработ-

ки Койвинской группы россыпей); Красноярского края, Хакасии, Тывы. К проведению практики привлекаются авторитетные геологи-производственники с длительным стажем работы в полевых условиях (организаторы В. И. Совлук, О. Б. Наумова, В. А. Наумов). Организован студенческий полевой отряд, выполняющий полевые исследования на оборудовании, закупленном в рамках нац. проекта «Образование». Привезенный геологический материал используется для научной работы студентов, выполнения курсовых, дипломных проектов, магистерских диссертаций. В практике в разные годы участвовали студенты из Оксфорда и китайские студенты из нефтяного университета (Циндао).

Студенты кафедры в последние годы выезжали на производственную практику на предприятия «Пермгеолнеруд», «Кольский ГМК», «Тардан Голд» (Тыва), «Уралалмаз», «Сусуманский ГОК «Сусуманзолото», «Кара-Бельдир» (Тыва), «Нейва» (Свердловская область), «Коммунаровский рудник» (Хакасия), «Хакасский бентонит» (Хакасия), «Геологические технологии» (Красноярск), «Дальполиметалл» (Владивосток), «Лензолото».

В 2012 г. на кафедре открыт прием на специальность «Геологическая съемка, поиски и разведка полезных ископаемых», на сегодня дипломы специалистов-геологов получили 137 выпускников. 90% студентов трудоустраиваются по специальности на горнодобывающие предприятия Пермского края, Красноярского края, Хакасии, Дальнего востока, Чукотки, Норильска, и других территорий России. Есть выпускники, работающие в Министерстве природных ресурсов и лесного хозяйства Пермского края, а также специалисты, выехавшие на геологические работы в другие страны (Африка, ЦАР).

Наиболее высоким уровнем отличается учебный процесс для магистров по программе «Геология месторождений золота и мелких ценных минералов» (кураторы профессора О. Б. Наумова и В. А. Наумов). Эта магистерская программа в 2021 г. участвовала в проекте НОЦ «Рациональное природопользование» и получила высокие оценки экспертов. В учебном плане программы числятся такие сложные специальные учебные дисциплины, как Геология месторождений золота и мелких ценных минералов, Геология техногенных месторождений, Геолого-экономическая оценка минеральных ресурсов, Экологически безопасная разработка месторождений золота и мелких ценных минералов, Основы рационального недропользования и проектирование ГРП, Минерагения россыпей, Компьютерные технологии при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. К 2021 г. по этому направлению кафедрой выпущено 37 магистров геологии.

Учебные пособия, изданные на кафедре в 2010-2021 г.:

Сунцев А. С. Основы горной геометрии: учебные задания к лабораторным работам»; «Структурная геология. Построение структурных карт»; «Геолого-геометрические методы обработки информации (основы горной геометрии)» (2010).

Лунев. Б. С., Наумова О. Б. Геология россыпей. Атлас геологии россыпей. Т. 2. Алмазы (учебное пособие) // Пермь, изд-во Перм. Гос. нац. исслед. ун-та. 2011. 380 с.

Лунев Б. С., Наумова О. Б., Наумов В. А. Атлас форм рельефа. Т. V. Геоморфология. Природные и техногенные формы. Пермь, 2013. 416 с.

Христенко Л. А. Вариационный анализ одномерной статистической совокупности: практикум / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 35 с.

Христенко Л. А. Дисперсионный анализ: практикум: для студентов III-IV курса дневного и заочного отделений геологического факультета по дисциплине «Математические методы в геологии» (2016).

Лебедев Г. В. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. ПГНИУ, г. Пермь, 2017.

За 2010-2021 гг. сотрудниками кафедры опубликовано: статьи в изданиях ВАК – 104, статьи в изданиях Scopus и WOS – 20; статьи в российских и местных изданиях – 340, студенческие публикации – 130.

Научно-исследовательская работа кафедры в 2011-2021 гг.

Научно-исследовательская работа проходила в соответствии с научными направлениями:

- Оценка и комплексное освоение полезных ископаемых с мелкими зернами ценных минералов на основе новых технологий (утвержденное научное направление);

- Литогенез и полезные ископаемые Урала и Приуралья,

- Прогнозирование и оценка минеральных ресурсов.

- Фундаментальные и прикладные проблемы геологии и экологии Урала и Приуралья.

- Оптимизация методики поисков, разведки и оценки месторождений полезных ископаемых на основе компьютерного моделирования;

- Геология техногенно-минеральных образований.

При реализации проекта «Национальный исследовательский университет» кафедра являлась одним из подразделений научно-образовательного комплекса НОК-1 «Технологии изучения, освоения, прогнозирования и управления георесурсами и геосистемами». Модернизированы лаборатории Геологического отдела ЕНИ и кафедры поисков и разведки полезных ископаемых. Формируется Центр комплексного исследования георесурсов (В. А. Наумов), сектор изучения и комплексного освоения техногенных минеральных ресурсов (В. В. Голдырев), сектор изучения и комплексного освоения полезных ископаемых с мелкими зернами ценных минералов (О. Б. Наумова). Приобретено учебное оборудование.

Сотрудники кафедры активно участвовали в разноплановой научно-исследовательской работе. Профессор В. А. Наумов руководил хоздоговорными работами: «Составление инвестиционных проектов природопользования на территории Горнозаводского горно-геологического района» (заказчик Департамент промышленности и природопользования Пермской области); «Оценка ресурсного потенциала золота Верхнекамской впадины (Коми-Пермяцкий автономный округ)» (заказчик Территориальное агентство по недропользованию по Пермской области); «Проведение минералогических исследований по объекту "Поисково-съёмочные работы на основные виды твердых полезных ископае-

мых» (заказчик ФГУПП «Пермгеолнеруд»); «Обоснование теоретических основ проявления экзогенной и эндогенной благороднометалльной минерализации в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы» (финансирование обеспечивает Миннауки и образования РФ).

Доценты Г. В. Лебедев и А. С. Сунцев проводили прогнозно-минерагенические исследования на территории Пермского края совместно с сотрудниками кафедры минералогии и петрографии в рамках тематики «Фундаментальные и прикладные проблемы геологии и экологии Урала и Приуралья».

На кафедре создан Институт мелких ценных минералов в рамках научного направления «Оценка и комплексное освоение полезных ископаемых с мелкими зернами ценных минералов на основе новых технологий». Институтом на общественных началах руководит профессор Б. С. Лунев.

С 2019 г. кафедра активно участвует в работе Пермского научно-образовательного центра мирового уровня «Рациональное недропользование».

Участие сотрудников кафедры в НИР в 2010-2021 гг.

2010-2012 гг. – «Экологически безопасное и эффективное исследование и освоение аллювия Западного Урала и Приуралья». РФФИ 10-05-96060, рук. Б. С. Лунев, соруководитель О. Б. Наумова,

2011 г. – Анализ состояния минерально-сырьевой базы рудных полезных ископаемых (прогнозные ресурсы) по территории Пермского края (рук. Наумов В. А.).

2013-2015 гг. – Разработка концепции рудогенеза золота в техногенных россыпях золота. РФФИ 13-05-96009 (рук. В. А. Наумов).

2013 г. – *Участие в Федерально-целевой программе 14. 515. 11. 0061 «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» Министерства образования и науки РФ (В. А. Наумов, О. Б. Наумова, В. В. Голдырев).*

2014 г. – Сбор и анализ информации по объектам с утвержденными запасами благородных металлов на территории Пермского края (В. А. Наумов); Проведение исследований по совершенствованию технологии обогащения благородных металлов на действующем производстве участка Куклянда; «Сибзолоторазведка») – В. А. Наумов, В. В. Голдырев, О. Б. Наумова; Ревизионно-поисковые работы на хромовые руды в пределах Сарановского пояса гипербазитов в горно-заводском районе Пермского края (В. В. Голдырев); Минерагения и техногенез минеральных образований Урала и Приуралья с благороднометалльной минерализацией, Изучение черносланцевых золотосодержащих отложений (В. А. Наумов).

2015 г. – Организация Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания: изучение, освоение, экология (РКВ-2015), рук. В. А. Наумов, О. Б. Наумова.

2016 г. – «Минерально-ресурсная база Лысьвенского района Пермского края» (А. Г. Попов).

2017 г. – «Научное обоснование перспектив экзогенной и эндогенной рудоносности восточной части Красновишерского района Пермского края»

(В. А. Наумов); «Определение структуры и состава осадка, после нейтрализации карьерных и подотвальных вод известковым молоком АО «Сафьяновская медь», и оценка пригодности осадка как технологического продукта для использования в хозяйственных целях» (В. А. Наумов); «Разработка методики геологического изучения, включающего поиски и оценку Южно-Чувальского участка недр» (рук. В. А. Наумов).

2018 г. – «Научно-методологическое обоснование проектирования геолого-разведочных работ и подсчета запасов гравийно-песчаной смеси (ГПС) по данным разведки месторождения «Елово» в Частинском районе Пермского края» (рук. А. Г. Попов).

2017-2020 гг. – В. А. Наумов руководил выполнением хоздоговорных работ по оценке перспектив освоения техногенно-минеральных образований отработки медно-порфирового месторождения на АО «Сафьяновская медь» (г. Реж), Дашкесанского скарнового месторождения магнетитовых руд (Азербайджан), Новодворского месторождения базальтов и сапонитсодержащих туфов для Государственного предприятия «НПЦ по геологии» (респ. Беларусь); россыпной и рудной золотоносности Красновишерского и Горнозаводского районов Пермского края (Кварцевогорской площади и выявления месторождений золота в Красновишерском районе), строительных материалов Ныробской площади.

2019 г. – Профессора и доценты кафедры включились в работу Пермского научно-образовательного центра мирового уровня НОЦ «Рациональное природопользование», созданного в Пермском крае в июле 2019. Доцент кафедры В. В. Голдырев – ответственный в ПГНИУ за работу НОЦ. Из семи направлений НОЦ два, а именно: «Твердые полезные ископаемые» и «Экология и безопасность территорий» напрямую относятся к образовательной деятельности кафедры.

2018-2019-2020 гг. Сотрудники кафедры профессор В. А. Наумов, доцент В. В. Голдырев, ст. преподаватель В. Н. Брюхов, ассистент К. И. Мовзитова работали в международной исследовательской группе (МИГ). Тема исследований – «Разработка природоподобной технологии формирования концентраций полезных компонентов внутри техногенных отвалов путем управления процессами техногенеза». В рамках МИГа подана заявка на полезную модель, которая относится к гидрометаллургии золота и может быть использована при извлечении золота из техногенных вод путем создания в теле отвалов сорбционных барьеров в виде модулей, заполненных активированным углем за счет естественной циркуляции вод в ТМО. В 2020 году получен патент на полезную модель: «Сорбционный модуль для извлечения золота» № 197815, (авторы В. А. Наумов, В. В. Голдырев, В. Н. Брюхов, К. И. Мовзитова).

Сотрудниками кафедры в 2011-2020 гг. изданы монографии

Наумов В. А. Минерагения и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия Урала и Приуралья. Пермь, 2011, 162 с.

Осовецкий Б. М., Наумова О. Б. Мелкие алмазы и их поисковое значение. Пермь, 2014. 142 с.

Копылов И. С., Наумов В. А., Наумова О. Б., Харитонов Т. В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015.

Гожик П. Ф., Лаверов Н. П., Лаломов А. В. Цифровое структурно-литологическое геолого-динамическое моделирование месторождений тяжелых минералов. М., 2014.

Лаломов А. В., Таболич С. Э. Локальные геолого-динамические факторы формирования комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов. М., РФФИ, 2013. 223 с.

Кудряшов А. И., Баяндина Э. О. «Нерастворимый остаток солей Верхнекамского калийного месторождения солей». Пермь, 2015. 102 с.

Гершанок В. А. Ибламинов Р. Г. Костицын В. И. Простолупов Г. В. Тарантин М. В. Христенко Л. А. Чадаев М. С. Возможности геофизических методов при изучении неоднородностей земной коры. Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь 2017.

Копылов И. С. Наволокина В. Ю. Наумов В. А. Наумова О. Б. Рыбников П. А. Рыбникова Л. С. Соснин В. Е. е: GEOLOGICAL STRUCTURE AND MINING DEVELOPMENT OF THE URALS. POST-CONFERENCE TOUR. PERM – YEKATERINBURG – NIZHNY TAGIL – PERM. 19-22 JULY 2019.

Копылов И. С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018.

Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Издательский центр Пермского государственного национального исследовательского университета г. Пермь 2019.

Копылов И. С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края [Электронный ресурс] – Пермь, 2021.

Сборники научных трудов:

Копылов И. С. Аэрокосмические методы в геологии // ПГНИУ г. Пермь 2019.

Копылов И. С. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ // ПГНИУ, 2016, 2018, 2019, 2020.

Организация совещаний, конференций, геовебинаров в 2010-2021 гг.

Проведение XV Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания: изучение, освоение, экология (РКВ-2015) (Пермь, ПГНИУ, 24-29 августа 2015) – геологическое мероприятие очень высокого уровня. В Пермском университете оно осуществлено уже во второй раз, ранее совещание проведено в 2005 г. Активными организаторами и членами оргкомитета было профессора В. А. Наумов, О. Б. Наумова, Б. С. Лунев, А. В. Лаломов. В совещании приняли участие практически все сотрудники факультета, занимающиеся этой проблемой (кафедры поисков и разведки полезных ископаемых и кафедры минералогии и петрографии). Это свидетельствует о том, что геологическая научная общественность России признает существование в Пермском университете коллектива исследователей по проблеме исследования и освоения россыпей и месторождений кор выветривания. Этот коллектив способен выполнять масштабные исследования,

организовывать на международном уровне совещания, публиковать материалы, проводить необходимые экскурсии. Все это стало возможным благодаря тому, что в Пермском университете уже давно проводятся региональные, всероссийские (ранее – всесоюзные) семинары, совещания и конференции по литологии, геологии россыпей, мелким ценным минералам и другим проблемам с приглашением российских и зарубежных ученых. В 2021 г. в Воронеже (Воронежский государственный университет) проводится XVI Международное совещание «Россыпи и коры выветривания», профессора О. Б. Наумова, В. А. Наумов, А. В. Лаломов являются членами программного комитета.

Сотрудники кафедры участвуют в организации работы секции «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» на отчетной конференции сотрудников геологического факультета «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» и на студенческой научной конференции «Геология в развивающемся мире, которые ежегодно проводятся на геологическом факультете.

В 2016 г. под руководством и при активном участии профессора В. А. Наумова проведена Международная научно-практическая конференция «Теория и методы исследований в естественных науках», посвященная 95-летию ЕНИ ПГНИУ. В. А. Наумов активно участвует в программных комитетах совещаний, конференций: Съезд горнопромышленников Приволжского ФО (2019); «Золото Сибири», Международный конгресс «Цветные металлы и минералы» (г. Красноярск, 2017, 2018, 2019); Международный конгресс «Рудник будущего» (Екатеринбург, 2020); в работе 1 и 2 национального горнопромышленного форума РФ (Москва, 2015); VI Горнопромышленного форума Уральского ФО (Екатеринбург, 2015); «Техгормет – XXI» (С-Пб, 2015); в заседании горного совета Уральского федерального округа (2015); в работе 2 Всероссийской конференции «Проблемы рационального использования отходов горно-металлургической отрасли» (Москва, декабрь 2015); в работе Всероссийских съездов горнопромышленников России (2016, 2019); участие в неделе Горняка в Уральском ГГУ (2018); участие в работе Технологической платформы «Твердые полезные ископаемые», в работе VIII Съезда геологов РФ (2016) (совместно с О. Б. Наумовой).

В мае 2018 г. в ИГЕМ РАН (Москва) проведены Научные чтения, посвященные памяти и 80-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора, почетного разведчика недр Наталии Георгиевны Патык-Кара (организатор профессор А. В. Лаломов).

Профессор И. С. Копылов – организатор международной научно-практической конференции «Аэрокосмические методы в геологии» (Пермь, 2019), Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (проводится в ПГНИУ ежегодно с 2015 г.)

Международная конференция IMVA «Mine Water: Technological and Environmental Challenges» прошла в июле 2019 г. в ПГНИУ. Сотрудники кафедры приняли активное участие в работе конференции. О. Б. Наумова, В. А. Наумов и И. С. Копылов являлись организаторами постконгрессной экскурсии между-

народной конференции IMVA. Экскурсионный тур проходил 19-22 июля 2019 г. по маршруту Пермь – Екатеринбург – Нижний Тагил – Пермь. Тематика экскурсии – геологическое строение и горнопромышленное освоение Урала.

В 2019-2021 гг. В. А. Наумов активно организует геовебинары, на которых проведена I сессия конференции «Промышленные типы месторождений», международная конференция «Россыпные месторождения золота», Международная научно-практическая конференция «РУДНИК» (май-июнь 2020); Международная конференция EAGE: Инженерная и рудная геология; 1-й научный семинар, Спецсессия: «Техногенно-минеральные образования. Твердая и гидроминеральная составляющая» (2020).

Защиты диссертаций

Большим событием в истории кафедры явились защиты докторских диссертаций: В. А. Наумовым «Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия» (2011); А. В. Лаломовым «Локальные геолого-динамические факторы формирования комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов» (2011); И. С. Копыловым «Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов» (2015).

Кандидатские диссертации защитили сотрудники кафедры Л. А. Христенко «Оптимизация комплексных геофизических исследований золоторудных и медно-никелевых месторождений юга центральной Сибири» (2010 г.); Т. И. Караваева «Геологическое обоснование использования аллювиально-техногенных отложений для очистки поверхностных вод от взвешенных веществ (на примере бассейна р. Вишера)» (2011 г., научный руководитель О. Б. Наумова), – Е. О. Канонникова «Влияние снежных лавин на геосистемы Северо-Западного Кавказа» (2012 г., рук. О. Б. Наумова), Э. О. Баяндина «Исследование геологических условий и результатов избирательного истирания керна сильвинитов при разведке Верхнекамского месторождения» (2018); Д. С. Трапезников «Палеогеографические и палеотектонические обстановки Соликамской впадины в уфимское время» (2019).

Важной частью научной работы кафедры является **оппонирование диссертаций**. В. А. Наумов выступил оппонентом при защите докторской диссертации А. Н. Кутляхметова «Геоэкологическое состояние природно-технических систем районов золотодобычи в Башкирском Зауралье» (Екатеринбург, 2015); кандидатской диссертации В. В. Межубовского «Геология и золотоносность Герфед-Николаевской рудной зоны (Енисейский кряж)» (2017); кандидатской диссертации О. К. Килижекова «Закономерности локализации и особенности разведки погребенных россыпей алмазов Средне-Мархинского района (Якутская алмазоносная провинция)» (Новосибирск, 2017).

А. В. Лаломов оппонировал кандидатскую диссертацию В. П. Мильтон Ленин «Сравнительный анализ золотоносных россыпей бассейна р. Мараньон (Перу) и района Ла-Каролина (Аргентина)» (2013). И. С. Копылов – оппонент по защите докторской диссертации И. М. Васькова «Катастрофические обвалы:

геодинамика и прогноз» (2017) и кандидатской диссертации А. В. Ежковой «Комплексная оценка карстовой опасности при проектировании магистральных газопроводов (на примере участка магистрального газопровода «Сила Сибири», «Чаянда-Ленск» (2020).

В 2021 г. кафедра выступила в качестве ведущей организации при защите кандидатской диссертации А. В. Коломоец «Золотоносность черносланцевой формации Кумакского рудного поля (Южный Урал)».

Работа в диссертационных советах

Профессора кафедры О. Б. Наумова, В. А. Наумов работали в диссертационном совете ПГНИУ Д 999. 207. 02 (2016-2019) по защитах кандидатских и докторских диссертаций по геолого-минералогическим и техническим наукам. А. В. Лаломов в настоящее время является членом диссертационного совета ИГЕМ РАН № Д 002. 122. 01 (Москва, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН), действительным членом Научного совета по проблемам литологии и осадочным полезным ископаемым при Отделении наук о Земле РАН.

В период 2007-2021 гг. В. А. Наумов являлся директором Естественнонаучного института и председателем Ученого Совета ЕНИ ПГНИУ.

Студенческая наука

Студентами кафедры ежегодно публиковалось по 10-15 статей, всего за 2011-2020 гг. ими опубликовано 130 статей. Студенческая научно-исследовательская деятельность на кафедре осуществлялась по нескольким направлениям: обработка материалов, собранных на производственной практике, подготовка научных статей и докладов на конференциях разного уровня, участие во Всероссийских конкурсах и олимпиадах, выполнение работ по тематике грантов и договорных тем. Наиболее активные студенты кафедры награждены дипломами студенческих конференций, конкурсов и олимпиад.

В последние годы высокую активность в научной работе проявили студенты (выпускники кафедры) Сабельников И. С., Михайлов О. А., Мазеин Д. В., Меньшикова А. Н., Соснин Е. П., Сычкина Е. Н., Трапезников Д. Е., Хусаинова А. Ш., Семейкин А. О., Кирин Д. С., Кузнецова Е. А., Павлов А. В., Горбунов А. А., Бельтюкова Д. Ю., Путин Д. Г., Пастухов М. С., Старков Р. И., Плюснина (Мовзитова) К. И., Подчезерцев Н. О., Курнаков Г. В., Голдырев В. Н.

Международная деятельность

Сотрудники кафедры проходят научные стажировки в зарубежных университетах. В 2011 г. доцент В. В. Голдырев повышал квалификацию в Национальном Институте геофизики и вулканологии, и политехническом университете, Турин («Геологическая безопасность крупных городов»). В 2015 г. профессора В. А. Наумов и О. Б. Наумова прошли научную стажировку в Национальном институте геологии, геофизики и вулканологии, Палермо, Италия («Изучение материальных комплексов вулканогенных формаций»).

В. А. Наумов в 2018-2020 г. был научным руководителем с российской стороны совместного Российско-Итальянского проекта международной исследовательской группой ученых на базе ГОУ ВО «ПГНИУ» и ООО «МИП «ГеоИнновация Плюс» по теме: «Разработка природоподобной технологии формирования концентраций полезных компонентов внутри техногенных отвалов» с участием профессора Туринского политехнического института.

В. А. Наумов проводил консультации по освоению техногенно-минеральных образований (шлаковых отвалов) сталеплавильного производства в г. Сумгаит (Азербайджан); консультации для компании TIME Technologia Pty Ltd (Австралия) по освоению отвалов медно-порфирового месторождения **SANTO TOMAS II на Филиппинах, железорудных месторождений Македонии, месторождения Orkni группы золотоносных конгломератов Витватерсранд (ЮАР), медно-порфирового месторождения Мессина (Ботсвана).**

В 2014 и 2015 гг. специализированная геологическая практика в республике Хакасии, Туве и Красноярском крае проходила с участием студентов Оксфордского университета (Великобритания): 2014 г. – 9 студентов, 2015 г. – 5 студентов. В 2016 г. в практике участвовали 11 студентов Китайского нефтяного университета.

Подготовка внешних экспертных заключений

Профессор В. А. Наумов и доценты А. Г. Попов и Э. О. Баяндина являются экспертами Национальной ассоциации по экспертизе недр (НАЭН) и выполняют экспертизы отчетов по подсчету запасов полезных ископаемых на территории Пермского края. Также экспертизу геологических отчетов проводят доценты Г. В. Лебедев и А. С. Сунцев.

В. А. Наумов – член Общественного Совета при Минприроды Пермского Края (с 2018 г.), входит в состав национального реестра специалистов (НОПРИЗ) в области организации выполнения работ по инженерным изысканиям и подготовке проектной документации с 2017 г; является экспертом Национальной ассоциации по экспертизе недр (НАЭН); член президиума Президиума Горного совета Приволжского федерального округа, участник заседаний Высшего Горного совета (2016-2020).

Работа в редколлегиях журналов

В. А. Наумов работает в редколлегиях журналов «Рудник будущего» (Пермь), «Геологический журнал» (Екатеринбург); «Экология и промышленная безопасность» (Пермь), Вестник Пермского национального исследовательского Политехнического университета «Машиностроение, материаловедение», «Известия Уральского государственного горного университета» (Екатеринбург), «Journal of Geological Research» (Сингапур); является рецензентом в журнале Q-1 «Ore Geology Reviews», одним из организаторов и членом экспертного и наблюдательного советов Технологической платформы «Твердые полезные ископаемые».

О. Б. Наумова является членом редколлегии журналов «Вестник Пермского университета. Серия «Геология», «Геология и полезные ископаемые Западного

Урала», «Геология в развивающемся мире», «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность».

И. С. Копылов – член редколлегии журналов «Вестник Пермского университета. Геология», «Успехи современного естествознания», «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований», член экспертного совета журнала «Успехи современного естествознания», в рамках которого в 2017-2020 гг. он осуществил более 180 рецензий статей по специальности 25.00.00. Науки о Земле.

А. В. Лаломов – член редколлегии журнала «Георесурсы» (г. Москва).

Работа со школьниками, юными геологами

Длительное время активную работу с юными геологами (школа юных геологов, олимпиада) проводил доцент А. С. Сунцев. В 2020-21 гг. по линии НОЦ «Рациональное природопользование» проведены мероприятия с юными геологами, в которых участвовали сотрудники кафедры В. В. Голдырев и К. И. Мовзитова (ответственные исполнители от ПГНИУ), В. А. Наумов (эксперт главный судья соревнований юных геологов, которые проводились на учебной базе ПГНИУ «Предуралье»), А. Г. Попов, И. С. Копылов.

Высокий профессионализм, целеустремленность в научных исследованиях и преподавании свойственны сегодня как опытным, так и молодым сотрудникам кафедры. Научный потенциал кафедры в настоящее время позволяет решать многие проблемы геологии поисков и разведки полезных ископаемых, геологии техногенных месторождений.

Библиографический список

1. Брюхов В. Н., Голдырев В. В., Наумов В. А., Мовзитова К. И. Сорбционный модуль для извлечения золота // Патент на полезную модель 197815 u1, 29. 05. 2020. Заявка № 2020106373 от 10. 02. 2020.
2. Гершанок В. А. Ибламинов Р. Г. Костицын В. И. Простолупов Г. В. Тарантин М. В. Христенко Л. А. Чадаев М. С. Возможности геофизических методов при изучении неоднородностей земной коры. Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь 2017.
3. Гожик П. Ф., Лаверов Н. П., Лаломов А. В. Цифровое структурно-литологическое геолого-динамическое моделирование месторождений тяжелых минералов. М., 2014.
4. Копылов И. С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края [Электронный ресурс] – Пермь, 2021. Копылов И. С. Аэрокосмические методы в геологии // ПГНИУ г. Пермь 2019.
5. Копылов И. С. Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность // ПГНИУ, 2016, 2018, 2019, 2020.
6. Копылов И. С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018.
7. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Издательский центр Пермского государственного национального исследовательского университета г. Пермь 2019.
8. Копылов И. С. Наволокина В. Ю. Наумов В. А. Наумова О. Б. Рыбников П. А. Рыбникова Л. С. Соснин В. Е. Geological structure and mining development of the Urals. Post-conference tour. Perm – Yekaterinburg – Nizhny Tagil – Perm. 19-22 JULY 2019.

9. Копылов И. С., Наумов В. А., Наумова О. Б., Харитонов Т. В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015.
10. Кудряшов А. И., Баяндина Э. О. Нерастворимый остаток солей Верхнекамского калийного месторождения солей. Пермь, 2015. 102 с.
11. Лаломов А. В., Таболич С. Э. Локальные геолого-динамические факторы формирования комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов. М., РФФИ, 2013. 223 с.
12. Лебедев Г. В. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. ПГНИУ г. Пермь 2017.
13. Лунев Б. С. Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых в год юбилеев // 70 лет геологическому факультету Пермского университета. Пермь, издательство Пермского университета, 2001, 131-155.
14. Лунев Б. С., Наумова О. Б., Наумов В. А. Атлас форм рельефа. Т. V. Геоморфология. Природные и техногенные формы. Пермь, 2013. 416 с.
15. Лунев. Б. С., Наумова О. Б. Геология россыпей. Атлас геологии россыпей. Т. 2. Алмазы (учебное пособие) // Пермь, изд-во Перм. Гос. нац. исслед. ун-та. 2011. 380 с.
16. Наумов В. А. Минерагения и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия Урала и Приуралья. Пермь, 2011, 162 с.
17. Осовецкий Б. М., Наумова О. Б. Мелкие алмазы и их поисковое значение. Пермь, 2014. 142 с.
18. Сунцев А. С. Основы горной геометрии: учебные задания к лабораторным работам; «Структурная геология. Построение структурных карт»; «Геолого-геометрические методы обработки информации (основы горной геометрии)» (2010).
19. Христенко Л. А. Вариационный анализ одномерной статистической совокупности: практикум / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 35 с.
20. Христенко Л. А. Дисперсионный анализ: практикум: для студентов III-IV курса дневного и заочного отделений геологического факультета по дисциплине «Математические методы в геологии», Пермь, 2016.
21. Khusainova A. S., Naumov V. A., Naumova O. B. Supergene gold transformation in technogenic mineral formations // E3S Web of Conferences 98, 01028 (2019), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199801028>, WRI-16, Number of pages: 5.
22. Lalomov A. V., Grigorieva A. V., Magazina L. O., Naumov V. A. Evolution of the Vagran gold-bearing placer cluster (Northern Urals) and prospects for revealing bedrock mineralization // Geology of Ore Deposits. 2020. T. 62. № 5. C. 407-418. Q 2
23. Lalomov A. V., Naumov V. A. Problem of the application of mathematical methods in geology // Lithology and Mineral Resources. 2018. T. 53. № 4. C. 329-336.
24. Lalomov A. V., Chefranov R. M., Naumov V. A., Naumova O. B., LeBarge W., Dilly R. A. Typomorphic features of placer gold of Vagran cluster (the Northern Urals) and search indicators for primary bedrock gold deposits // Ore Geology Reviews. 2017. T. 85. C. 321-335. – Q-1
25. Osovetsky B. M., Naumova O. B., Naumov V. A. Natural processes of Nanogold Concentrations // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016. Conference Proceedings. 2016. C. 105-112.
26. Rybnikov P. A., Naumov V. A., Navolokina V. Yu., Sosnin V. E., Kopylov I. S. Geological structure and mining development of the urals // post-conference tour Perm – Yekaterinburg – Nizhny Tagil – Perm 19-22 July 2019 / Екатеринбург, 2019.
27. Rybnikova L. S., Naumova O. B., Rybnikov P. A., Naumov V. A., Navolokina V. Yu., Sosnin V. E., Kopylov I. S. Geological Structure And Mining Development Of The Urals. Post-Conference Tour. Perm – Yekaterinburg – Nizhny Tagil – Perm. 19-22 July 2019 // Депонированная рукопись. Редакторы: Рыбникова Л. С., Наумова О. Б. № 462283 12. 08. 2019.

А. Я. Гаев¹, В. Н. Катаев²

¹Институт экологических проблем гидросферы при Оренбургском государственном университете, Оренбург, gayev@mail. ru;

²ПГНИУ, kataev@psu. ru

ПЕРМСКАЯ ШКОЛА ГИДРОГЕОЛОГОВ И СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

Приведены краткие сведения о направлениях научной деятельности коллектива кафедры динамической геологии и гидрогеологии, сформировавшиеся с даты ее основания и до современного периода. Приведен список основных публикаций, посвященных истории становления и развития кафедры. Представлен обзор современных проблем, решаемых российскими гидрогеологами. Кратко освещены проблемы фундаментального подхода к современному пониманию о строении гидросферы.

Ключевые слова: гидросфера, гидрогеология, подземные воды, свойства воды

A. Ya. Gayev¹, V. N. Kataev²

¹Institute of Ecological Problems of the Hydrosphere
at the Orenburg State University, Orenburg, gayev@mail. ru;

²Perm State University, kataev@psu. ru

PERM SCHOOL OF HYDROGEOLOGISTS AND MODERN ISSUES OF HYDROGEOLOGY

Brief information about the directions of scientific activity of the staff of the Department of Dynamic Geology and Hydrogeology, formed from the date of its foundation to the modern period, is given. The list of the main publications devoted to the history of the formation and development of the department is given. The review of modern problems solved by Russian hydrogeologists is presented. The problems of the fundamental approach to the modern understanding of the structure of the hydrosphere are briefly highlighted.

Key words: hydrosphere, hydrogeology, groundwater, water properties

85 лет Пермской гидрогеологической школе. В 2019 г. кафедра динамической геологии и гидрогеологии отметила своё 85-летие. Становление кафедры, как научного коллектива, связано с научными интересами первого заведующего. Именно Георгий Алексеевич Максимович сформулировал те научные направления, которые сейчас определяют не только теоретическую, но и практическую значимость работ сотрудников кафедры. К 1946 году, были сформированы приоритетные направления кафедральных исследований: гидрогеология (общая и нефтяная), нефтяная геология, геология полезных ископаемых, региональная геология, динамическая геология, геохимия. При этом перспективы исследований в области гидрогеологии и нефтяной геологии преобладали над остальными.

Современная научная деятельность сотрудников кафедры основывается на разработке различных по значимости проблем преимущественно по четырем направлениям:

– гидрогеологическое (общая и региональная гидрогеология; формирование ресурсов, режима и состава подземных вод; разработка современных методов поисков, разведки и оценки эксплуатационных запасов подземных вод; минеральные и промышленные воды, шахтная гидрогеология; гидрогеология нефтяных и газовых месторождений);

– гидрогеохимическое (формирование химического состава подземных вод зоны активного водообмена; качество подземных вод, динамика изменения состава и качества подземных вод в пределах территорий градопромышленных агломераций и территорий горнодобывающих районов);

– экзогенная геодинамика (механизм проявления опасных геологических процессов (особенно карстовых), их интенсивность, условия и факторы проявления и развития, особенности распространения на фоне геодинамических обстановок, мониторинг экзогенных процессов);

– гидрогеоэкологическое (экологическое картирование техногеннонапряженных районов развития горно-добывающей промышленности Урала, зон промышленно-городских и агропромышленных агломераций, решение задач подземного захоронения трудноочищаемых сточных вод, локализация загрязнения, вопросы защищенности подземных вод).

Проблематика научных исследований кафедры в различные периоды видоизменялась в зависимости от актуальных требований, приобретала современные формы, но в то же время кафедрой сохранены традиции в научных приоритетах, заложенные и развиваемые её основателем – Г. А. Максимовичем и выдающимися геологами-карстоведами, гидрогеологами, работавшими на кафедре в различные периоды и составляющими «золотой фонд» геологов Прикамья.

Список публикаций, посвященный истории становления и развития кафедры достаточно большой. Ниже приведены основные публикации.

Пермский государственный университет им. А. М. Горького. Исторический очерк (1916–1966), стр. 85, 95, 107, ПО, 120, 121, 140, 145, 166, 172–173, 184, 227–229, 237, 259–260, 267–268. Пермск. книжн. изд. 1966

Лушников Е. А., Печеркин И. А., Яценко Р. В. Георгий Алексеевич Максимович // Гидрогеология и карстоведение: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1964. Вып. 2. С. 3-54.

Проблемы гидрогеологии и карста. Раздел 1 «Роль кафедры динамической геологии и гидрогеологии в развитии Наук о Земле» // Тезисы докладов к научно-техническому семинару. Ч. I. Пермь, областной Дом техники НТО, 1984. С. 3-36.

Пермский университет – науке и производству // Тезисы юбилейной научной сессии / Перм. ун-т. Пермь, 1991. С. 81-112.

Гаев А. Я., Шурубор А. В. Пермская школа геологов, гидрогеологов и карстоведов // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1997. Вып. 12. С. 5-47.

Леонид Андреевич Шимановский (1930-1993). Библиография / Сост. И. А. Шимановская, Т. А. Иванова, отв. ред. И. А. Шимановская. Перм. ун-т. Пермь, 1998. 48 с.

70 лет геологическому факультету Пермского университета: Юбилейный сб. ст. / Перм. ун-т. Пермь, 2001. С. 101-131.

Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 2004. Вып. 15. С. 20-70.

Геолог-карстовед К. А. Горбунова: [Научное издание] / Авт.-сост. Е. Г. Максимович, Н. Г. Максимович. – Пермь: Изд-во «Курсив», 2002. –240с.; Ил. 16с. – (Ученые Пермского университета).

Георгий Алексеевич Максимович: [Научное издание]/Авт. -сост. Е. Г. Максимович, Н. Г. Максимович, В. Н. Катаев. Пермь: Изд-во «Курсив», 2004, 512с.; Ил. 32с. (Ученые Пермского Университета).

Катаев В. Н. Научная школа гидрогеологов, геологов-карстоведов Пермского государственного университета // Геологический факультет Пермского университета – три четверти века: Юбил. сб. / Перм. Ун-т. –Пермь, 2006. С. 98-112.

Гаев А. Я., Катаев В. Н. О фундаментальных проблемах гидрогеологии, разрабатываемых в Пермской школе // Гидрогеология и карстоведение: межвуз. сб. науч. тр. / Перм. гос. ун-т. и др. – Пермь. 2009. – Вып 18. С. 27-41.

Катаев В. Н. Кафедра динамической геологии и гидрогеологии – современный потенциал и перспективы развития // Геологический факультет Пермского университета 80 лет: Юбил. сб. / Перм. ун-т. – Пермь, 2011. – С. 160-195.

Научная деятельность Пермского университета в период с 1991 по 2015 год / сост. В. Н. Катаев, Б. М. Осовецкий, Е. К. Хеннер; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – 175 с.: ил.

В. Н. Катаев. Кафедра динамической геологии и гидрогеологии – научная школа геологов-карстоведов (к 85-летию основания) // Пещеры: сб. науч. тр. / Естественнонауч. ин-т Перм. гос. нац. иссл. ун-та; ГИ УрО РАН – Пермь, 2019. –Вып. 42. С. 111-120.

А. Я. Гаев. Отчет выпускника ПГУ о работе в гидрогеологии за 60-летний период трудовой деятельности // Гидрогеология и карстоведение: межвузовский сборник научных трудов / Пермский государственный национальный исследовательский университет и др. – Пермь, 2020. – Вып. 20. С. 18-35.

За годы научной деятельности кафедры благодаря всемирно известным ученым Г. А. Максимовичу, К. А. Горбуновой, И. А. Печеркину, их коллегам, талантливым ученикам и последователям выполнены и опубликованы несколько тысяч фундаментальных работ по гидрогеологии, инженерной геологии и карстоведению. В эпоху экологического кризиса большое значение приобрели геоэкологические исследования с дальнейшей разработкой фацеального анализа. Для обеспечения Концепции устойчивого развития необходимо расширить и углубить гидрогеологические исследования, как по линии восстановления ВСЕГИНГЕО, так и путем организации фундаментальных гидрогеологических исследований в системе РАН. Это существенно ускорит научно-техническое развитие в России, если поддержать и использовать разработки ведущих ученых страны и их школ.

Разработки ведущих ученых-гидрогеологов представлены в сборниках научных трудов кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского гос-

университета «Гидрогеология и карстоведение». Их начал издавать в 40-50-х гг. XX века проф. Г. А. Максимович. В 2020г. вышел в свет 20-й выпуск сборника.

В этих сборниках принимали и принимают участие авторы не только из России, но и из ближнего и дальнего зарубежья, освещая актуальные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и карстоведения. Благодаря трудам ученых Пермской школы, несмотря на непростые современные условия, сохраняется высокий уровень исследований, заданный Георгием Алексеевичем Максимовичем. Попытаемся проиллюстрировать это на примере отдельных фрагментов из публикаций в сборниках, изданных в последнее десятилетие [3, 4, 5].

К сожалению, в последние десятилетия у нашей отечественной науки и у Пермской школы появились большие трудности. Наши чиновники от науки начали подписывать международные соглашения типа болонских, которые уже внесли в нашу науку столько формализма и мусора, который съедает у ученых огромное количество времени и служит тормозом в развитии. Это, в частности, хорошо показал профессор А. П. Хаустов, анализируя критически «закон Коммонера» – закон внутреннего равновесия, который гласит, что даже небольшие изменения, внесенные человеком в окружающий мир, со временем перерастают в катастрофу. А. П. Хаустов в своем анализе использовал закон в экологии, применительно к гидросфере в условиях техногенеза. Гидросфера показана им в качестве компоненты глобальной экологической системы, и он справедливо примеряет возможности использования в гидрогеологии законы других естественных наук.

Профессор С. М. Судариков из Санкт-Петербургского Горного института, публикуясь в трудах Пермской школы, изучает гидросферу в области формирования субмаринных газовых гидратов при современной гидротермальной деятельности. Он сопоставляет геолого-тектонические обстановки и термобарические условия, стараясь раскрыть роль гидротермальной деятельности в процессе формирования газогидратов. Он исследует гидротермальные растворы срединно-океанических хребтов, определяя концентрации, а также изотопные отношения газов на участках с различной мощностью осадочного чехла в пределах окраинно-океанических бассейнов. На примере о. Сахалин он привел оригинальную модель газогидратообразования и показал влияние термальных восходящих флюидов на формирование скоплений газогидратов.

Профессор А. И. Рахимов из Таджикистана выделил 4 цикла палеогидрогеологического развития, показав, что воды инфильтрационного генезиса могут быть трещинного и пластового типов, формируясь повсеместно. Характеризуя особенности формирования подземных вод Таджикистана, им отмечено, что пресные подземные воды имеют преимущественно инфильтрационное происхождение, а в межгорных депрессиях под туронским водоупором сформировались крепкие рассолы, которые в краевых зонах вытесняются инфильтрационными водами. Формируются воды пестрого состава. Отмечено, что республика располагает, как пресными, так и минеральными бальнеологическими, промышленными и термальными водами. Им показана исключительная актуальность исследований сохранившихся седиментационных межгорных артезианских бассейнов. С ними связаны нефтегазовые месторождения и богатейшие гидроминеральные ресурсы Таджикистана. А. И. Рахимов так же поднимает

проблему оптимизации использования подземных вод на примере Северо-востока Таджикистана. Он показал, что строительство и эксплуатация крупных водохранилищ в условиях урбанизации ухудшило условия хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. В природных водах растет содержание тяжелых металлов, нефтепродуктов, фенолов, увеличивается коли-индекс, а на отдельных участках водоемов развиваются сине-зеленые водоросли. Путем моделирования показано, что восполнение запасов подземных вод за счет поверхностных сопровождается процессами самоочищения. Совместно с Д. Н. Саидовой и С. Я. Абдурахимовым А. И. Рахимов разработал новые для Таджикистана принципы гидрогеоэкологического районирования, учитывающие закономерности формирования качества природных вод в разных геохимических ландшафтах. Показано, что каждой ландшафтной зоне соответствует определенный этап в формировании химического состава природных вод. Выделен новый тип антропогенных супераквальных ландшафтов в равнинной зоне, где в результате многовекового подтопления территории на орошаемых массивах, сформировались мощные лессовидные осадки. Предложены гидрогеоэкологические модели, позволившие установить барьерную роль лессов и сероземов равнинной зоны долины р. Сырдарьи по отношению к потокам тяжелых металлов. Создана информационная база данных и разработаны мероприятия и программа дальнейших водохозяйственных работ для совершенствования водопользования в регионе. Кроме того, им предложены мероприятия по оптимизации водопользования, включая технологии орошения и переход на автоморфный режим орошения, что позволит: а) улучшить качество поверхностных вод, б) экономить до 20% воды, в) повысить урожай, особенно хлопчатника, не менее чем на 10%. При поливах с применением глубокого объёмного рыхления почвы снизятся потери, особенно на участках с тяжелыми суглинистыми почвами (на 10 %). Им выдвинуты задачи по разработке стратегии водохозяйственного строительства и межгосударственного регулирования водных ресурсов в бассейне Аральского моря и энергетическая программа.

Р. Ф. Абдрахманов из Башкортостана и В. Г. Попов из Новочеркасска глубоко развивают тему по формированию химического состава подземных вод Южного Урала в различных по возрасту, происхождению и составу горных породах. Эту тему развивает и А. Я. Гаев с соавторами, характеризуя воды этого региона. Они изменяются от пресных гидрокарбонатных и сульфатных в приподнятой западной части исследуемой территории, до хлоридных на юго-востоке территории и в депрессиях. Показано, что вертикальная гидрогеохимическая зональность, конкретные структурно-гидрогеологические, ландшафтно-климатические и бассейновые условия определяют возможности районировать территорию.

Д. Л. Устюгов из Горного института Санкт-Петербурга на примере Яковлевского месторождения богатых железных руд (КМА) дана действующая гидродинамическая модель, позволяющая оперативно реагировать на смену гидрогеологической обстановки. Она позволяет прогнозировать водоприитоки в горные выработки при ведении горных работ и оптимизировать мероприятия по их дренажу.

Н. С. Дымченко из Волгограда в статье «Влияние грунтовых вод на строительство проектируемой трассы третьей очереди скоростного трамвая» осветила негативные процессы, которые будут сопровождать строительство и эксплуатацию трассы скоростного трамвая, в частности, повышение уровня подземных вод вследствие барражного эффекта. Поэтому автором рекомендовано осуществлять дренаж.

Е. Н. Сквалецкий в статье «О подтоплении застроенных территорий в Оренбуржье» отметил, что подтопление обусловлено некорректной планировкой, засыпкой природных коллекторов, техногенными потерями воды, а также многоводностью года и высокими паводками на реках. В совместной публикации с Ю. М. Нестеренко «К вопросу о водных ресурсах Оренбуржья» он отмечает, что водные ресурсы, формирующиеся в Оренбургской области, на 80% расходуются на испарение, а зарегулированность речного стока очень низкая, и требуется ее совершенствование.

Проф. С. Н. Тагильцев из Екатеринбургского горного университета с соавторами в статье «Организация дренажной системы строящейся станции метро «Ботаническая» в г. Екатеринбург» охарактеризовал гидрогеологический разрез участка метрополитена. Охарактеризованы слой верхний слабопроницаемый, с глинистыми выветрелыми породами, и нижний, состоящий из трещиноватых скальных пород. Организация, выполнявшая дренаж без гидрогеологического контроля, превысила величину водопонижения до 15 м, из-за чего произошло оседание земной поверхности с деформациями сооружения. Возникла необходимость капитального ремонта и совершенствования дренажа.

Профессор В. Л. Бочаров из Воронежа, изучая геосферы Земли, как минеральную основу биосферы и происходящие в них изменения показал, что геоэкология является составной частью глобальной экологии. Он наметил методологические проблемы геоэкологии, как междисциплинарной науки, указав перспективы развития и сформулировал принципы создания систем мониторинга.

А. Я. Гаев, В. Г. Гацков и др. в ряде публикаций на примере Южного Предуралья дали картографическую и геоэкологическую оценку состояния районов нефтедобычи с использованием материалов дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Приведена и описана серия карт состояния, ресурсов и видов воздействия на среду.

С. Л. Шварцев из Томска совместно с Х. Лию из КНР и Л. Л. Камалетдиновой охарактеризовали геохимию подземных вод бассейна Джанхан провинции Хубэй КНР. Они рассмотрели пресные подземные воды густо населенного района Китая, которые, несмотря на длительное использование и неглубокое залегание, только локально загрязнены удобрениями на сельскохозяйственных участках.

Р. Ф. Абдрахманов и Р. М. Ахметов в статье «Гидрогеоэкология горнорудных районов Башкортостана» представили результаты эколого-гидрогеологических исследований в районах горнорудной промышленности республики.

Л. П. Норова из Санкт-Петербургского горного института систематически исследует приморские районы Санкт-Петербурга, описывая особенности их

строения и характеризуя виды техногенного воздействия на геологическую среду и специфику загрязнения подземных вод.

Проф. Е. В. Краснов с соавторами из Калининграда охарактеризовал новый метод оценки качества прибрежно-морских вод, основанный на связи биологического разнообразия гидробионтов со степенью загрязнения вод стоками промышленных предприятий. Совместно с А. Ю. Романчук Е. В. Краснов описал глобальные геоэкологические и биогеохимические процессы в истории Земли, отметив, что взаимосвязи геоэкологических и биогеохимических перестроек, установленные В. И. Вернадским, пока не исследуются, в то время как кризисы и катастрофы в истории Земли надо исследовать с биогеохимических позиций.

В направлении карстоведения и инженерно-геологических проблем А. Я. Гаев, Ю. А. Килин и другие систематически характеризуют гидрогеологические особенности карста в регионах Урала и стран СНГ. Отмечено, что только в регионах Урала карстующиеся породы с трещинно-карстовыми водами распространены на 40–50% территории, что требует особых методических подходов при решении народнохозяйственных задач. С недостаточным учетом и изученностью гидрогеологических условий при развитии карста связаны крупные аварии при строительстве и разработке месторождений полезных ископаемых, на урбанизированных территориях и на коммуникациях. Авторами для оценки условий развития карста предложены схемы районирования.

В работах ряда исследователей, посвященных развитию галогенного карста, отмечается, что в результате разработки сульфатно-галогенных пород образуются гигантские по размерам искусственно-карстовые формы. На рудниках разрабатываются камеры огромных размеров. Они с давних времен начали использоваться человеком для укрытий, жилья, хранилищ. В Польше, в районе Кракова шахты XVI–XVIII веков переоборудованы под уникальный музей. В Соль Илецке 6 карстовых озер с множеством карстовых форм и пустот превращены в туристические объекты. Исследованию карста и гидрохимии карста посвящены фундаментальные труды Г. А. Максимовича, В. С. Лукина, К. А. Горбуновой, И. А. и А. И. Печеркиных, В. Н. и Г. Н. Дублянских, В. Н. Быкова, В. Н. Катаева, Г. В. Бельтюкова, Г. П. Лысенина, Е. А. Лушников и мн. др.

В Пермском национально-исследовательском и Оренбургском госуниверситетах регулярно проводятся научные конференции по водохозяйственным проблемам и рациональному природопользованию. Издаются труды с докладами нескольких сот авторов с участием представителей многих десятков организаций России и стран ближнего и дальнего зарубежья. В конференциях участвуют организации РАН, НИИ министерств и ведомств, десятки вузов России и стран СНГ, а также многочисленные общественные организации. Это обусловлено ростом и исключительным значением водохозяйственных проблем для народов РФ и других стран. Мнение ученых и специалистов заключается в том, что вода, используемая в пищу и для питья невелика по объему, но должна быть чистой и отвечать всем санитарным и физиологическим требованиям. Такая вода должна формироваться вне зоны воздействия техногенеза. Ее нельзя подготовить «из любой лужи», как проповедуют некоторые деятели. Демографические

проблемы, обострившиеся во многих странах, в том числе и в нашей стране, напрямую связаны с проблемами выживания народов России, и в первую очередь с водохозяйственными проблемами и проблемами водохозяйственного строительства. Вот почему мы в составе Российского Союза Гидрогеологов рекомендуем выделить решение водохозяйственных проблем в бюджетах всех уровней и всех регионов страны отдельной строкой. К разработке и решению демографических и водохозяйственных программ следует привлечь ведущих ученых, специалистов и профессионалов, сформировав из них координационные советы. Просить правительство и руководство РАН создать для ученых, способных решать проблемы демографии и водохозяйственного строительства, вакансии академиков и член-корр. РАН. Они должны быть способны готовить специалистов и кадры высшей квалификации по демографическому и водохозяйственному строительству.

Б. С. Соколов академик РАН в статье «О принципе геологической вечности жизни В. И. Вернадского и возрасте Земли» очень четко изложил взгляды В. И. Вернадского на возраст Земли. Он отметил, что и радиоизотопным методом «измеряется не возраст Земли, как планеты, а уровень метаморфизма в слоисто-формационной структуре Земли, примерно в интервале 4-х миллиардов лет. Но это – не возраст Земли!»

Даже в кратких сообщениях научных сборников Пермского государственного национально-исследовательского университета публикуются оригинальные научные факты. Так, О. А. Лихоман и Ю. В. Ваньшин сообщили о находках в Саратовской области в шлихах высоких содержаний киновари и ртути в литохимических пробах, представляющих «реальную угрозу окружающей среде».

А. Я. Гаев и И. Н. Алферов, исследуя водный сток с территории Оренбуржья, отметили низкое качество вод в поверхностном стоке. Причины связаны со значительными потерями на испарение (до 900 мм в год) и утечками при транспортировке. Авторы рекомендуют внедрять методы аккумуляирования паводкового стока с частичной подпиткой им аллювиальных песчано-гравийно-галечных отложений. Таким образом, возможно, искусственно восполнять запасы подземных вод, снижая их дефицит, повышая их питьевые качества и сокращая затраты на водохозяйственное строительство.

Для обеспечения перехода на модель устойчивого развития ученые МАНЭБ (Международной академии наук экологии и безопасности человека и природы) совместно с учеными кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского госуниверситета и кафедры геологии Оренбургского университета предлагают заинтересованным фирмам и предприятиям новейшие технологии по обеспечению экологической и водохозяйственной безопасности.

Гидрогеология – наука о гидросфере. Фундаментальные основы наук о водной оболочке Земли развиваются в мировой науке в двух направлениях: 1) изучение самой воды, как уникального вещества, благодаря удивительным и мало пока изученным свойствам которой, сформировалась и развивается биосфера; 2) изучение пространственно-временных особенностей гидросферы, ее строения и развития. Анализ наиболее значительных публикаций после фундаментальных работ В. И. Вернадского, свидетельствует о том, что многие все

еще рассматривают гидрогеологию, как науку о подземных водах, несмотря на обоснование ведущими учеными представлений о ней, как науки о подземной гидросфере, находящейся во взаимодействии с планетной средой. К сожалению, в РАН фундаментальные проблемы гидрогеологии вообще не рассматриваются. Подземные воды признаются полезным ископаемым, а не важнейшим компонентом формирования окружающей среды. Исключение представляют отдельные исследователи (Е. В. Пиннекер, С. Л. Шварцев, Н. И. Толстихин, В. А. Кирюхин и др.). Так, С. Л. Шварцев обоснованно утверждает, что гидрогеология в ближайшее время «... займет лидирующие позиции среди геологических наук».

В статье одного из ведущих ученых РФ профессора В. А. Кирюхина «Главные события в эволюции подземной гидросферы» описаны девять этапов ее развития, которые он тесно связывает с другими важнейшими процессами на планете: гидрологическими, климатическими, тектоническими. Эволюция гидросферы протекала циклично, непрерывно усложняясь. Вулканогены породили гидрогеологические массивы, а за ними сформировались артезианские бассейны. Сначала на планете были пресные воды, с протерозоя появились соленые воды, а в венде – рассолы. Трансформация гидрогеологических условий протекала под влиянием оледенений, а с антропогена – так же под влиянием деятельности людей.

Формула воды, как H_2O с молекулярной массой 18 а. е. м. была установлена в конце XVIII – начале XIX в. экспериментально Г. Кавендишем, А. Лавуазье, А. Гумбольдтом и Ж. Л. Гей-Люссаком. Позже были выявлены уникальные свойства воды, иные, чем у других веществ: температура кипения и плавления, теплоемкость, диэлектрическая постоянная, плотность при разной температуре, широкое распространение на планете, многообразие в составе, движении и особенностях структуры. Структуру и строение воды изучали Бернал и Фаулер, Самойлов, Аджено, Макс Вильке и др. [1, 8].

Строение и состав гидросферы изменяются вместе с изменением видов воды, ее структуры, физических свойств и химического состава в системе «вода-порода-газы-живое вещество». В работах О. Мейнцера, А. Ф. Лебедева, Б. В. Дерягина, Е. В. Пиннекера, А. А. Роде, А. И. Силина-Бекчурина, Е. М. Сергеева, Н. И. Толстихина и др. охарактеризованы воды в свободном, гравитационном, физически и химически связанном, в жидком, твердом, парообразном и в надкритическом состояниях. По сравнению с веществами, состоящими из химических элементов, соседствующими с водородом и кислородом в периодической системе, вода аномальна по большинству ее физических и физико-химических свойств. Так, например, в противоположность другим веществам, которые при плавлении увеличиваются в объеме с уменьшением плотности, вода при плавлении льда, уменьшается в объеме, а плотность ее увеличивается. Так, плотность льда из пресной воды при 0 °С составляет 0,918 г/см³. Плотность воды в интервале температур от 0 до 4 °С возрастает, а затем снижается. Теплоемкость воды больше, чем у любой другой жидкости на планете, составляя 4,19 Дж/°С. Теплоемкость воды определяет особенности климата на планете. Вода медленно нагревается и медленно остывает. При таянии льда и

превращении жидкой воды в пар тратится огромное количество тепловой энергии, соответственно $333,7 \cdot 10^3$ Дж/кг и $2258 \cdot 10^3$ Дж/кг. Поэтому водоемы планеты являются мощными аккумуляторами энергии. По Д. Херду, температура таяния льда, если бы не было водородных связей, составила 120°C , а температура кипения 112°C , что близко к соответствующим температурам гидридов аналогичных элементов по положению в периодической таблице: H_2S , H_2Se , H_2Te .

Физические свойства воды, к сожалению, изучены в узком диапазоне условий и для ограниченного числа параметров. Удивительные свойства воды исследователи связывают с особенностями структуры и наличием водородных связей. Свойствами водородной связи объясняют явления адсорбции, катализа, а в биологии – активность ферментов и пр.

Элементы фундаментального подхода к гидрогеологии и к строению гидросферы прослеживаются с работ Ж. Ламарка, Э. Зюсса, К. Кейльгака, О. Менцера, а в России С. Н. Никитина, П. Н. Чирвинского, Ф. П. Саваренского, Г. В. Богомолова, Г. Н. Каменского, Н. И. Толстихина, А. М. Овчинникова, Г. А. Максимовича и многих других. Уже в работах этих авторов, как и у В. И. Вернадского [2] четко раскрываются идеи единства природных вод Земли. Просматривается стремление классифицировать подземные воды так, чтобы генетические признаки вод включали одновременно особенности их динамики, физических свойств и химического состава, местоположение в гидросфере.

Анализ взглядов ведущих ученых на природные воды и круговорот воды позволяет сделать определенные выводы.

Существует единый планетарный круговорот воды с двумя областями питания и разгрузки. С точки зрения планетарного круговорота воды геологическая ветвь его до сих пор гидрогеологами не дооценивается, поскольку методы подсчета элементов водного баланса этой ветви круговорота нельзя признать достаточно обоснованными. Существование ювенильных вод со времен Ф. Пошпного (1867) и Э. Зюсса (1893, 1902) никто не опровергал, то есть идея существования области питания гидросферы этими водами является общепринятой, хотя в литературе отсутствует указание места их формирования. Поэтому осталось только признать, что областью питания гидросферы ювенильными водами служит зона влияния астеносферы, и она одновременно при смене знака неотектонических движений, может быть и областью их разгрузки. То есть, процесс носит обратимый характер. Компоненты, из которых формируются ювенильные воды, снова выделяются при их распаде. Догадки этой идеи мы находим уже у В. И. Вернадского, который неоднократно отмечает открытость гидросферы не только в сторону космоса, но и в сторону ядра планеты, а также наряду с синтезом воды в недрах, признает существование ее распада, что в настоящее время не вызывает сомнения. В. П. Зверев [6], обобщивший современные представления о массопотоках гидросферы без учета вод в надкритическом состоянии, оценил круговорот воды в зоне свободного водообмена в 10500 км^3 в год, а в зоне затрудненного водообмена в 660 км^3 в год. Приток вод из мантии, по В. П. Звереву, составляет $0,941 \text{ км}^3$ в год, из океанической коры – $0,63 \text{ км}^3$ в год, и из современных вулканов – 4 км^3 в год. Водоприитоки через

океанические хребты оцениваются в 180 км^3 в год. Как и В. П. Зверев, мы считаем, что эти цифры сильно занижены. Их объемы, видимо, испытывают весьма значительные колебания во времени, как и интенсивность тектонических, магматических и вулканических процессов, но, в целом, их интенсивность выше отмеченных значений более, чем на порядок. Иначе гидросфера планеты не смогла бы сохранить современный облик из-за значительных потерь в околоземное и космическое пространство, и на расходы в связи с формированием огромных количеств физически и химически связанных вод в литосфере. Только объем гравитационных вод, принявший участие в гидрогеологической ветви планетарного круговорота в фанерозое оценен в $6 \cdot 10^{12} \text{ км}^3$, что соизмеримо с массой Земли и превышает массу вод морей и океанов более, чем в 3 раза. Это свидетельствует о том, что смена вод произошла в зоне интенсивного водообмена несколько тысяч раз, но и нижняя часть гидросферы многократно сменила свой состав. То есть климатическая, гидрогеологическая и геологическая ветви круговорота воды представляют собой составные части единого планетарного круговорота.

Таким образом, гидросфера – это водная оболочка планеты, в которой воды в различных фазовых, структурных и физических состояниях находятся в непрерывно и необратимо изменяющемся взаимодействии с породами, газами и живым веществом вмещающей среды, а сама водная оболочка взаимодействует со всеми геосферами Земли, включая астеносферу. Она имеет две области питания и разгрузки – экзогенную и эндогенную. В экзогенной области питание осуществляется атмосферными осадками и космическим льдом, а в эндогенной части – ювенильными водами. Как отметил В. А. Кирюхин [7], она характеризуется непрерывностью и необратимостью в развитии, сбалансированностью процессов водообмена, теплообмена и взаимодействия с другими геосферами и оболочками планеты.

Библиографический список

1. Блох А. М. Структура воды и геологические процессы. М.: Изд. Недра, 1969. – 216 с.
2. Вернадский В. И. История природных вод / В. И. Вернадский; отв. ред. С. Л. Шварцев, Ф. Т. Яншина. – М.: Наука, 2003. – 750 с.
3. *Гидрогеология и карстоведение*: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. гос. ун-т. и др. – Пермь, 2009. – Вып. 18. – 314 с.: ил.
4. *Гидрогеология и карстоведение*: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2013. – Вып. 19. – 449 с.: ил.
5. *Гидрогеология и карстоведение*: межвузовский сборник научных трудов / Пермский государственный национальный исследовательский университет и др. – Пермь, 2020. – Вып. 20. – 343 с.: ил.
6. Зверев В. П. Подземные воды земной коры и геологические процессы. М.: Научный мир, 2007. – 256 с.
7. Кирюхин В. А. Общая гидрогеология: Учебник / В. А. Кирюхин; СПб гос. горный ин-т (техн. ун-т). СПб, 2008. – 439 с.
8. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013; DOI:10. 1073/pnas. 1220301110. Источник chemport. ru

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОРОД ПЕРМСКОЙ СИСТЕМЫ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

В статье рассмотрены породы пермской системы, которые получили свое распространение в границах территории Пермского края. Представлены площади распространения пермских отложений, разделенных по стратиграфическим подразделениям и по литологическим разностям. Посчитано, что площадь распространения пород пермской системы в Пермском крае составляет 119922,49 км² или 74,7% от общей площади края.

Ключевые слова: пермская система, стратиграфическое подразделение, литологическая разность, площадь распространения

К. О. Khudenkikh
Ergach LLC, Perm kray, Ergach, ms002@ergach0.ru

DISTRIBUTION OF PERMIAN SYSTEM ROCKS IN PERM TERRITORY

In article the Permian system rocks which distributed in boundaries of Perm territory are considered. The areas of distribution of Permian sediments divided by stratigraphical subdivisions and lithological varieties are presented. It is counted area of distribution of Permian system rocks is 119922,49 sq km or 74,7% of total area of Perm territory.

Key words: perm system, stratigraphical subdivision, lithological variety, area of distribution

В 1999 г. Горный институт УрО РАН (г. Пермь) в рамках выполнения государственной темы «Изучение общих и региональных закономерностей карсто- и спелеогенеза Урала» начал составление карты распространения карстующихся пород на территории Пермской области масштаба 1:500000. В этой работе автор, будучи студентом геологического факультета Пермского государственного университета, принимал активное участие под руководством профессоров В. Н. Дублянского и Г. Н. Дублянской.

Для составления карты распространения карстующихся пород на территории Пермской области необходимо было перевести геологическую карту Урала масштаба 1:500000 в электронный вариант (в границах Пермской области). Эта задача была выполнена, результатом чего стало составление двух карт в электронном варианте: карты распространения карстующихся пород и карты распространения литологических типов карста на территории Пермской области масштаба 1:500000. Помимо составленных карт были получены новые данные о площадях распространения карстующихся пород и литологических типов карста на территории Пермской области [2].

Электронный вариант геологической карты Урала в границах Пермского края позволяет оценить не только распространение карстующихся пород, но и сделать выборки по геологическому возрасту и литологии горных пород, в частности пермской системы, чему и посвящена данная работа.

Согласно стратиграфическому кодексу России [1] в настоящее время пермская система включает в себя три отдела: нижний (P₁) Приуральский, средний (P₂) Биармийский и верхний (P₃) Татарский. Однако оцифрованная геологическая карта Урала была создана еще в советский период, поэтому в дальнейшем описании пород пермской системы автором используются стратиграфические индексы и наименования стратиграфических подразделений согласно условным обозначениям к карте, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Индексы и наименования стратиграфических подразделений пермской системы, используемые в условных обозначениях к геологической карте Урала масштаба 1:500000

| Отдел | Индекс | Наименование стратиграфического подразделения |
|---------|----------------------------------|--|
| Верхний | P ₂ t | татарский ярус |
| | P ₂ t ₂ | татарский ярус. Верхний подъярус |
| | P ₂ t ₁ | татарский ярус. Нижний подъярус |
| | P ₂ kz | казанский ярус |
| | P ₂ u | уфимский ярус |
| | P ₂ šš | уфимский ярус. Шешминский горизонт |
| | P ₂ sl | уфимский ярус. Соликамский горизонт |
| Нижний | P ₁ k | кунгурский ярус |
| | P ₁ i | иренский горизонт кунгурского яруса |
| | P ₁ f | филипповский горизонт кунгурского яруса |
| | P ₁ ar | артинский ярус |
| | P ₁ ar ₂ | артинский ярус. Верхний подъярус (саргинский и саранинский горизонты) |
| | P ₁ ar ₁ | артинский ярус. Нижний подъярус (иргинский и бурцевский горизонты) |
| | P ₁ s+ar | сакмарский и артинский ярусы |
| | P ₁ a-ar | ассельский, сакмарский и артинский ярусы |
| | P ₁ a-ar ₁ | ассельский, сакмарский ярусы и нижний подъярус артинского (иргинский и бурцевский горизонты) яруса |
| | P ₁ a±s | ассельский и сакмарский ярусы: объединенные (+), нерасчлененные (-) |
| | P ₁ a | ассельский ярус |

Распространение отложений пермской системы по стратиграфическим подразделениям

Горные породы пермской системы в границах Пермского края представлены верхним (татарский, казанский и уфимский ярусы) и нижним (кунгурский, артинский, сакмарский и ассельский ярусы) отделами (табл. 1).

Площади распространения пород верхнего и нижнего отделов пермской системы представлены в таблице 2 и на рисунке 1. Согласно этой таблице наибольшее распространение имеют отложения верхнего отдела – 92458,18 км² или 57,6% от общей площади Пермского края (160476 км²), среди которых наиболее распространены горные породы уфимского яруса – 35352,81 км²

(22,0%), затем татарского яруса – 32638,13 км² (20,3%). Наименьшее распространение имеют отложения казанского яруса, составляющие 24467,24 км² (15,2%).

Общая площадь контура распространения горных пород, приуроченных к нижнему отделу пермской системы, составляет 27464,31 км² (17,1%). На геологической карте Урала в границах Пермского края в нижнем отделе пермской системы полностью расчленены только отложения кунгурского яруса (табл. 1), площадь распространения которых составляет 17762,39 км² (11,1%). Несмотря на то, что в артинском ярусе на геологической карте выделено два подъяруса, он не является полностью обособленным: на карте также присутствуют нерасчлененные отложения этого яруса с сакмарским и ассельским. Последние два яруса также показаны на карте как объединенные и нерасчлененные. Исходя из этого, невозможно посчитать площади распространения отложений каждого яруса по отдельности. Суммарная площадь распространения горных пород, приуроченных к артинскому, сакмарскому и ассельскому ярусам, составляет 9701,92 км² (6,0%).

В целом отложения пермской системы занимают площадь 119922,49 км² или 74,7% от площади Пермского края.

Таблица 2. Распространение пород пермской системы по стратиграфическим подразделениям

| Отдел | Индекс стратиграфического подразделения | Площадь, занимаемая породами стратиграфического подразделения, км ² | Процент от общей площади Пермского края | Всего по отделу, км ² | Всего по отделу, % |
|---------|---|--|---|----------------------------------|--------------------|
| Верхний | P _{2t} | 21234,18 | 13,2 | 92458,18 | 57,6 |
| | P _{2t2} | 6765,67 | 4,2 | | |
| | P _{2t1} | 4638,28 | 2,9 | | |
| | P _{2kz} | 24467,24 | 15,2 | | |
| | P _{2u} | 3184,00 | 2,0 | | |
| | P _{2šš} | 19535,58 | 12,2 | | |
| | P _{2sl} | 12633,23 | 7,9 | | |
| Нижний | P _{1k} | 10585,38 | 6,6 | 27464,31 | 17,1 |
| | P _{1i} | 5416,50 | 3,4 | | |
| | P _{1f} | 1760,51 | 1,1 | | |
| | P _{1ar} | 5591,32 | 3,5 | | |
| | P _{1ar2} | 491,68 | 0,3 | | |
| | P _{1ar1} | 198,35 | 0,1 | | |
| | P _{1s+ar} | 58,04 | 0,0 | | |
| | P _{1a-ar} | 221,70 | 0,1 | | |
| | P _{1a-ar1} | 2314,18 | 1,4 | | |
| | P _{1a±s} | 552,99 | 0,3 | | |
| | P _{1a} | 273,66 | 0,2 | | |
| | Итого | 119922,49 | 74,7 | | |

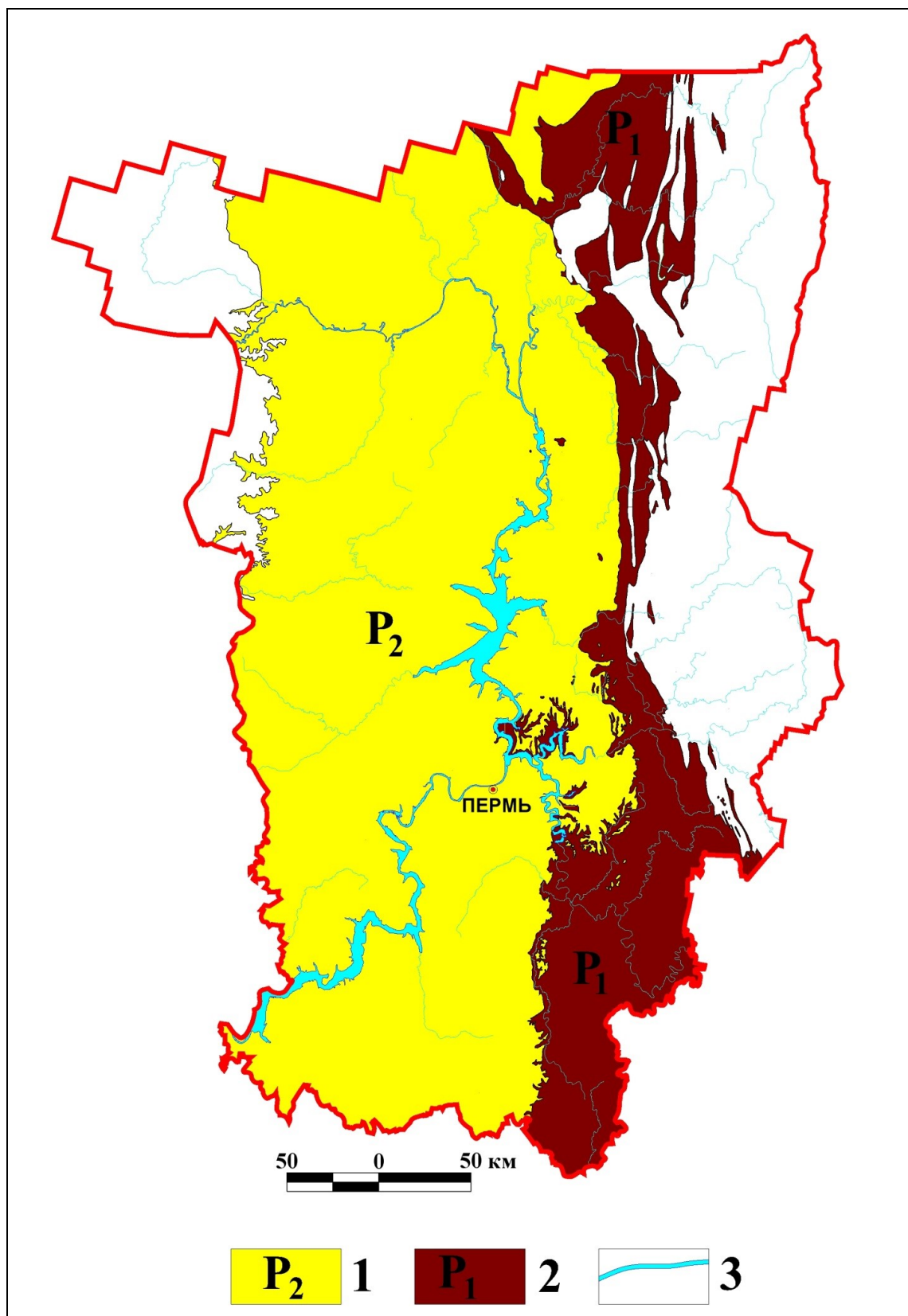


Рисунок 1. Распространение отложений нижнего и верхнего отделов пермской системы в Пермском крае 1 – отложения верхнего отдела; 2 – отложения нижнего отдела; 3 – реки и водохранилища.

На рисунке 1 представлены контура распространения отложений пермской системы в границах Пермского края. Ввиду того, что масштаб рисунка 1 довольно мелкий, не представляется возможным выделить на нем все стратигра-

фические подразделения, содержащиеся в таблицах 1 и 2, поэтому на представленной карте показы лишь площади распространения верхнего и нижнего отделов пермской системы. Горные породы верхнего отдела пермской системы залегают в северной, центральной, южной и западной частях территории Пермского края, отложения нижнего отдела протянулись узкой полосой с севера на юг в центрально-восточной части территории края. В северо-западной и восточной частях отложения пермской системы отсутствуют.

Распространение отложений пермской системы по литологическому признаку

В границах территории Пермского края отложения пермской системы представлены следующими литологическими разностями: известняками, доломитами, а также их переслаиванием, гипсами и ангидритами, калийными и натриевыми солями, седиментационными карстовыми брекчиями, терригенно-карбонатными породами, включающими известняки, доломиты, мергели, песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, и терригенными образованиями, сложенными песками, алевролитами, глинами, песчаниками, алевролитами и глинистыми и углисто-кремнисто-глинистыми сланцами.

Площади распространения указанных выше литологических разностей представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3. Распространение пород пермской системы по литологическим разностям

| Горные породы | Площадь распространения, км² | Процент от общей площади Пермского края |
|--------------------------------------|--|--|
| Терригенные | 91650,47 | 57,1 |
| Терригенно-карбонатные | 13563,15 | 8,5 |
| Переслаивание известняка с доломитом | 2019,44 | 1,3 |
| Известняк | 6803,70 | 4,2 |
| Гипс, ангидрит | 4481,27 | 2,8 |
| Калийные и натриевые соли | 15,32 | 0,01 |
| Карстовые брекчии | 1389,14 | 0,9 |
| Итого | 119922,49 | 74,7 |

Наибольшее распространение получили терригенные породы, площадь которых составляет 91650,47 км² или 57,1% от общей площади Пермского края. Терригенно-карбонатные отложения распространены на площади 13563,15 км² (8,5%). Наименьшее распространение имеет участок залегания калийных и натриевых солей (15,32 км² или 0,01%), однако именно к нему приурочено знаменитое Верхнекамское месторождение калийных солей. Остальные литологические разности занимают небольшие площади в интервале от 0,9 до 4,2% от общей площади Пермского края, суммарно составляя 14693,55 км² (9,2%).

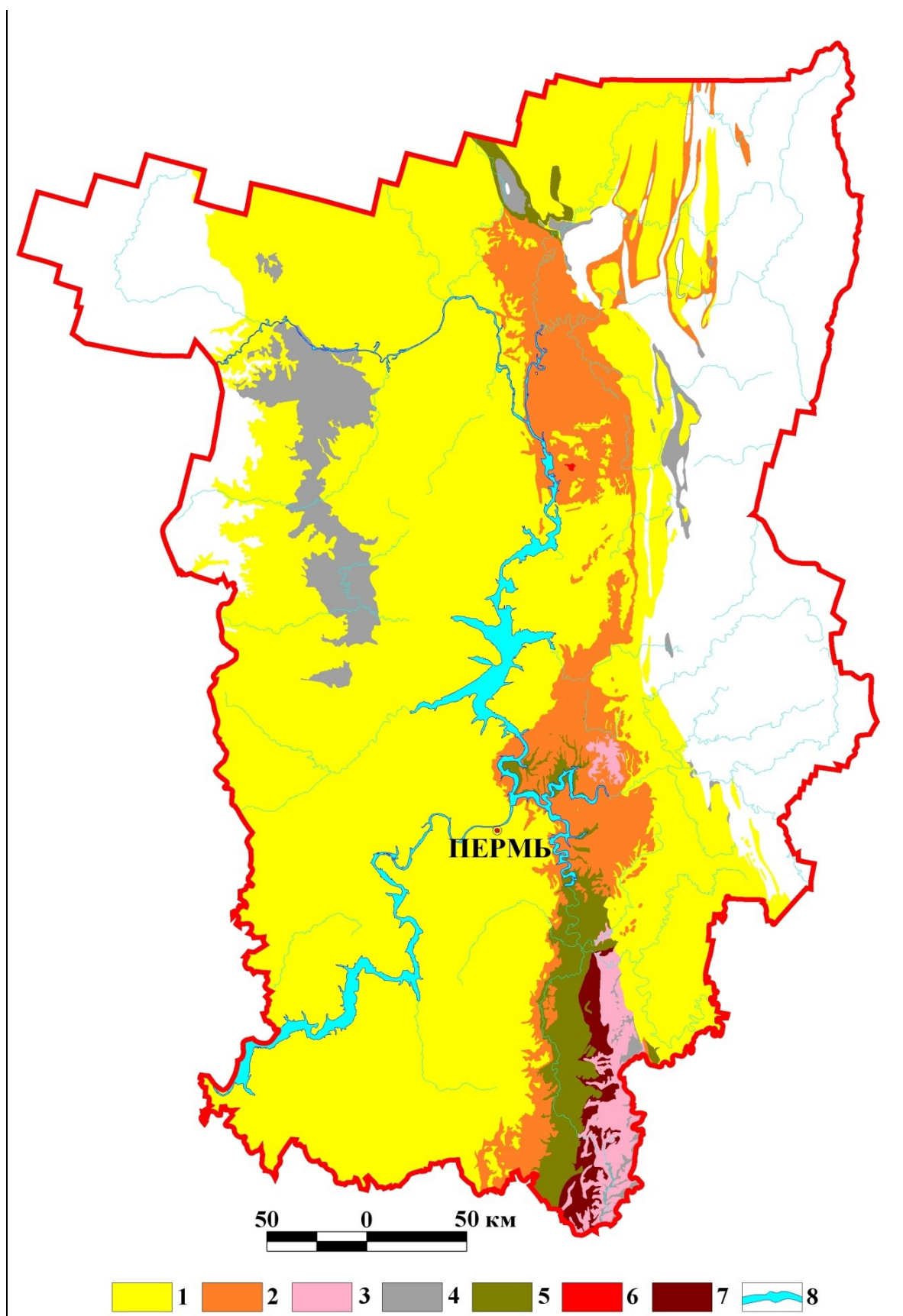


Рисунок 2. Распространение отложений пермской системы разной литологии в Пермском крае. 1 – терригенные; 2 – терригенно-карбонатные; 3 – переслаивание известняков и доломитов; 4 – известняки; 5 – гипсы и ангидриты; 6 – калийные и натриевые соли; 7 – карстовые брекчии; 8 – реки и водохранилища

Терригенные породы распространены практически по всей площади Пермского края, за исключением восточной, северо-восточной, северо-западной и частично юго-восточной его частей (рис. 2). Терригенно-карбонатные породы протянулись полосой с севера на юг в центральной части края, имеются незначительные узкие выходы в северо-западной части. Переслаивающиеся карбонатные породы (известняки и доломиты) получили свое распространение в виде узкой полосы в южной части территории Пермского края. Также имеется небольшой участок выхода этих отложений в центральной части региона. Основная площадь распространения известняков располагается в центрально-западной и северо-западной частях края. Небольшие участки также имеются на севере, востоке и юге региона. Гипсы и ангидриты распространены в южной, центральной и северной частях Пермского края, но основные площади сосредоточены в южной его части. Участок проявления калийных и натриевых солей расположен на условной границе северной и центральной частей региона (г. Березники и г. Соликамск). Карстовые брекчии протянулись узкой полосой на юге Пермского края.

В итоге автором была сформирована таблица, отражающая распространение отложений пермской системы и по стратиграфическим подразделениям и по литологическим разностям (табл. 4).

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Наибольшее распространение среди терригенных пород пермской системы имеют отложения верхнего отдела ($75467,24 \text{ км}^2 - 46,9\%$), из которых самые большие площади распространения приурочены к татарскому ярусу ($27999,85 \text{ км}^2 - 17,4\%$). Терригенные породы нижнего отдела распространены на площади $16463,80 \text{ км}^2$ ($10,3\%$) с преобладанием отложений кунгурского яруса ($10097,70 \text{ км}^2 - 6,3\%$).

Терригенно-карбонатные породы верхнего отдела представлены только отложениями соликамского горизонта уфимского яруса ($12374,30 \text{ км}^2 - 7,7\%$), однако этот ареал распространения является наибольшим среди терригенно-карбонатных пород. Площадь распространения терригенно-карбонатных пород нижнего отдела составляет $1188,85 \text{ км}^2$ ($0,7\%$), среди которых подавляющая часть приурочена к нерасчлененным отложениям ассельского, сакмарского и артинского ярусов ($1062,43 \text{ км}^2 - 0,7\%$).

Наибольшую площадь распространения переслаивания карбонатных пород (известняка и доломита) имеют породы филипповского горизонта кунгурского яруса нижнего отдела ($1760,51 \text{ км}^2 - 1,1\%$), верхний отдел представлен соликамским горизонтом уфимского яруса, площадь распространения которого составляет $258,93 \text{ км}^2$ ($0,2\%$).

Самая большая площадь распространения известняков приурочена к нижнему подъярусу татарского яруса верхнего отдела ($4638,28 \text{ км}^2 - 2,9\%$). Известняки нижнего отдела приурочены к нерасчлененным артинскому, сакмарскому и ассельскому ярусам, суммарная площадь распространения которых составляет $2165,42 \text{ км}^2$ ($1,3\%$).

Гипсы и ангидриты полностью приурочены к кунгурскому ярусу нижнего отдела площадью распространения $4481,27 \text{ км}^2$ ($2,8\%$).

Единственный на карте ареал распространения калийных и натриевых солей представлен отложениями кунгурского яруса нижнего отдела (15,32 км² – 0,01%).

Карстовые брекчии также приурочены к кунгурскому ярусу нижнего отдела, площадь их распространения составляет 1389,14 км² (0,9%).

Площадь распространения отложений пермской системы на территории Пермского края составляет 119922,49 км² (74,7%).

| Горные породы | Верхний отдел | | | | | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| | P _{2t} | P _{2t2} | P _{2t1} | P _{2kz} | P _{2u} | P _{2ss} | P _{2sl} |
| | Площадь, км ² / % от общей площади Пермского края | | | | | | |
| Терригенные | <u>21234,18</u> 13,2 | <u>6765,67</u> 4,2 | | <u>24467,24</u> 15,2 | <u>3184,00</u> 2,0 | <u>19535,58</u> 12,2 | |
| Терригенно-карбонатные | | | | | | | <u>12374,30</u> 7,7 |
| Переслаивание известняка с доломитом | | | | | | | <u>258,93</u> 0,2 |
| Известняк | | | <u>4638,28</u> 2,9 | | | | |
| Гипс, ангидрит | | | | | | | |
| Калийные и натриевые соли | | | | | | | |
| Карстовые брекчии | | | | | | | |

| Горные породы | Нижний отдел | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | P _{1k} | P _{1i} | P _{1f} | P _{1ar} | P _{1ar2} | P _{1ar1} | P _{1s+ar} | P _{1a-ar} | P _{1a-ar1} | P _{1a±s} | P _{1a} |
| | Площадь, км ² / % от общей площади Пермского края | | | | | | | | | | |
| Терригенные | <u>10097,70</u> 6,3 | | | <u>5242,7</u> <u>8</u> 3,3 | <u>491,68</u> 0,3 | <u>198,35</u> 0,1 | | | | <u>399,17</u> 0,2 | <u>34,12</u> 0,02 |
| Терригенно-карбонатные | | <u>18,45</u> 0,01 | | | | | | <u>1062,4</u> <u>3</u> 0,7 | | <u>107,97</u> 0,1 | |
| Переслаивание известняка с доломитом | | | <u>1760,5</u> <u>1</u> 1,1 | | | | | | | | |
| Известняк | | | | <u>348,54</u> 0,2 | | | <u>58,04</u> 0,04 | <u>221,70</u> 0,1 | <u>1251,7</u> <u>5</u> 0,8 | <u>45,85</u> 0,03 | <u>239,54</u> 0,1 |
| Гипс, ангидрит | <u>472,36</u> 0,3 | <u>4008,91</u> 2,5 | | | | | | | | | |
| Калийные и натриевые соли | <u>15,32</u> 0,01 | | | | | | | | | | |
| Карстовые брекчии | | <u>1389,14</u> 0,9 | | | | | | | | | |

Библиографический список

1. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с. (МСК России, ВСЕГЕИ).
2. Худеньких К. О., Дублянская Г. Н., Дублянский В. Н. Опыт составления региональных карстологических карт (на примере Пермской области) // Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение: Материалы международного симпозиума (25-30 мая, 2004, Пермь, Россия). Пермь, 2004. с. 74-78.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ В ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОМ ОПИСАНИИ ФЕНЕСТЕЛЛИД: ФОРМА ПРУТЬЕВ СЕТЧАТОЙ КОЛОНИИ (BRYOZOA)

Палеонтологические описания ископаемых мшанок (Bryozoa) включают качественные и количественные признаки. Количественные признаки используют прямые измерения размера элементов строения колонии. Однако такие признаки как форма прутьев и форма зооэциев используют только вербальную характеристику. Вербальная характеристика качественных признаков не всегда позволяет отличать таксоны друг от друга и использовать их для решения задач палеонтологии, стратиграфии и др. Для описания формы волнисто изогнутых прутьев сетчатых фенестеллид предлагаются количественные параметры. Форма волнисто изогнутых прутьев описывается тремя количественными параметрами: $/ f // J_M / J_B /$, где f — абсолютное боковое отклонение прута от прямой линии роста, J_M — кривизна прута в продольном сечении, J_B — кривизна прута в поперечном сечении колонии. Составлена таблица из 20 разных изображений сетки с волнистыми прутьями. Каждому изображению соответствует своя формула из трёх параметров.

Ключевые слова: палеонтологическое описание, признак качественный, признак количественный, классификация, прутья изогнутые, колония сетчатая.

V. P. Ozhgibesov
The Perm State University, Ozhgibesov@psu. ru

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE SIGNS IN THE PALEONTOLOGICAL DESCRIPTION OF FENESTELLIDA: FORM OF RODS IN THE MESH COLONY (BRYOZOA)

Paleontological descriptions Bryozoa include qualitative and quantitative signs. Quantitative signs use direct measurements of the size of elements of a structure of a colony. However such signs as a form of rods and a form zooecia use only the verbal characteristic. The verbal characteristic of qualitative signs not always allows to distinguish taxons from each other and to use them for the solution of problems of paleontology and stratigraphy. For the description of a form of wavy curved rods mesh of fenestellida quantitative parameters are offered. The form of wavy curved rods is described by three quantitative parameters: $/ f / J_M // J_B /$, where f — an absolute lateral deviation of a rod from a straight line of growth, J_M — curvature of a rod in the longitudinal section, J_B — curvature of a rod in the cross section of a colony.

Keywords: paleontological description, sign qualitative, sign quantitative, classification, rods curved, colony mesh. The table with 20 different images of a grid with wavy rods is made. To each image there corresponds the formula with from three parameters.

Измеряй всё доступное измерению
и делай недоступное измерению
доступным.

/ Галилей /

Классические палеонтологические описания формы волнисто изогнутых прутьев сетчатых мшанок Fenestellida допускало только их вербальную характеристику [1, 2]. Эта характеристика может быть в различной степени детальной. Например, волнисто изогнутые прутья могут быть описаны как слабо волнисто изогнутые, волнисто изогнутые, сильно волнисто изогнутые и т. д. Форма прутьев в колониях фенестеллид является таксономическим признаком, служит для диагностики рода и вида. Вербальная характеристика признаков затрудняет установление таксономической принадлежности ископаемых.

Можно выделить несколько уровней организации строения скелета в палеонтологическом описании ископаемых. Формы сохранности ископаемых могут быть разные. Сохранность ископаемых и детальность их описания влияет на результаты определения систематической принадлежности таксонов. Это в свою очередь влияет на решение задач палеонтологии, стратиграфии, палеогеографии, других геологических задач [4, 5, 12].

При палеонтологическом описании строения фенестеллид можно выделить несколько уровней строения колоний, каждый из которых имеет свои особенности описания: 1) структура скелета колонии в целом; 2) структура ритмических элементов колонии (петли, перекладыны и т. д.); 3) зооэции (расположение, размеры, форма и др.); 4) система капилляров, килевые бугорки (расположение, размеры).

Каждый из структурных уровней организации колонии может быть охарактеризован не только вербальными формами классического палеонтологического описания, но и с помощью количественных параметров [3, 6, 7, 8].

Количественные параметры конкретизируют палеонтологическое описание таксонов, в данном случае, сетчатых мшанок с волнисто изогнутыми прутьями. Описание так называемых «качественных» признаков формы волнисто изогнутых прутьев колонии неизбежно сопровождается ситуацией софизма древних греков о «куче зерна», описанной Эмилем Борелем [5].

Кривизну волнистых прутьев в сетчатой колонии опишем тремя параметрами формы волнистых прутьев. Форма представления параметров кривизны аналогична параметрам формулы основных размеров сетчатых мшанок, предложенной В. П. Нехорошевым и А. И. Никифоровой. Запишем три параметра кривизны прутьев (рис. 1):

где f — абсолютное боковое отклонение прута от прямой линии роста,

J_M = кривизна прута в продольном сечении,

J_B = кривизна прута в поперечном сечении колонии.

Коэффициент абсолютного бокового отклонения прута от прямой линии роста измеряется в мкм (или в мм). Коэффициент кривизны прута в продольном сечении и коэффициент кривизны прута в поперечном сечении колонии — это безразмерные величины.

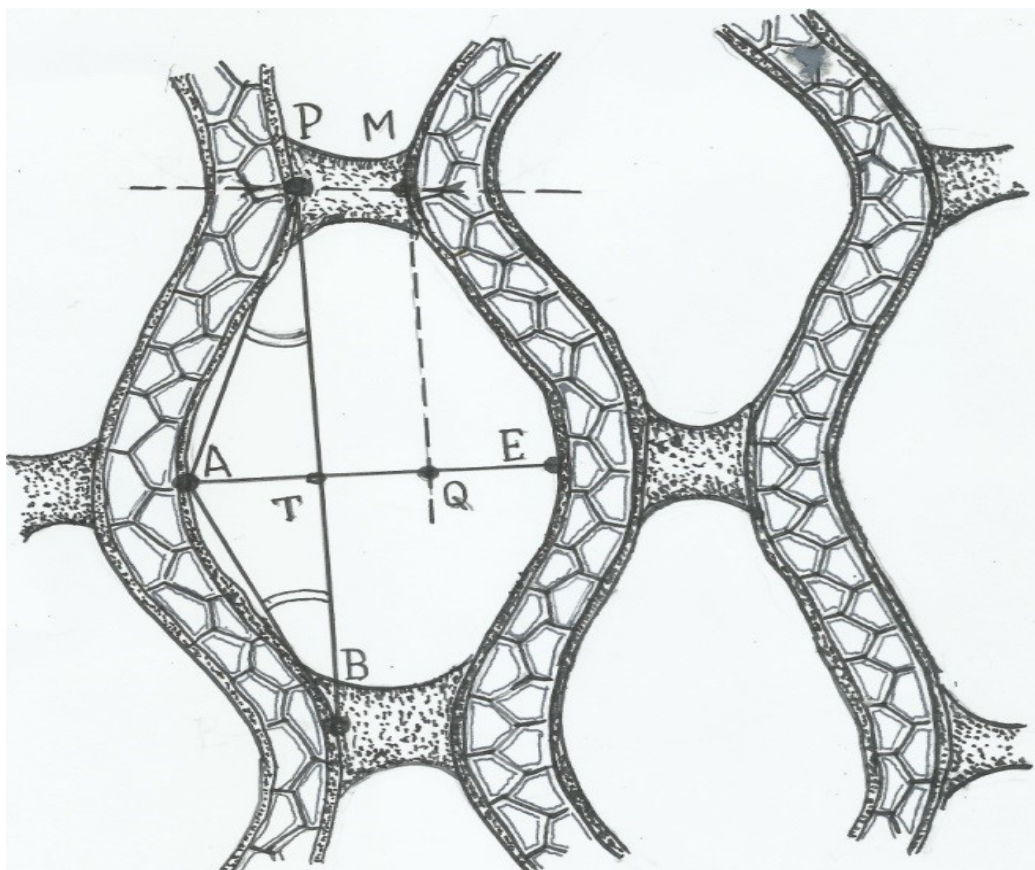


Рисунок 1. Схема измерения параметров кривизны прутьев и вычисления коэффициентов кривизны волнисто изогнутых прутьев в тангенциальном сечении колонии.

Формула параметров кривизны волнисто изогнутых прутьев записывается в виде трёх параметров, характеризующих кривизну прутьев:

$$/f//J_M/J_B/$$

где f — абсолютное боковое отклонение изогнутого прута от прямого направления (мм, мкм);

J_M — коэффициент кривизны продольного ритма (или коэффициент оценки кривизны прута в продольном ритме),

$$J_M = \frac{AT}{BT} = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} ABT ;$$

При изменении формы прута от прямого до формы полуокружности на длине петли (или до положения, при котором $BT = AT$)

J_B — коэффициент кривизны поперечного ритма (или коэффициент оценки кривизны прута в поперечном ритме), численно равен отношению абсолютного бокового отклонения (AT) к сумме абсолютного бокового отклонения длины анастомоза ($AT + TQ$).



Рисунок 2. *Flexifenestella eichwaldi* (Stukenberg, 1885). Среднее Приуралье; Ненастная площадь, скв. 8991, гл. 200,3 м, Пешковский профиль, скв. 9781, гл. 201,5 м. Номера образцов 2/463, 2/654. Тангенциальное сечение, х 20. Нижняя Пермь, артинский ярус.

Основные размеры: 9,0–10,0/4,5–5,0//13,2–14,2 [8, 9, 10, 11].
Формула кривизны прутьев: 280–350// 0,27–0,34 / 0,58–0,66 /.

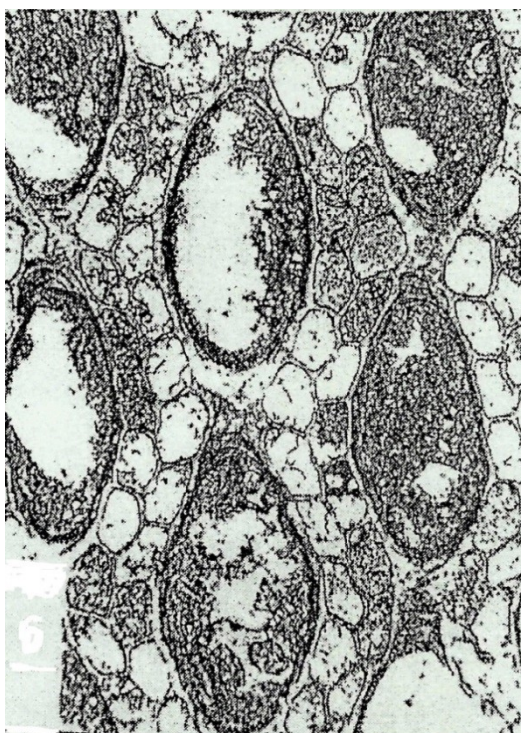


Рисунок 3. *Flexifenestella magnopora* (Schulga-Nesterenko, 1941). Северное Приуралье, Чудовская площадь, скв. 8369, гл. 435,0 м. Номер образца 2/417. Нижний приуральский отдел пермской системы, артинский ярус.

Основные размеры: 7,8 – 8,4/ 8,0 – 8,5// 10,8 – 11,1 / [8, 9, 10, 11].
Параметры кривизны прутьев: 570// 0,44/0,67 .

Таблица 1. Соответствие параметров формулы кривизны прутьев и конфигурации петель в тангенциальном сечении сетчатой колонии

| | | | | | |
|---|------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 4 | $0 // 0 / 0$ | $4 // 0,11 / 0,20$ | $10 // 0,29 / 0,50$ | $4 // 0,11 / 0,44$ | $10 // 0,29 / 1,0$ |
| 3 | $0 // 0 / 0$ | $4 // 0,20 / 0,20$ | $10 // 0,50 / 0,50$ | $4 // 0,20 / 0,44$ | $10 // 0,50 / 1,0$ |
| 2 | $0 // 0 / 0$ | $4 // 0,32 / 0,20$ | $10 // 0,80 / 0,50$ | $4 // 0,32 / 0,44$ | $10 // 0,80 / 1,0$ |
| 1 | $0 // 0 / 0$ | $4 // 0,53 / 0,20$ | $10 // 1,30 / 0,50$ | $4 // 0,53 / 0,44$ | $10 // 1,30 / 1,0$ |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Библиографический список

1. Горюнова Р. В. Пермские мшанки Памира. М. : Наука, 1975. – 127 с.
2. Морозова И. П. Ревизия рода *Fenestella* // Палеонтологический журнал. 1974. №2. С. 54 – 67.
3. Никифорова А. И. Стратиграфическое распределение мшанок в нефтеносных рифовых известняках Ишимбаевского месторождения: Труды ИГРИ, 1938, серия А, вып. 101. С. 76 – 89.
4. *Общая стратиграфия*. Избранные стратиграфические схемы: справ. -метод. пособие / сост. В. П. Ожигбесов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. –Пермь, 2019. – 32 с.
5. Ожигбесов В. П. К ритмографии флексифенестелл (*Bryozoa*) // Вестник Перм. ун-та. Науч. журн. . Вып. 3. Геология. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. С. 94-103.
6. Тризна В. Б. К характеристике рифовых и слоистых фаций центральной части Уфимского плато // Тр. ВНИГРИ, Н. С., 1950. С. 47 – 144.
7. Штукенберг А. А. Кораллы и мшанки каменноугольных отложений Урала и Тимана // Тр. Геол. Ком., 1895, т. 10, вып. 3. – 244 с.
8. Шульга-Нестеренко М. И. Класс *Bryozoa*. Мшанки. – В кн. : Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР: Пермская система. Л. -М. : ГОНТИ, 1939, т. 6. С. 64 – 75.
9. Шульга-Нестеренко М. И. Нижнепермские мшанки Урала, М. -Л., Изд-во АН СССР, 1941. – 276 с.
10. *International Chronostrat Chart*, 2020-03.
11. *Stratigraphic Code of Russia*. 4 edition. SPb. VSEGEI Press. 2019. – 96p. (Interdepartmental Stratigraphic Committee).
12. URL: [https:// www. geologypage. com / 2020 / 11 / international-chronostratigraphic -chart- v2020-03. html](https://www.geologypage.com/2020/11/international-chronostratigraphic-chart-v2020-03.html) (2021).

МИНЕРАГЕОДИНАМИКА ПЕРМСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Литогенез пермского времени Пермского края является составной частью общего аридного литогенеза. Рассмотрен минерагеодинамический аспект формирования пермских отложений: палеотектонический и палеоклиматический. Попадание осадочного бассейна в условия аридного климата обеспечивает глобальная геодинамика. Она включает ротационную геодинамику и глобальную геодинамику. Региональный геодинамический фактор обуславливает структурно-тектонические условия зарождения, существования и закрытия бассейнов осадконакопления. Он влияет не только на тектонические условия бассейна, но и на состав хемогенных осадков.

Ключевые слова: литология, пермская система, эвапориты, Пермский край.

R. G. Iblaminov
Perm State University, riaminov@psu. ru

MINERAGEODYNAMICS OF EVAPORITES OF THE PERMIAN SYSTEM OF THE PERM REGION

The Permian lithogenesis of the Perm Region is an integral part of the general arid lithogenesis. The minerageodynamic aspect of the Permian sediments formation is considered: paleotectonic and paleoclimatic. The global geodynamics ensures the occurrence of a sedimentary basin in an arid climate. It includes rotational geodynamics and global geodynamics. The regional geodynamic factor determines the structural and tectonic conditions for the origin, existence and closure of sedimentation basins. It affects not only the tectonic conditions of the basin, but also the composition of chemogenic sediments.

Key words: lithology, Permian system, evaporites, Perm Krai.

Пермский край – единственный в России поставщик калийных и магниевых солей на внутренний и мировые рынки, а также важный продуцент продуктов галогенеза в виде известняков, доломитов, гипсов и ангидритов. Продуктивные в отношении полезных ископаемых толщи эвапоритовой и вышележащей терригенной континентальной пестроцветной формаций пермского возраста занимают осевую часть территории Пермского края, тяготея к Предуральскому краевому прогибу (рис. 1).

Кафедра минералогии и петрографии Пермского госуниверситета длительное время изучает пермские отложения, включая Верхнекамское месторождение солей, уделяя особое внимание вопросам минералого-технологического картирования разрабатываемых горизонтов. Студенты проходят производственную практику на месторождении (рис. 2).

На кафедре развивается минерагеодинамическое направление в геологии полезных ископаемых. Минерагеодинамика – современная минерагения, рассматривающая закономерности размещения месторождений полезных ископаемых

и их формирование на основе концепции тектоники литосферных плит. Её составной частью является минерагеодинамика литогенеза, изучающая распространение бассейнов полезных ископаемых в пространстве и во времени.

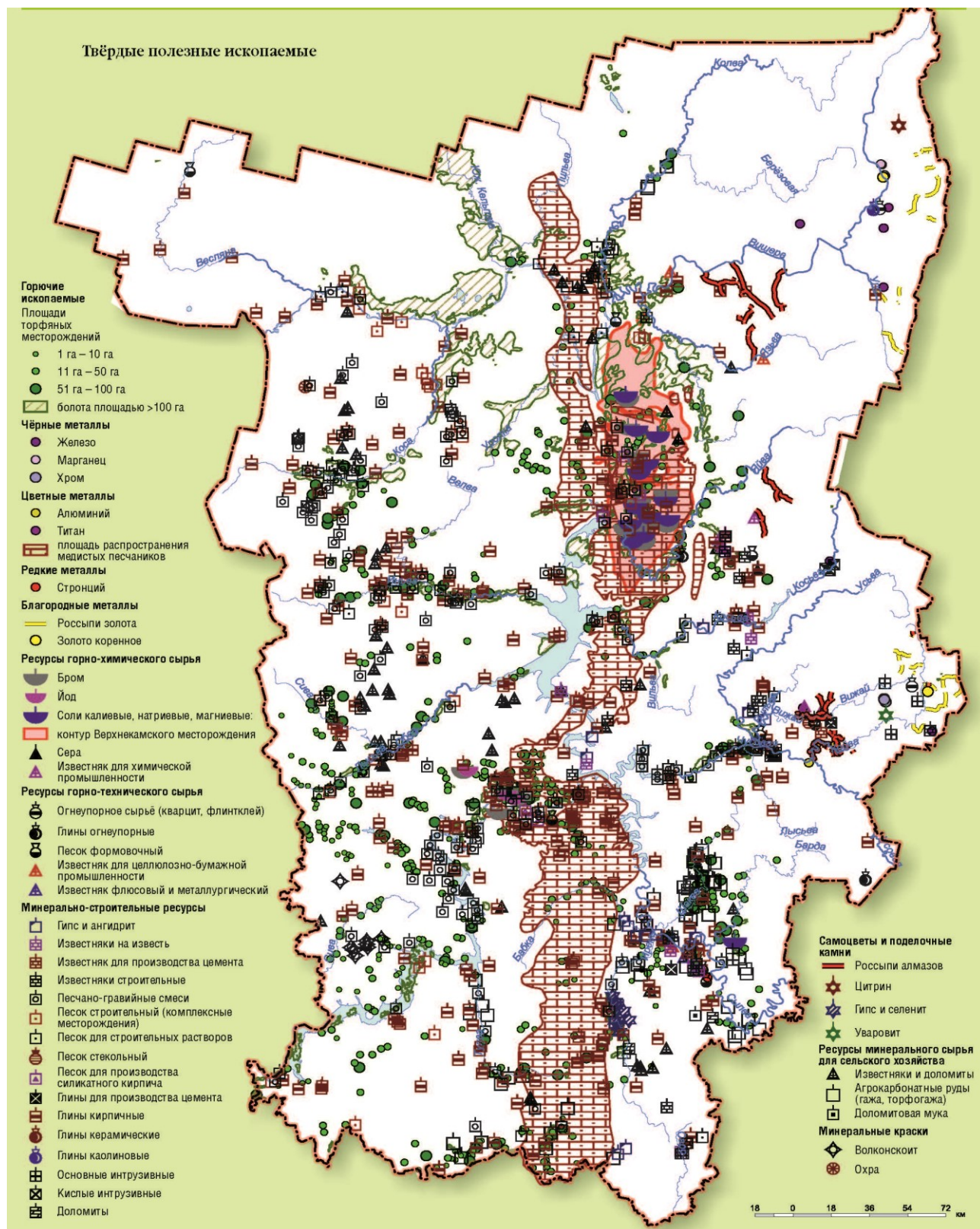


Рисунок 1. Карта размещения твердых полезных ископаемых по территории Пермского края (Ушков, 2006)



Рисунок 2. Студентка 4 курса К. С. Палкина в шахте БКРУ-2

Аридный тип литогенеза – это обычно завершающая часть общего осадконакопления. Его результатом являются – эвапоритовые формации. Они образуются в бассейнах, которые сами являются пространственной или временной частью более крупных осадочных бассейнов (рис. 3).

X

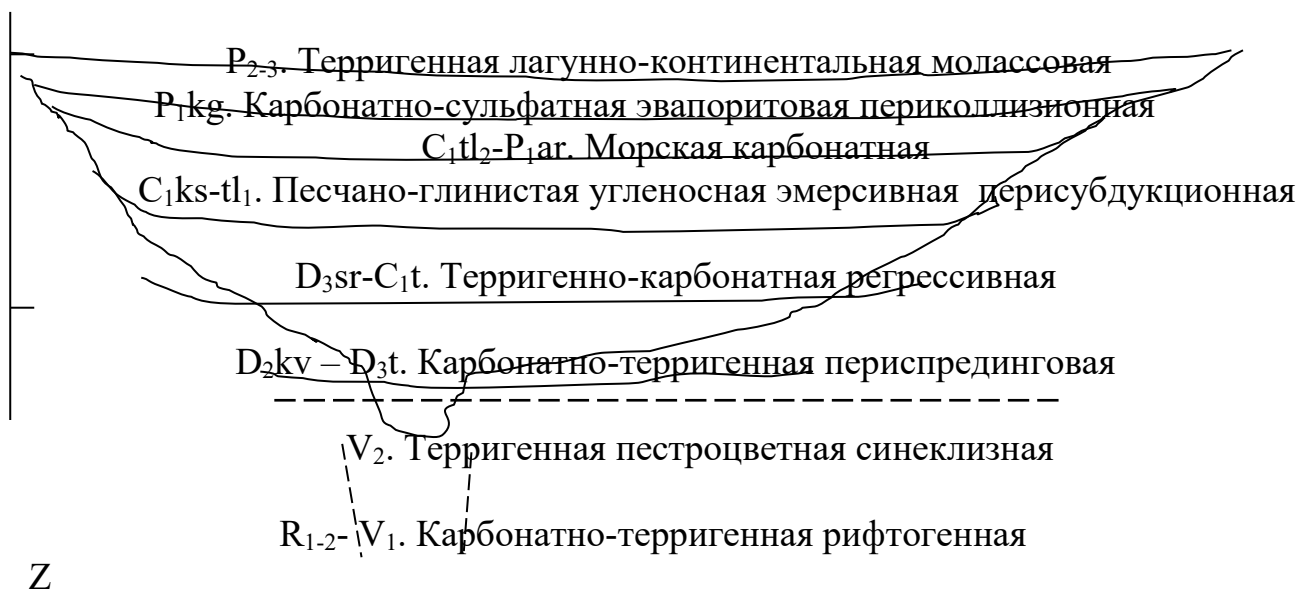


Рисунок 3. Модель размещения формаций горных пород в осадочном бассейне на примере Волго-Уральского. В нижней части бассейна вертикальными штриховыми линиями ограничен грабен

Условия для образования бассейнов существуют в депрессиях рельефа. Депрессии должны быть достаточно большими по площади, а тектонические

условия их существования достаточно длительными, чтобы благоприятствовать накоплению мощных толщ осадков, дающих начало образованию не только отдельных горных пород, но и целых их совокупностей – геологических формаций.

В иерархии минерагенических подразделений земной коры солеродные бассейны являются одними из наиболее крупных территорий распространения месторождений. В свою очередь они входят в состав минерагенических провинций и субпровинций. В пределах бассейнов можно выделять суббассейны, месторождения и залежи.

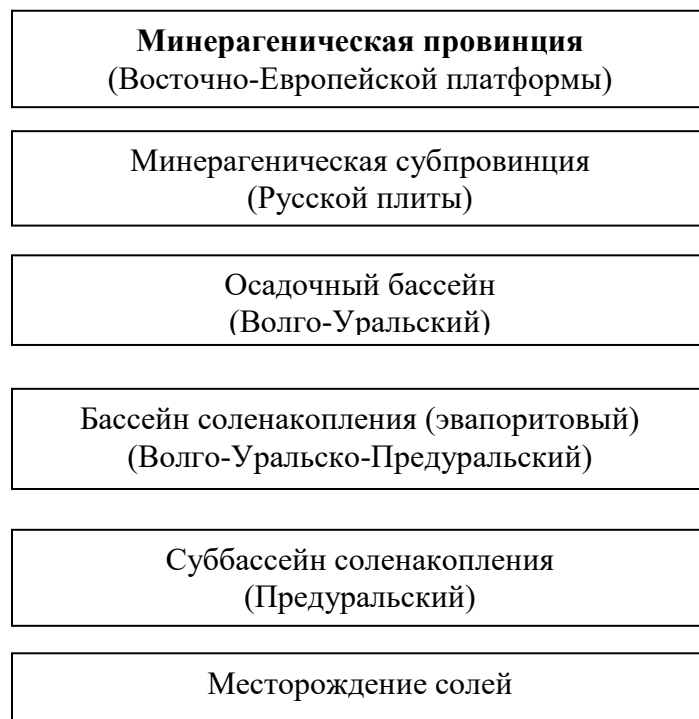


Рисунок 4. Иерархия пространственных минерагенических подразделений земной коры

На земном шаре выявлено около 430 осадочных бассейнов (Назаров и др., 2000), из них 222 являются солеродными (Баталин и др., 1998).

Положение солеродных бассейнов определяется двумя главными факторами: тектоническим (палеотектоническим) и климатическим (палеоклиматическим).

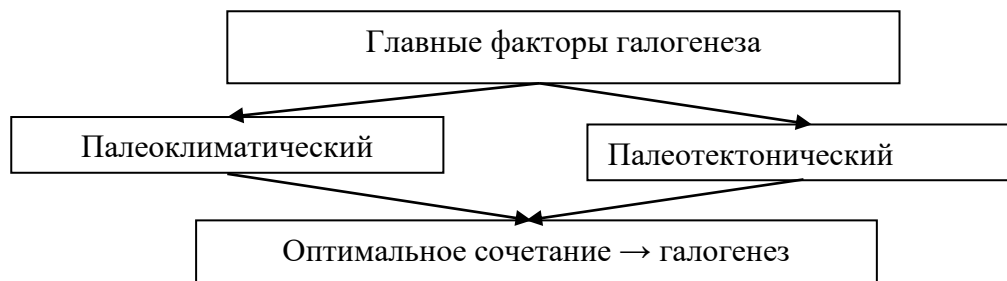


Рисунок 5. Главные факторы галогенеза

Климатический фактор определяет нахождение бассейна в условиях тропических климатических поясов, расположенных к северу и к югу от экватори-

Таблица 1. Распределение калиеносных бассейнов по циклам Бертрана и геологическим периодам (использованы данные Э. А. Высоцкого и др., 1988)

| Цикл Бертрана (млн. л.) | Геологический период | Бассейн |
|--|-------------------------|--|
| Байкальский (венд – кембрий, 600 – 490) | Вендский, кембрийский | Соляной Кряж?, Восточно-Сибирский |
| Каледонский (ордовик – ранний карбон, 500 – 320) | Силурийский | Мичиганский |
| | Девонский | Элк Пойнт-Саскачеванский, Морсовский, Припятско-Донецкий, Эдавейл, Тувинский |
| Герцинский (карбон – пермь, 320 – 250) | Каменноугольный | Юго-востока Канады (Монктон), Скалистых гор (Парадокс, Игл) |
| | Пермский | Припятско-Днепровский, Волго-Уральско-Предуральский, Прикаспийский, Средне-Европейский, Амазонский, Пермский |
| Киммерийский (триас – мел,) | Триасовый | Среднесредиземноморский |
| | Юрский | ЮжноЕвразийский |
| | Меловой | Южно-Атлантический, Индо-Синийский |
| Альпийский (олигоцен – голоцен, 65 – 0) | Палеогеновый | Средиземноморский |
| | Четвертичный | Африкано-Аравийский, Цайдамский |

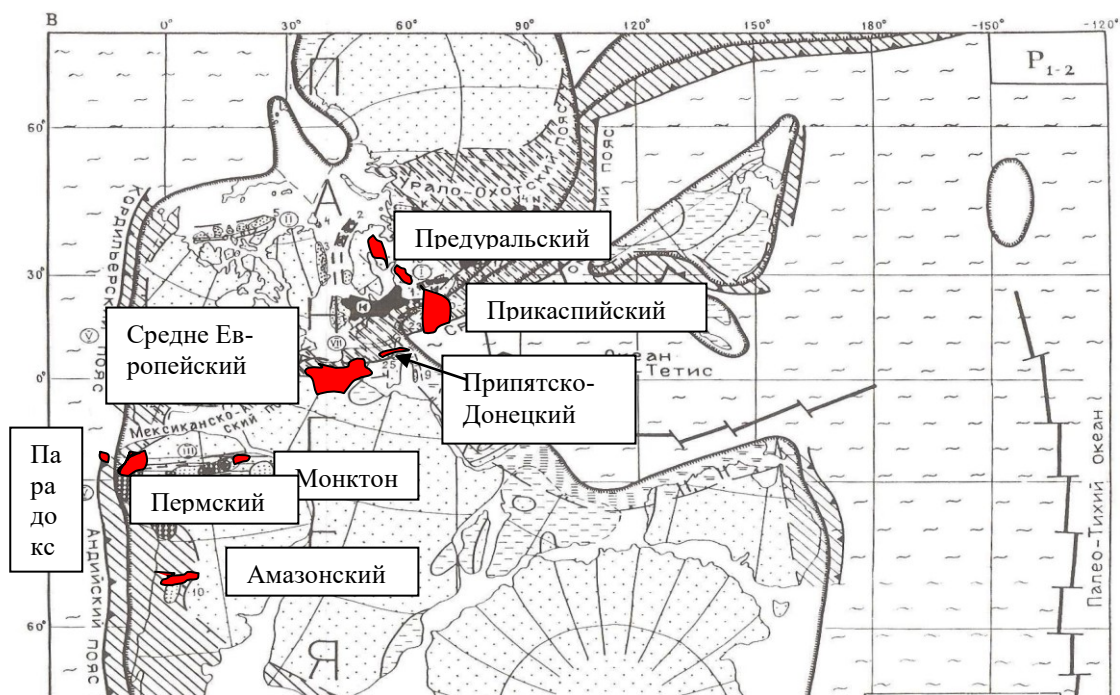


Рисунок 7. Калиеносные бассейны герцинского цикла (картографическая основа Г. А. Беленицкой, 2000)

Таблица 2. Калиеносные солеродные бассейны пермского периода

| Период, эпоха | Геодинамические условия | Бассейн | Палеотектоническая | | | Особенности литологии пород |
|--------------------------|--|--|--|---------------------|---|---|
| | | | группа обстановок | режим | обстановка | |
| Пермь ранняя | Формирование Пангеи, герцинская коллизия | Припятско-Донецкий (<i>Днепровско-Донецкий суббассейн</i>) | Платформенная (Восточная Европа) | Плитной активизации | рифтогенная регрессивная | Галит, в верхней части 5 горизонтов калийных солей: галоиды, сульфаты K-Mg, бораты |
| | Закрытие Уральско-го палеоокеана | Волго-Уральско-Предуральский (<i>Верхнекамское месторождение</i>) | Платформенно-океаническая (Восточная Европа, Урал) | Коллизионный | Предгорного прогиба, регрессивная | Доломит, гипс, галит, сильвин, карналлит |
| | Закрытие Уральско-го палеоокеана | Прикаспийский (<i>месторождения: Жиланское, Сатимолла, Индерское</i>) | Платформенная (Вост. Европа) | Коллизионный | Краевой впадины, регрессивная | Ангидрит, сульфатные K-Mg соли, хлоридные соли, бишофит, бораты |
| Пермь поздняя (цехштейн) | | Средне-Европейский | Молодая эпигерцинская платформа (Европейская) | Плитной активизации | Пострифтогенная синеклизная трансгрессивная | Сильвинит-кизеритовая, сильвинит-галитовая, карналлитовая (вторичного сильвинита) пачки |
| Пермь ранняя | | Амазонский | Платформенная (Бразильская) | Плитной активизации | Внутриконтинентального рифта, регрессивная | Ангидриты, каменная соль, сильвинит |
| Пермь поздняя | | Пермский (Западно-Техасский) | Платформенная (Северная Америка) | Плитный | Периколлизийная синеклизная регрессивная | Ангидрит-галит, полигалит, лангбейнит, каинит |

Широкому распространению калийного литогенеза в пермский период способствовали геодинамические процессы, обусловившие одновременное завершение двух геодинамических циклов: герцинского цикла Бертрона и мегацикла Уилсона, которые привели к образованию суперконтинента Пангея. Как указывают В. Е. Хаин и Н. В. Короновский (2008), суперконтиненты в силу ротационных процессов стремятся располагаться в приэкваториальной зоне. Отсюда следует важный вывод о том, что совпадение окончания циклов Бертрона и

Уилсона привело к наиболее интенсивному соленакоплению в пермский период.

Таким образом, первый фактор, обеспечивающий галогенез – это глобальная геодинамика, приводящая в движение континенты и группирующая их в период формирования мега и суперконтинентов в приэкваториальных областях.

Второй фактор галогенеза – региональный геодинамический, результат действия глобального. Он обуславливает структурно-тектонические условия зарождения, существования и закрытия бассейнов осадконакопления, а также состав хемогенных осадков.

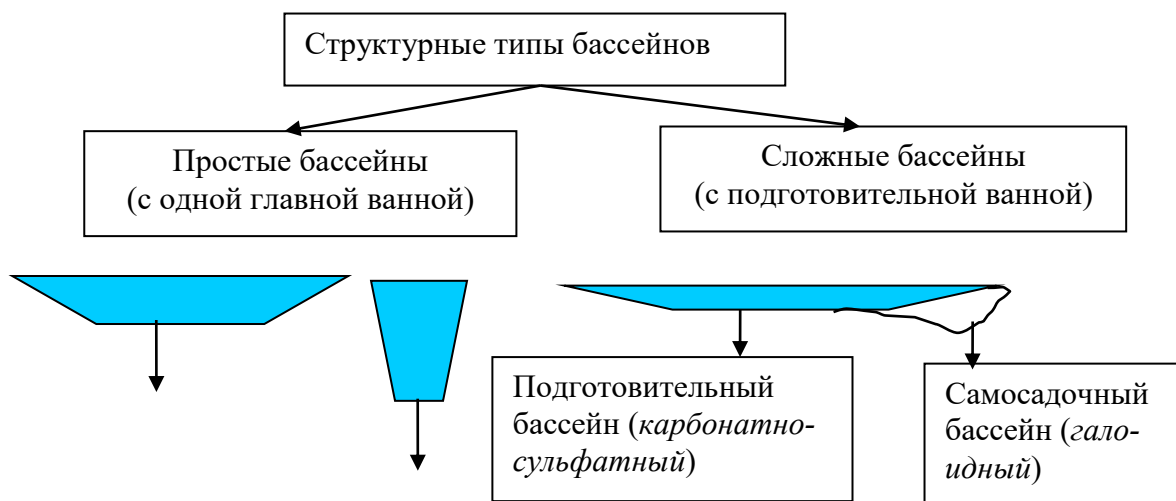


Рисунок 8. Структурно-тектонические разновидности солеродных бассейнов

В тектонических условиях простых впадинных бассейнов, которые могут формироваться в рифтовой обстановке, либо обстановке глубоководных впадин типа Прикаспийской, имеет место быстрое «лавиное» осадконакопление. В результате в ассоциации с гипсом происходит сульфатное калийное соленакопление, которое может завершаться хлоридным.

В условиях сложно построенных бассейнов, которые вначале развиваются как синеклизные, а затем переходят в или соединяются с глубоководными типа предгорных, галогенез начинается в мелководных синеклизных бассейнах с накопления карбонатов и гипса. Наличие мелководного подготовительного бассейна и связанного с ним более позднего по времени образования суббассейна конечного стока – обеспечивает в последнем преимущественно хлоридное соленакопление.

Проанализируем развитие Восточно-Европейского (Волго-Уральско-Предуральского) бассейна. Первоначально в протерозое он формировался как рифтогенный, затем в позднем венде как синеклизный, в палеозое как плитный перигерцинский, в позднем палеозое как Предуральский.

Таблица 3. Осадочные формации и субформации Волго-Уральско-Предуральского бассейна в периколлизионной обстановке

| Возраст | Формация | Субформации условий | | |
|--|---------------------|---|------------|-------------|
| | | Платформы | Прогиба | Орогена |
| P _{1k} | Эвапоритовая | Сульфатно-карбонатная | Галогенная | Терригенная |
| C ₁ tl ₂ –P _{1ar} | Морская карбонатная | C ₃ –P _{1ar} Известняково-доломитовая | | |
| | | C ₁ tl ₂ –C ₂ Терригенно-известняковая | | |

Здесь в карбоне – ранней перми (C₁tl₂–P_{1ar}) накапливалась морская карбонатная формация. При этом её терригенно-известняковая субформация (C₁tl₂–C₂) в верхнем карбоне сменилась известняково-доломитовой (C₃–P_{1ar}). Последнее свидетельствует

- 1) о начале перехода платформы в периколлизионный режим;
- 2) о постепенном смещении Волго-Уральского бассейна в аридную зону.

На платформенной части кунгурского бассейна в условиях регрессивной периколлизионной обстановки образуется сульфатно-карбонатная субформация эвапоритовой формации (P_{1k}).

Непосредственно в прогибе во второй половине кунгурского века накопилась верхняя галогенная субформация эвапоритовой формации.

Охарактеризуем изменение характера литогенеза Предуральского суббассейна. В его северной части в кунгурско-татарское время сформировалась Печорская угленосная формация, указывающая на гумидный климат этой зоны (см. рис. 9).

Южнее она замещается эвапоритовой формацией. В *Верхнепечорской впадине* прогиба накапливается толща солей мощностью до 470 м, в которой выделяются: подстилающая каменная соль, горизонт калийно-магниевого (сильвинит-карналлитовых) солей и покровная каменная соль.

Ещё южнее находится *Соликамская впадина*, которая вмещает одно из крупнейших в мире *Верхнекамское месторождение*. Мощность соляной толщи здесь достигает 600 м.

Южнее в *Юрюзано-Сылвинской впадине* А. А. Иванов (1973) выделяет Косьвинско-Сылвинский суббассейн, в котором расположено *Шумковское месторождение* каменной соли. Ещё южнее *Бельская впадина* вмещает отложения каменной соли (Соль-Илецкое месторождение).

На примере Волго-Уральско-Предуральского бассейна отчетливо проявляется влияние тектонического и климатического факторов на его формирование и состав.

Наличие в позднем карбоне – ранней перми на обширной территории Волго-Урала синеклизного платформенного подготовительного бассейна обусловило изменение к концу кунгурского времени состава рапы в сторону уменьшения гидрокарбонатов кальция и магния, сульфатов кальция и увеличения концентрации хлоридов натрия, калия и магния. Попадание подготовленной таким образом рапы в конечные впадинные ванны обусловило специфику состава солей Предуральского суббассейна.

Эвапоритовая формация кунгурского яруса закономерно сменилась *терригенной лагунно-континентальной формацией* уфимского яруса, перекрывшей Предуральский краевой прогиб и получившей широкое распространение на Русской плите. Ее формирование происходило в условиях господства регрессивной обстановки, которая в самом конце пермского периода в татарскую эпоху сменилась эмерсивной. В пределах Камской минерагенической области наблюдается субмеридиональная минерагеническая зональность, выражающаяся в постепенной смене по мере удаления от Урала в направлении с востока на запад стронциевой минерализации медной, затем волконскоитовой и далее урановой. Формирование минерализации, как и минерагенической зональности в её размещении, обусловлено наложенными инфильтрационными процессами. По условиям образования залежи относятся к инфильтрационному классу группы выветривания.

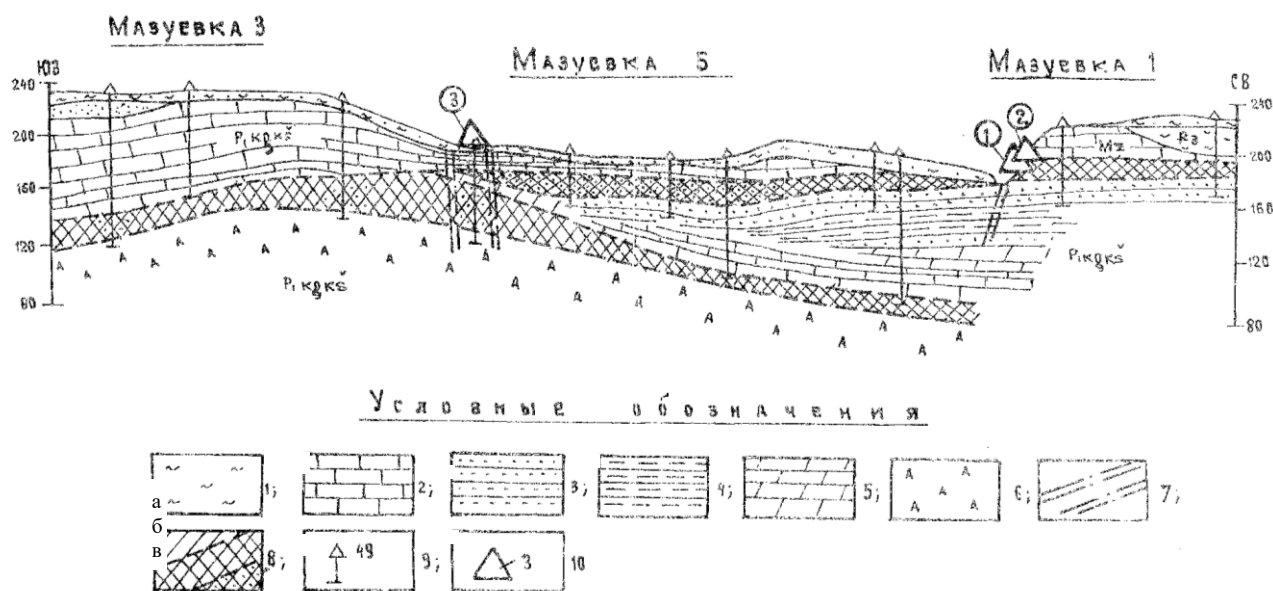


Рисунок 9. Геолого-литологический разрез Мазуевского месторождения. Четвертичная система: 1 – суглинки, глины, пески; палеоген верхний (олигоцен): 1а – суглинки, глины, пески рз; мезозой?: 2 – известняки Мз; кошелёвская свита кунгурского яруса нижнего отдела пермской системы (P_1kg^{ks}): 2а – известняки, 3 – песчаники, 4 – алевролиты, аргиллиты, 5 – мергели, 6 – ангидриты; 7 – разрывные нарушения; 8 – стронциеносная порода (глинисто-карбонатная брекчия) с содержанием SrO (%): а – 1–5, б – 5–10, в – более 10; 9 – скважины, 10 – места отбора технологических проб (Конопаткин, 1999).

Стронциевая минерализация приурочена к завершению формирования эвапоритов и тяготеет к кошелёвской свите иренского горизонта верхов кунгурского яруса пермской системы. В Пермском крае выявлено *Мазуевское месторождение*. Оно находится на территории Кишертского административного района в 15 км южнее с. Усть-Кишерть. Месторождение расположено в восточном борту Русской плиты на границе с Предуральским краевым прогибом в пределах Уфимского плато, где распространены многочисленные проявления стронция. Главным минералом Мазуевского месторождения является целестин $SrSO_4$. Его содержание в рудах составляет 20–40 %, в среднем 22,3 %. На месторождении по результатам оценочных работ выявлены две пологозалегаю-

щие пластообразные залежи целестина. Верхняя, выходящая на поверхность, имеет мощность от 1,2 до 30 м, в среднем 14 м.

Содержание SrO в залежи изменяется от 1,1 до 31,3 %. Руда представляет собой глинисто-карбонатную брекчию серого, темно-серого, иногда желтовато-серого цвета с вкрапленностью целестина. Преобладающий размер зерен целестина 0,04–0,2 мм. Нижний рудоносный горизонт находится на глубине около 100 м. Его мощность по данным бурения от 16,0–20,0 до 30,5 м. Горизонт приурочен к глинисто-карбонатным брекчиям на контакте карбонатных и сульфатных пород кунгурского яруса (рис. 11).

Образование месторождения, по-видимому, связано с инфильтрацией стронциеносных подземных хлоридных вод по зоне брекчирования и концентрацией стронция на сульфатном геохимическом барьере на границе карбонатных пород и ниже лежащих ангидритов кунгурского яруса.

Месторождения и проявления *медистых песчаников* в Пермском крае занимают стратиграфический диапазон от соликамского горизонта уфимского яруса до татарского отдела верхней перми, но большинство проявлений находится в загипсованных терригенных породах шешминского горизонта уфимского яруса. Рудоносные породы протягиваются субмеридиональной полосой шириной от 30 до 70 км через всю территорию края вдоль восточного борта Восточно-Европейской платформы в месте стыка ее с Предуральским прогибом Уральской складчатой области (см. рис. 1). Медистые песчаники приурочены к прибрежно-морским и дельтовым фациям. Они представляют собой серые олигомиктовые и полимиктовые песчаники с карбонатным или карбонатно-глинистым цементом, чередующиеся с красноцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами. В некоторых случаях медное оруденение приурочено к глинистой составляющей разреза.

Залежи имеют форму лент, одиночных и четковидных линз, гнезд. Протяженность таких образований колеблется от первых десятков до 1500 метров при ширине до 100–150 м. Мощность продуктивных слоев изменяется от 0,1–0,2 м до 6–8 м, причем при мощности рудоносной толщи до 60 м присутствует от 2 до 6 рудных уровней, разделенных безрудными или слабоминерализованными породами.

Наиболее высокие содержания меди (до 12,0%) отмечаются в грубообломочных породах – конгломератах и гравелитах. Содержание меди в преобладающих в толще рудных песчаниках составляет 2,0–2,5 %, аргиллитах и мергелях – 2,0–4,0 %. Среднее содержание по медепроявлениям редко превышает 1,5–2,0 %. Основными первичными рудными минералами являются халькозин Cu_2S , борнит Cu_5FeS_4 , ковеллин CuS , халькопирит CuFeS_2 , пирит FeS_2 ; в зоне окисления распространены куприт Cu_2O , тенорит CuO , малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$, азурит $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$, самородная медь Cu . Особого упоминания заслуживает присутствие водного ванадата меди фольбортита $\text{Cu}_3[\text{VO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Заметим, что содержание ванадия в рудах достигает 1%, поэтому данный тип минерализации целесообразно называть ванадиево-медным. Кроме того, в медистых песчаниках концентрируются серебро (до 100 г/т), золото (до 2 г/т), свинец и цинк (до 2–3 %), кадмий, германий, селен, теллур, кобальт, рений (Ибламинов, Ушков).

Первичные концентрации сульфидов образовывались на сероводородном геохимическом барьере в связи с попаданием обогащенных медью сульфатных кислородных вод в восстановительные условия, связанные с наличием органического вещества (о чем свидетельствует приуроченность минерализации к растительным остаткам) или застойных вод.

Расположенная западнее и преимущественно стратиграфически выше *волконскоитовая зона* содержит многочисленные проявления волконскоита, рассеянные на большой территории по всему разрезу уфимских и татарских отложений. Так, около семидесяти месторождений и проявлений распространены на площади порядка 2500 км² в пределах Пермского края и прилегающих к нему Кировской области и Удмуртии. Скопления волконскоита приурочены в основном к речным терригенным отложениям татарского отдела и в меньшей степени казанскому ярусу среднего отдела и локализуются в виде псевдоморфоз по остаткам крупных древесных растений.

Волконскоит является хромсодержащей разновидностью монтмориллонита $Mg_3[Si_{3,67}Cr_{0,33}O_{10}][OH]_2[Na_{0,33} \cdot nH_2O]$. Полагают, что образование месторождений волконскоита происходило в два этапа (Александров В. В. и др. 1941; Енцов и др., 1952). Первоначально в этап карбонатизации гниение растений, захороненных в осадке, создавало восстановительную аммиачную среду и приводило, во-первых, к осаждению карбоната кальция из диагенетических вод и замещению им древесины (Халезов, 2019):



а во-вторых, к выносу железа в глеевой среде и накоплению его в виде «ржавца» вокруг остатков растений. На следующем этапе происходила инфильтрация растворов, обогащенных хромом, кремнием, алюминием, магнием. Совместная миграция перечисленных химических элементов могла происходить только в сильно щелочных кислородных гидрокарбонатно-натриевых (содовых) водах, которые могли существовать в условиях жаркого аридного климата пермской равнины. На карбонатизированной древесине среда с сильно щелочной менялась на слабощелочную, при этом карбонат кальция растворялся и замещался хромосиликатом магния. По особенностям состава волконскоитовую минерализацию можно называть хромовой.

Ванадиево-медная и хром-волконскоитовая минерализация в пермских песчаниках ещё западнее в пределах территории Удмуртии сменяется урановой, где она локализуется в верхах казанских и низах татарских отложений. Выявленные залежи приурочены к русловым и озерным фациям осадков. Большинство залежей (70%) сосредоточено в нижних горизонтах татарского отдела. Положение их контролируется современными или древними водоносными горизонтами. Рудные тела имеют форму лент, линз, гнезд мощностью до 3 м при ширине 100–200 м, протяженность – многие сотни метров. Минерализация носит рассеянный тонкодисперсный характер. Основной урановый минерал – коффинит $U[SiO_4]$, в ассоциации с пиритом образует псевдоморфозы по растительным остаткам. Встречаются настуран и халькозин. Изучение изотопного

состава урана позволило установить, что первоначальная син- и диагенетическая позднепермская урановая минерализация носила рассеянный характер, богатое же оруденение связано с мезозойской инфильтрацией подземных вод (Смирнов, 1989).

Таким образом, в Камском Приуралье наблюдается минерагеническая зональность выражающаяся в закономерной смене медно-ванадиевого оруденения хромово-волконскоитовым и урановым. Для постэвапоритовой формации характерна геохимическая ассоциация V, U, Cu, Cr, Se. Её существование обусловлено одинаковыми внутренними факторами миграции перечисленных элементов. В условиях окислительной щелочной среды, которая характерна для ландшафтов сухих степей и пустынь, они приобретают максимальную валентность и образуют с кислородом комплексные анионы: $[V^{+5}O_4]^{-3}$, $[Cr^{+6}O_4]^{-2}$, $[Se^{+6}O_4]^{-2}$, $[Mo^{+6}O_4]^{-2}$, $[U^{+6}O_4]^{-2}$. Анионы мигрируют в окислительной обстановке и осаждаются в восстановительной, которую обычно создают растительные организмы. Широко известны концентрации названных элементов в США на плато Колорадо, где они именуются *карнотит-роскозитовыми песчаниками* и в России на территории Предуралья – *медистыми песчаниками*. Г. А. Машковцев с соавторами (1998) относят месторождения карнотитовых песчаников к эпигенетическому (инфильтрационному, водородному) подклассу, приуроченному к орогенизированным краевым частям (форландам) древних платформ.

Зональность минерализации в Прикамье может быть обусловлена различной миграционной способностью металлов и смещением восстановительного барьера в пространстве.

Библиографический список

1. Александров В. В., Игнатьев Н. А., Кобяк Г. Г. Волконскоит Прикамья. Пермь, 1941. Уч. Зап. Пермского ун-та, т. IV, в. 3. 77 с.
2. Баталин Ю. В., Тихвинский И. Н., Чайкин В. Г. Вещественно-геодинамическая систематизация и эволюция галогенных формаций // Отечественная геология. 1998. № 5. С. 17 – 21.
3. Беленицкая Г. А. Соленосные осадочные бассейны. Литолого-фациальный, геодинамический и минерагенический анализ // Осадочные бассейны России. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. Вып. 4. 72 с.
4. Высоцкий Э. А., Гарецкий Р. Г., Кислик В. З. Калиеносные бассейны мира. Минск: Наука и техника, 1988. 387 с.
5. Енцов Г. И., Игнатьев Н. А. и Старков Н. П. К геолого-петрографической характеристике волконскоитовых месторождений Прикамья // Зап. Всес. Минер. о-ва, 1952, №3. С. 179–184.
6. Ибламинов Р. Г., Ушков Б. К. Медь. // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: Энциклопедия. Пермь: Книжная площадь, 2006. С. 176–177.
7. Иванов А. А. Минеральные соли // Геология СССР. Т. XII. М. : Недра, 1973. С. 522 – 536.
8. Конопаткин А. Я. Мазуевское месторождение целестиновых руд – новая минерально-сырьевая база стронция России // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского / Перм. гос. ун-т. Пермь, 1999. С. 122–126.
9. Машковцев Г. А., Кисляков Я. М., Мизута А. К., Модников И. С., Щеточкин В. Н. Промышленные генетические типы урановых месторождений // Отечественная геология, 1998, № 4. С. 13 – 20.

10. Назаров В. И. Белонин М. Д., Верещако И. А., Кулакова З. С., Сверчков Г. П., Смирнов С. В. Геолого-минерагеническая карта Мира. Масштаб 1:15000000. Объяснительная записка. Ч. 3. Нефтяные ресурсы континентов и транзиталей. Геолого-экономическая оценка. СПб., Изд-во Санкт-Петербург. картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 70 с.
11. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989. 326 с.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 1. 212 с.
12. Хаин В. Е., Короновский Н. В. Планета Земля. От ядра до ионосферы: учеб. пособие. 2-е изд. М., 2008. 244 с.
13. Халезов А. Б. Уран и медь верхнепермской красноцветной формации Предуралья (парагенетические связи) // минеральное сырьё № 37/ ВИМС. М. 2019. 142 с.

НЕОТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПРИУРАЛЬСКОГО СЕГМЕНТА В ГРАНИЦАХ ГЛАВНОГО ПЕРМСКОГО ПОЛЯ

Рассмотрено неотектоническое строение Пермского Приуралья в границах главного Пермского поля и его окружения на основе материалов аэрокосмогеологических исследований. Границами крупных блоковых структур послужили отрезки протяжённых прямолинейных неотектонических линеаментов, выделенных по дешифрированию космических снимков (всего около 50 тыс. линеаментов), контролирующих геологические структуры, неотектонические блоки. Все неотектонические блоки характеризуются определенными орографическими уровнями поверхностей рельефа. Пермское Приуралье (в границах Пермского края) входит в пределы планетарных геоструктур – Восточно-Европейской материковой платформы и Уральской складчатой системы. На территории выделяются фрагменты региональных блоков: 7 геоблоков, 12 мегаблоков. Выделяются частично или полностью зональные блоковые структуры – макроблоки (41 макроблок с площадями 1,4-7,5 тыс. км²), разделенные на 140 мезоблоков, которые в свою очередь «разбиты» на элементарные и локальные неотектонические блоки. Неотектонические разломы на стыке блоков различных уровней формируют геоактивные зоны, контролируют образование многих видов полезных ископаемых, а также создают неблагоприятные геоэкологические и инженерно-геологические условия.

Ключевые слова: неотектоника, блоковое строение, разломы, линеаменты, Урал и Приуралье.

I. S. Kopylov
Perm State University, georif@yandex.ru

NEOTECTONIC STRUCTURE OF THE PRIURALS IN THE BOUNDARIES OF THE MAIN PERM AREA

The neotectonic structure of the Permian Priurals within the boundaries of the Main Permian Area and its surroundings is considered on the basis of aerospace research materials. The boundaries of large block structures were segments of extended rectilinear neotectonic lineaments, identified by interpreting space images (about 50 thousand lineaments in total), which control geological structures, neotectonic blocks. All neotectonic blocks are characterized by certain orographic levels of relief surfaces. The Perm Priurals (within the boundaries of the Perm Territory) is included in the planetary geostructures – the East European continental platform and the Ural fold system. Fragments of regional blocks are distinguished on the territory: 7 geoblocks, 12 megablocks. Partially or completely zonal block structures are distinguished – macroblocks (41 macroblocks with areas of 1. 4-7. 5 thousand km²), divided into 140 mesoblocks, which, in turn, are "divided" into elementary and local neotectonic blocks. Neotectonic faults at the junction of blocks of different levels form geoactive zones, control the formation of many types of minerals, and also create unfavorable geoeological and engineering-geological conditions.

Key words: neotectonics, block structure, faults, lineaments, Urals and Priurals.

Введение

Представление о блоковом характере глубинных структур платформы, ее фундамента и чехла, отражающем в целом слоисто-блоковое строение земной коры, разделяется многими отечественными и зарубежными исследователями. Главное Пермское поле (условное название части территории Пермского Приуралья с распространением пород пермской системы палеозоя занимает площадь около 130 тыс. км² на территории Пермского края. Земная кора этого Приуральского сегмента также имеет слоисто-блоковое строение, где важную роль играют разрывные нарушения.

На территории Пермского Приуралья различными геолого-геофизическими методами повсеместно установлено огромное количество тектонических нарушений и трещинных зон. Многие схемы разломов и тектонических линеаментов различаются в конфигурации и противоречат друг другу. На основе прямых методов картирования разломов – бурения, сейсморазведки, гравимагнитных и других данных разломы проклассифицированы на 5 основных групп, соответствующих главным этапам развития земной коры: древние, образовавшиеся в доплатформенный этап развития; позднепротерозойские (рифейские); палеозойские (послесреднедевонские); мезозойско-третичные и неотектонические [2]. Указанные группы тектонических нарушений характеризуются специфическими особенностями развития и пространственного размещения. Особую роль играют молодые неотектонические разломы и нарушения, которые нередко развиваются вдоль нарушений, образовавшихся в предыдущие этапы тектогенеза.

Анализ линеаментной тектоники и трещинно-разрывных структур на основе аэрокосмогеологических исследований

Для выявления протяженных линеаментов произведено обзорное и региональное дешифрирование космических снимков (КС); выполнен анализ геоиндикационных признаков линеаментно-блоковой тектоники, проведено ранжирование линеаментов, неотектоническое районирование с выделением блоковых структур [4, 7, 12]. В результате дешифрирования спектрзональных КС (Landsat 7, 8) масштаба 1:100 000, на территории Пермского края выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в палеозойском осадочном чехле и фундаменте [8]. Выделено около 2 тыс. протяженных прямолинейных линеаментов, по размеру они подразделены на таксономические ранги: глобальные (> 200-400 км), региональные (100-200 км) и зональные (15-100 км). Кроме этого, выделены более 48 тыс. локальных (5-15 км) и коротких линеаментов – мегатрещин (<5 км). Установлены прямолинейные линеаменты семи систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-западных и северо-восточных линеаментов. В целом, отмечается регматическая сеть, состоящая из двух систем глобальных и региональных линеаментов, уходящих далеко за пределы рассматриваемой территории. Диагональная система имеет преимущественное направление 330° и 60°; ортогональная система – 10° и 285°. Необходимо отметить, что подавляющее большинство глубинных разломов, выделенных геолого-геофизическими мето-

дами, проявляются на КС, совпадая с их осевыми линиями, или трассируясь, параллельно им в непосредственной близости. Четко выражена система из пяти основных субмеридиональных разломов Пермского Приуралья [2], включая Главный Уральский разлом. Региональные линеаменты, как правило, контролируют элементы тектонического строения территории. Так отчетливо отражается контролирующая роль меридиональных линеаментов для структур Урала и зоны передовых складок. Отчетливо выделяются структуры I порядка, особенно меридионального, северо-западного и северо-восточного простирания. Зональные линеаменты контролируют большинство структур II порядка. Прямолинейные линеаменты отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных и флексурно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Проявление таких структур в строении земной поверхности обусловлено возрождением блоковых движений в современный тектонический этап развития земной коры.

Неотектоническое районирование на основе линеаментно-блоковой тектоники и карты неотектонических блоковых структур

На основе представлений о блоковом строении земной коры, изучения закономерностей размещения глубинных разломов (выделенных по геолого-геофизическим данным) и линеаментам, отождествляемыми с разломами в фундаменте и осадочном чехле по материалам космического дешифрирования и морфонеотектонического анализа [6, 9] автором составлена карта неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья [4, 5]. Она отражает формы тектонического рельефа; условную степень активности современных и новейших движений земной коры, отраженных в современном рельефе (рис. 1). В основу районирования и классификации новейших тектонических структур положен единый структурный принцип деления территории независимо от ранга или классификационного уровня выделяемых подразделений, а именно выделение выраженных в рельефе, соподчиненных по размерности и происхождению, активных на новейшем этапе неотектонических структур разного ранга и глубины заложения – от материковых платформ и орогенов до локальных структур (табл. 1).

Границами блоковых структур (геоблоков, мегаблоков, макроблоков, мезоблоков, локальные блоков) послужили отрезки протяжённых прямолинейных линеаментов, контролирующих геологические структуры, неотектонические блоки. Выделение блоковых структур производилось в соответствии с принципами линеаментной тектоники [3]. Все неотектонические блоки характеризуются определенными орографическими уровнями поверхностей рельефа.

Пермское Приуралье (в границах Пермского края) входит в пределы планетарных геоструктур – Восточно-Европейской материковой платформы и Уральской складчатой системы. На территории выделяются фрагменты региональных блоков: 7 геоблоков, 12 мегаблоков [1]. Выделяются частично или полностью зональные блоковые структуры – макроблоки (41 макроблок с площадями 1,4–7,5 тыс. км²), разделенные на 140 мезоблоков, которые в свою очередь «разбиты» на элементарные и локальные блоки [5, 12].

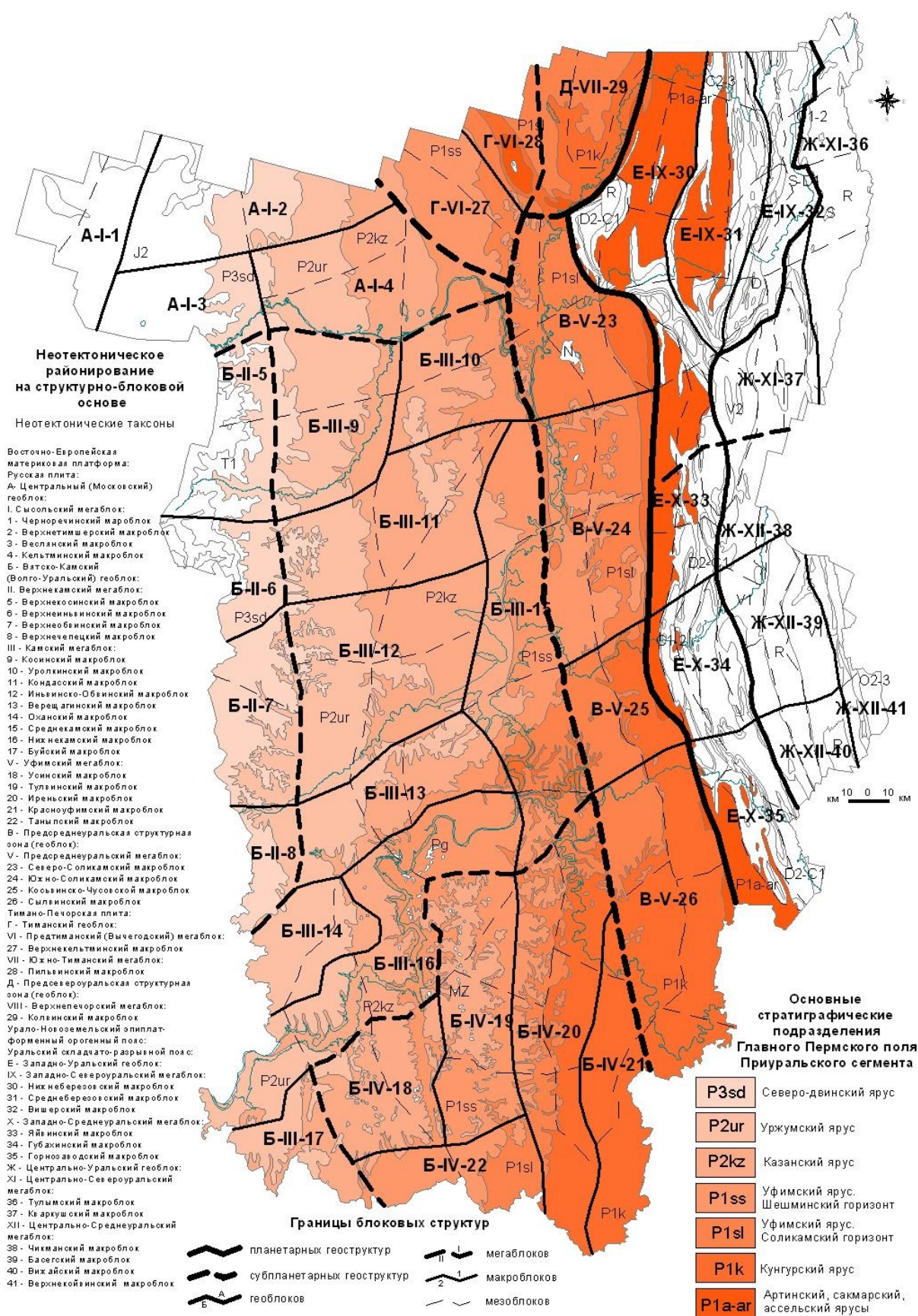


Рисунок 1. Неотектоническое районирование Пермского Приуралья

Таблица 1. Неотектоническое районирование Пермского Приуралья на структурно-блоковой основе

| Таксоны неотектонического районирования | | | | |
|--|--|--|---|---|
| Надрегионы (глобальные геоструктуры) | Регионы | | Области (мегаблоки) | Районы (макроблоки) |
| | I порядка (субгло- бальные геострук- туры) | II порядка (геоблоки) | | |
| Восточно-Евро- пейский | Русский | А. Централь- ный (Москов- ский) | I. Сысольский | 1. Черноречинский 2. Верхнетимшерский 3. Веслянский 4. Кельтменский |
| | | Б. Вятско- Камский (Волго- Уральский) | II. Верхнекамский | 5. Верхнекосинский 6. Верхнеиньвинский 7. Верхнеобвинский 8. Верхнечепецкий |
| | | | III. Камский | 9. Косинский 10. Уролкинский 11. Кондасский 12. Иньвинско-Обвинский 13. Верещагинский 14. Оханский 15. Среднекамский 16. Нижнекамский 17. Буйский |
| | | | IV. Уфимский | 18. Усинский 19. Тулвинский 21. Иреньский 21. Красноуфимский 22. Таныпский |
| | | В. Предсред- неуральская структурная зона | V. Предсредне- уральский | 23. Северо-Соликамский 24. Южно-Соликамский 25. Косьвинско-Чусовской 26. Сылвинский |
| | Тимано- Печорский | Г. Тиманский | VI. Предтиманский (Вычегодский) | 27. Верхнекельтминский |
| | | | VII. Южно- Тиманский | 28. Пильвинский |
| | | Д. Предсеве- ро-уральский | VIII. Верхнепечор- ский | 29. Колвинский |
| Урало-Новозе- мельский | Уральский | Е. Западно- Уральский | IX. Западно- Североуральский | 30. Нижнеберезовский 31. Среднеберезовский 32. Вишерский |
| | | | Х. Западно- Среднеуральский | 33. Яйвинский 34. Губахинский 35. Горнозаводский |
| | | Ж. Централь- но-Уральский | XI. Централь- но-Североуральский | 36. Тулымский 37. Кваркушский |
| | | | XII. Централь- но-Среднеуральский | 38. Чикманский 39. Басегский 40. Вижайский 41. Верхнекойвинский |

Восточно-Европейская материковая платформа является геоструктурой планетарного уровня и включает (в пределах ПП) две субпланетарные геоструктуры – Русскую и Тимано-Печорскую плиты. В пределах Русской плиты выделяется 3 геоблока: Центральная (Московская) и Вятско-Камская (Волго-Уральская) средневысотные геоступени и Предсреднеуральская структурная зона [1]. В пределах Тимано-Печорской плиты выделяется 3 геоблока: Тиманский кряж, Предтиманская и Предсевероуральская структурные зоны.

Центральный (Московский) геоблок (А) выделяется в пределах в северной части рассматриваемой территории. Характерно развитие обратных соотношений рельефа земной поверхности и погребенного фундамента. Сысольский мегаблок или свод (А-I) обладает контрастным рельефом земной поверхности. Региональными и зональными линеаментами разделен на 4 макроблока. Черноречинский макроблок (А-I-1) в рельефе соответствует восточной части Северных Увалов и Веслянской низины. Верхнетимшерский макроблок (А-I-2) соответствует большей части Северным Увалам. Веслянский макроблок (А-I-3) соответствует большей части Веслянской низины. Кельтминский макроблок (А-I-4) соответствует большей части Верхнекамской низменной равнины.

Вятско-Камский (Волго-Уральский) геоблок (Б) в плане соответствует Волго-Уральской антеклизе и состоит из крупных поднятий и разделяющих их депрессий, выделяемых в качестве мегаблоков.

Верхнекамский мегаблок (Б-II) занимает западную часть территории. В рельефе выражен в северной и центральной частях Верхнекамской возвышенностью, а в южной части восточными окончаниями Верецагинско-Васильевских и Оханских увалов. Представляет собой обращенную гетерогенную морфоструктуру. На различных структурных этажах он имеет различное внутреннее строение, являясь то сводом, то – моноклиной, то – прогибом. Для поднятия характерен ярусный рельеф; известны реликты позднемезозойской, палеогеновой и несколько уровней неогеновой поверхности выравнивания. По гипсометрическим признакам подразделяется на 4 макроблока: Верхнекосинский (Б-II-5), Верхнеиньвинский (Б-II-6), Верхнеобвинский (Б-II-7), Верхнечепецкий (Б-II-8).

Камский мегаблок (Б-III) обрамляет с востока Верхнекамский свод относительно узкой полосой пониженного рельефа. В целом, это гетерогенное сооружение, претерпевшее на геологическом этапе довольно существенные структурные перестройки, сформировавшие сложную зону, переходную от прямых морфоструктур, краевого пояса Русской плиты к обращенным морфоструктурам ее центральной части [1]. По геоморфологическому строению подразделяется на 9 макроблоков, разделенных региональными линеаментами. По площади и строению они близки выделенным геоморфологическим районам [5, 10], но с более прямыми очертаниями. Косинский макроблок (Б-III-9), соответствует Косинской низменной равнине. Уролкинский макроблок (Б-III-10) соответствует юго-восточной части Верхнекамской низменной равнины, Кондасский макроблок (Б-III-11) соответствует Верхнеконаским увалам. Иньвинско-Обвинский макроблок (Б-III-12) соответствует Иньвинско-Обвинской низменной равнине. Верецагинский макроблок (Б-III-13) соответствует центральной и

восточной частям Верещагинско-Васильевских увалов Оханский макроблок (Б-III-14) соответствует восточной части Оханских увалов. Среднекамский макроблок (Б-III-15) соответствует северной части Среднекамской низменной равнины, представляет собой наложенный прогиб с признаками относительных опусканий четвертичного возраста. Нижнекамский макроблок (Б-III-16) соответствует юго-западной части Среднекамской низменной равнины. Буйский макроблок (Б-III-17) соответствует западной части Буйской низменной равнины.

Уфимский мегаблок (Б-IV) выделяется на юго-восточном окончании Вятско-Камской (Волго-Уральской) антеклизы в юго-восточной части территории. В рельефе выражен в основном Уфимским плоскогорьем (плато) и рядом других, более мелких возвышенностей. Подразделяется на 5 макроблоков. Наиболее приподнятыми являются Красноуфимский и Тулвинский макроблоки. Красноуфимский макроблок (Б-IV-21) соответствует Уфимскому плоскогорью с Сылвенским кряжем. В его пределах широко распространена палеогеновая и останцы более древней позднемезозойской поверхности выравнивания. Уфимское плато расчленено древними олигоцен миоценовыми долинами и снижено широкими мульдами со специфическими карстово-элювиальными и озерными осадками. Тулвинский (Б-IV-19) соответствует Тулвинской возвышенности, где выделяются реликты переработанных позднемезозойского и позднемелового-палеогенового уровней на отметках 400-450 м. С более низкими водоразделами 200-250 м связаны остатки миоценовых аллювиальных галечников. Относительно снижены Иреньский (Суксунский) макроблок (Б-IV-20), соответствующий Иреньско-Сылвинской наклонной карстовой низине и Усинский (Куединский) макроблок (Б-IV-18), соответствующий Усинской возвышенности с реликтами олигоцен-миоценовой и позднемиоценовой поверхностей выравнивания. На самых низких орографических уровнях (150-200, с реликтами до 250 м) находится Таныпский макроблок (Б-IV-22), соответствующий восточной части Буйской низменной равнины.

Предсреднеуральская структурная зона – геоблок (В) занимает положение, соответствующее структурам Предуральского краевого прогиба (ПКП) и отличается «уральским» субмеридиональным простираем слагающих ее элементов. На новейшем этапе развития ПКП был вовлечен в поднятия, проявлявшиеся с конца олигоцена. Включает Предсреднеуральский мегаблок (В-V), состоит из 4 крупных макроблоков. Северо-Соликамский (В-V-23) и Южно-Соликамский (В-V-24) макроблоки находятся в пределах Соликамской впадины, где развита пологохолмистая, наклонная на запад аккумулятивно-денудационная равнина. Косьвинско-Чусовской макроблок (В-V-25) соответствующего Косьвинско-Чусовской возвышенности с орографическими уровнями 300-400 м. Сылвинский макроблок (В-V-26), соответствует Юрюзано-Сылвинской депрессии, в пределах которой расположена Лысьвинско-Тулумбасская возвышенная эрозионно-структурная равнина, уступами понижающаяся на запад.

Тимано-Печорская плита отличается от Русской плиты большей подвижностью на неотектоническом этапе развития. Выделяется два геоблока: Тиманский кряж и Предсевероуральская структурная зона.

Тиманский (Канино-Тиманский) кряж – геоблок (Г) представляет собой унаследованное складчато-глыбовое сооружение, состоящее из ряда возвышенностей – горстов (абс. отм. 300-400 м) и разделяющих их депрессий – грабенов (150-200 м). Для геоблока характерна, начиная с конца палеозоя, тенденция к воздыманию. В фундаменте ему соответствует крупное поднятие рифейских метаморфических пород, которые в пределах отдельных выступов (так называемых «камней») выходят на поверхность. На остальной территории фундамент погружается местами до 2 км и перекрыт платформенными образованиями палеозоя и мезозоя [1]. В пределах рассматриваемой территории Тиманский геоблок выходит фрагментарно, своей юго-восточной оконечностью. Выделены два мегаблока. Предтиманский (Вычегодский) мегаблок (Г-VI) включает Верхнекельтминский макроблок (Г-VI-27), которому соответствует Кельтминская низина. Южно-Тиманский мегаблок (Г-VII) включает Пильвинский макроблок (Г-VII-28).

Предсевероуральская структурная зона – геоблок (Д) соответствует северному отрезку позднепалеозойского ПКП. С конца мезозоя рассматриваемая территория вступила в этап континентального развития и общего выравнивания рельефа. Новейшие блоковые дифференцированные поднятия, формирующиеся с палеогена, ориентированы согласно простиранию палеозойских Уральских структур. В пределах территории расположено южное окончание Верхнепечорского мегаблока (Д-VIII). В пределах этого мегаблока – впадины выделен Колвинский макроблок (Д-VIII-29), которому соответствует Колвинско-Вишерская возвышенная равнина, имеющая тенденцию к воздыманию.

Урало-Новоземельская эпиплатформенный орогенный пояс включает Уральский складчато-разрывной пояс, который в пределах рассматриваемой территории разделен на Западно-Уральский и Центрально-Уральский пояса – геоблоки.

Западно-Уральский пояс – геоблок (Е) соответствует Западноуральской зоне складчатости, в пределах рассматриваемой территории разделен на два мегаблока – Западно-Североуральский и Западно-Среднеуральский. В пределах Западно-Североуральского мегаблока (Е-IX) выделены три макроблока: Нижнеберезовский (Е-IX-30), Среднеберезовский (Е-IX-31) и Вишерский (Е-IX-32). В пределах Западно-Среднеуральского мегаблока (Е-X) выделены три макроблока: Яйвинский (Е-X-33), Губахинский (Е-X-34) и Горнозаводский (Е-X-35).

Центрально-Уральский пояс – геоблок (Ж) соответствует Центрально-Уральскому поднятию, в пределах рассматриваемой территории разделен на Центрально-Североуральский и Центрально-Среднеуральский мегаблоки. В пределах Центрально-Североуральского мегаблока (Ж-XI) выделены два макроблока: Тулымский (Ж-XI-36) и Кваркушский (Ж-XI-37). В пределах Центрально-Среднеуральского мегаблока (Ж-XII) выделены четыре макроблока: Чикманский (Ж-XII-38), Басегский (Ж-XII-39), Вижайский (Ж-XII-40) и Верхнекойвинский (Ж-XII-41). Для региональных неотектонических блоковых структур Урала и зоны передовых складок характерна отчетливая пространственная взаимосвязь с геоморфологическими формами (ступенчато-ярусный рельеф), геологическим строением и тектоническими структурами.

Таблица 2. Основные тенденции современных вертикальных блоковых смещений, отображенных в ярусности и расчлененности рельефа

| Диапазоны абсолютных высот, м | Восточно-Европейская материковая платформа | | Уральский складчато-разрывной пояс | |
|-------------------------------|--|--|---|--|
| | Тенденции современных вертикальных блоковых смещений | Номера макроблоков, с преобладанием данных гипсометрических уровней поверхности блоков | Тенденции современных вертикальных блоковых смещений | Номера макроблоков, с преобладанием данных гипсометрических уровней поверхности блоков |
| < 100 | Блоки, испытывающие относительно сильное опускание | 16 | | |
| 100-150 | Блоки, испытывающие относительно слабое опускание | 4, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 27, 29 | Блоки, испытывающие относительно сильное опускание | |
| 150-200 | Блоки, относительно стабильные (фоновые) | 1, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29 | Блоки, испытывающие относительно слабое опускание | |
| 200-300 | Блоки, испытывающие относительно слабое воздымание | 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29 | Блоки, относительно стабильные (фоновые) | 30,31,32,33,35,40 с опусканиями в эрозионно-тектонических депрессиях |
| 300-400 | Блоки, испытывающие умеренное воздымание | 6,19,21,25 | Блоки, испытывающие относительно слабое воздымание | 30, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 40, 41 с опусканиями в эрозионно-тектонических депрессиях |
| 400-500 | Блоки, испытывающие относительно сильное воздымание | 19 | Блоки, испытывающие умеренное воздымание | 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39,40, 41 с опусканиями в эрозионно-тектонических депрессиях |
| 500-750 | | | Блоки, испытывающие относительно сильное воздымание | 32, 33, 34 36, 37, 38, 39, 41 с опусканиями в эрозионно-тектонических депрессиях |
| >750 | | | Блоки, испытывающие относительно очень сильное воздымание | 36, 37, 39 с опусканиями в эрозионно-тектонических депрессиях |

Эта глобальная закономерность выражена благодаря контролирующей роли системы региональных разломов уральского типа, (преимущественно субмеридионального направления с поперечными субширотными). Такие взаимосвязи характерны в целом, для всего Приуралья, но в равнинной платформенной части они проявляются более дифференцированно.

Проведен анализ степени неотектонической активности блоковых структур Пермского Приуралья. Результаты анализа преобладающих тенденций современных блоковых смещений, отраженных в ярусности и расчлененности рельефа их, отображены в таблице 2.

Пространственный линейно-ландшафтно-геодинамический и минерагенический анализы [6, 11, 12] показывают, что неотектонические разломы и нарушения на стыке блоков различных уровней формируют геоактивные зоны, контролируют образование многих видов полезных ископаемых, в т. ч. оказывают влияние на формирование ловушек углеводородов, а также создают неблагоприятные геоэкологические и инженерно-геологические условия.

Библиографический список

1. *Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечернозёмной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000 (с пояснительной запиской) / В. И. Бабак, Н. Н. Николаев. М. : ГУГК, 1984.*
2. *Кассин Г. Г., Шершнев К. С. Разломы Среднего Приуралья / Разломы земной коры Урала и методы их изучения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С. 84-88.*
3. *Кац Я. Г., Полетаев А. И., Румянцева Э. Ф. Основы линеаментной тектоники. М. : Недра, 1986. 140 с.*
4. *Копылов И. С. Неотектонические блоковые структуры Пермского Приуралья и их роль в формировании месторождений нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 2006. С. 80-82.*
5. *Копылов И. С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.*
6. *Копылов И. С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.*
7. *Копылов И. С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.*
8. *Копылов И. С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
9. *Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
10. *Копылов И. С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Germany, 2012. 152 с.*
11. *Копылов И. С., Козлов С. В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.*
12. *Копылов И. С., Коноплев А. В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.*

ОБОБЩЕННАЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ АУ В ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОГО ТИПА

В работе рассмотрена обобщенная физико-химическая модель поведения золота в техногенно-минеральных образованиях на примере хвостохранилища Ново-Урского месторождения. Выяснено, что специфика минеральных парагенезисов (обилие сульфидов и образование самородной серы) определяет условия миграции золота. Для хвостохранилищ золото-сульфидного типа преобладающими комплексами, ответственными за подвижность золота, являются $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_n^{(1-2n)}$ и $\text{Au}(\text{HS})_2^-$. Именно их распад приводит в обильному переосаждению Au^0 на окислительно-восстановительных барьерах в теле отвала.

Ключевые слова: физико-химическая модель, техногенно-минеральные образования, гипергенное золото

PHYSICOCHEMICAL MODEL OF THE GOLD BEHAVIOR IN THE ABANDONED TAILINGS DUMP OF PYRITE-POLYMETALLIC DEPOSITS

The paper considers a generalized physicochemical model of the gold behaviour in abandoned tailings dump of the Novo-Urskoe deposit. It was found that the specificity of mineral paragenesis (the abundance of sulfides and the formation of native sulfur) determines the conditions for gold migration. For gold-sulfide type tailing dumps, the predominant complexes responsible for the mobility of gold are $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_n^{(1-2n)}$ and $\text{Au}(\text{HS})_2^-$. It is their decay that leads to the abundant redeposition of Au^0 on redox barriers in the body of the dump.

Key words: physicochemical model, abandoned tailings dumps, supergene gold

Введение. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью решения фундаментальной задачи рудной геологии и геохимии – выяснение условий, источников и механизмов формирования рудных концентраций металлов в экзогенных условиях. Воссоздание модели поведения Au позволит объяснить физико-химические условия формирования не только рудных концентраций в природных объектах, но и в зонах вторичного обогащения техногенных объектов. К последним относятся хвостохранилища продуктов добычи и переработки разнообразных золотосодержащих руд, называемые техногенно-минеральными образованиями (ТМО). Их особенность заключается в том, что они, по своей сути, являются аналогами природных систем, в которых все химические реакции происходят быстрее и в узко ограниченном пространстве [6-7, 10-11, 14, 17].

Цель работы – создание непротиворечивой физико-химической модели, объясняющей условия миграции и концентрирования золота в техногенно-минеральных образованиях, на примере месторождений золото-сульфидного типа.

Объект исследования – хвостохранилище переработанных руд Ново-Урского колчеданно-полиметаллического месторождения.

Ново-Урское месторождение расположено в Урском рудном поле (Салаирский кряж), которое сложено дацитовыми порфирами и их туфами, порфиритами, кварц-альбит-хлоритовыми сланцами печеркинской свиты ($pr\epsilon_1$), залегающими среди известняков анчешевской свиты ($an\epsilon_1$) [1, 3, 12].

В эндогенных рудах золото находится в самородном и связанном виде в сульфидах [1, 3, 12] и в маломощных кварцевых жилах. Размеры частиц Au не превышают 0,015 мм. Оно отмечено в ассоциации с халькопиритом, пиритом и блеклыми рудами [4-5], с аргентитом в кварце [12]. Содержание Au в пирите составляет 5,8 г/т [9]. В пирите присутствуют включения галенита, халькопирита, борнита, арсенопирита, сфалерита, теннантита, алтаита, геффроита и теллурида ртути [3, 16], а также золота (910 ‰) с примесями Cu (28,6 ‰) и Ag (61,4 ‰). В барите установлены включения науманнита и селенида Hg со значительными примесями Ag и S [16]. Сформированная зона окисления, по первичным рудам, обогащена Au в 7-20 раз, Ag в 5-7 раз и As в 2-3 раза [1, 3].

Месторождение обрабатывалось в начале 1930-х гг. по методике выщелачивания цианидными растворами и, в настоящее время, представлено насыпными отвалами по 10-12 м в высоту. На хвостохранилище протекают кислые дренажные воды (КДР) – соленые (TDS до 4,8 г/л), сильноокислые (pH 1,8-2,7; Eh 665–760 мВ), сульфатные, Al-Fe-Si и содержат 2,5 мг/л Cu, 11 мг/л Zn, 110 мкг/л Pb, 630 мкг/л As, 440 мкг/л Se, 28 мкг/л Te, 11,4 мкг/л Hg и 18 мкг/л Cd [8, 15], состав которых приближен к составу поровых растворов в отвалах.

Минеральный состав концентрата из отвалов преимущественно состоит из пирита, барита и кварца, также присутствуют ярозит, гипс, гетит, меньше мусковит, альбит, хлорит и микроклин [15]. По данным атомно-абсорбционного анализа содержание Au варьирует 0,13 до 1,2 г/т, Ag – 0,72-31,0 г/т.

На Ново-Урском хвостохранилище изучен отвал кварц-баритового состава, на котором была вскрыта нижняя часть разреза (~2 м от выхода коренных пород), состоящая из трех макроскопически различимых горизонтов: 1) серосиневатый кварц-барит-пиритовый (h = 40 см) с жеодами кремнезема; 2) бурожелезняковый (h = 40 см); 3) сланцевый (h = 50 см), лежащий непосредственно на почве.

Золото обнаружено в первых двух горизонтах: Au мелкое, класс меньше 0,25 мм. По форме частиц встречаются золотины изометрического (49 %) и вытянутого (40 %) облика, реже уплощенные (8 %). Поверхность золотинов сильно преобразована, выделяются как скульптуры роста, так и растворения, такие как: скопления нано- и микрочастиц Au округлых, неправильных и чешуйчатых форм, «губчатые» образования («горчичное» золото), коррозионные поверхности, микроямки [10]. Преобразования поверхностей золота свидетельствуют об

активных процессах растворения, миграции и осаждения золота в системе хвостохранилища.

Методика исследования. Физико-химическое моделирование проведено с помощью пакета программ «HCh 6. 0» [13], включающего базу термодинамических данных “UNITHERM”, при 25°C и общем давлении 1 атм. Расчеты проводились в 19-компонентной системе $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}-\text{Ca}-\text{Mg}-\text{K}-\text{Sr}-\text{Ba}-\text{Si}-\text{Al}-\text{Cl}-\text{C}-\text{S}-\text{Fe}-\text{Mn}-\text{Ag}-\text{Au}-\text{Cu}-\text{Zn}$, включающей частицы в растворе, минералы и газы. Исходной информацией служили аналитические данные по минеральному и химическому составу вещества по данным рентгено-флуоресцентного анализа [10]. Окислительно-восстановительные условия задавались открытием системы по кислороду, кислотность создавалась степенью окисления сульфидов при разных Eh, щелочность корректировалась присутствием в растворе карбонат- и бикарбонат-ионов в равновесии с $\text{CO}_{2(\text{газ})}$, соответствующим атмосферному, т. е. $10^{-3.5}$ атм.

Результаты. Главной целью моделирования было установить ведущие формы нахождения золота в растворе и содержание в твердой фазе в профиле выщелачивания ТМО. Для этого учитывались его ионы и комплексы в растворе – гидросульфидные-, тиосульфатные-, гидроксо- и хлорокомплексы. Модельной твердой фазой было только золото элементарное. Значащими принимались количества (в растворе и твердой фазе) 10^{-10} моль/кг H_2O .

Выщелачивание Au из сульфидных минералов действует как непрерывный источник его поступления в систему отложений ТМО (1-3), а растворение сульфидов способствуют образованию кислых сульфатных дренажных вод (4) (поровых растворов) (рис. 1).

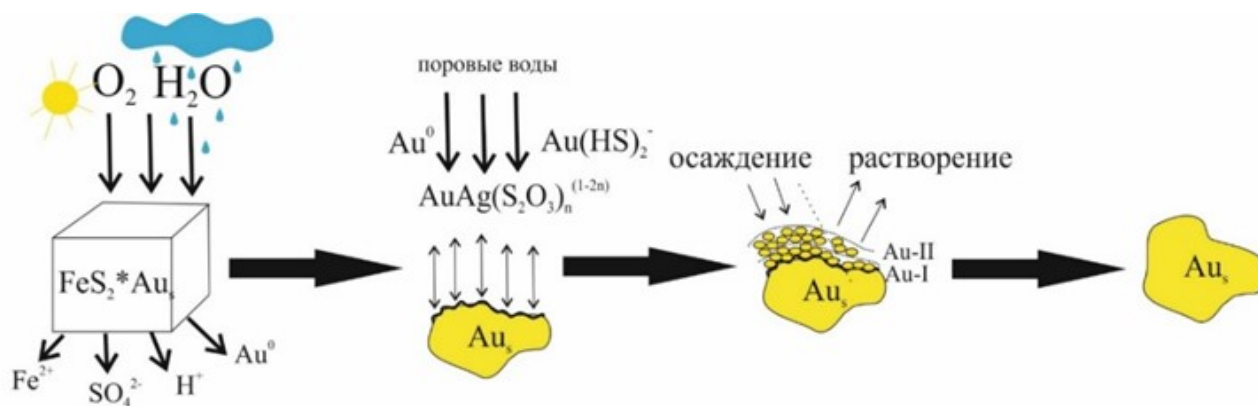
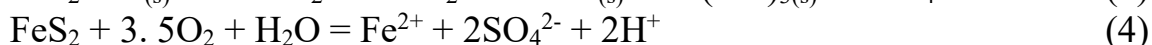
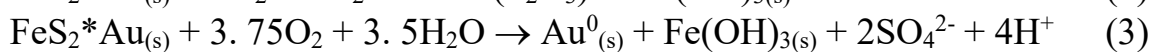
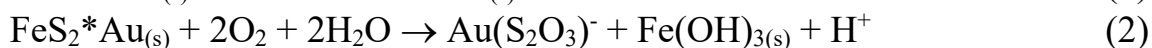
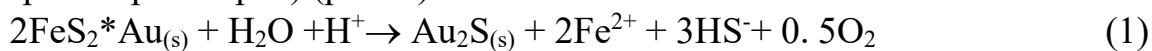


Рисунок 1. Схематическая физико-химическая модель преобразования золота в отвалах колчеданно-полиметаллических месторождений

Благодаря перколяции кислых сульфатных растворов (от лат. percolatio – процеживание, фильтрация в отличие от поверхностного смыва), подзона верхней части разреза (верхняя часть горизонта I) представляет собой горизонт выщелачивания с повышенной влажностью. Водные сульфаты и кристаллогид-

раты сульфатов, органика скапливаются над плотным бурожелезняковым горизонтом (*нижняя часть горизонта 1*).

При растворении золото будет высвобождаться и переходить в раствор в виде комплексов AuHS^0 , $\text{Au}(\text{HS})_2^-$, $\text{Au}_2(\text{HS})_2\text{S}^{2-}$ вплоть до pH 3,7 и Eh 0,016 В (табл. 1).

Концентрации данных комплексов незначительны и максимальные значения составляют 10^{-6} мг/л. (*горизонт 1*). Идет осаждение на поверхности сульфидов за счет электрохимического процесса и собственно самородного золота (найденно 68 золотин).

В средней части разреза образуется плотный железо-кремнистый песчаник (*hardpan, горизонт 2*), в котором выявлено в 7,5 раз меньше знаков золота. Эта зона отмечена ограниченным доступом кислорода, и Au осаждается на своеобразном **окислительно-восстановительном** барьере.

Таблица 1. Результаты моделирования растворения ступенчатого окисления минеральной ассоциации с пиритом, золотом и элементарной серой при 25°C. Концентрации железа и серы указаны в моль/л, золото в мг/л (логарифмы).

| pH | 4,3 | 4,25 | 3,76 | 2,73 | 1,60 |
|---|--------------|--------|--------|--------|--------------|
| Eh, В | -0,06 | -0,03 | 0,02 | 0,11 | 0,20 |
| AuHS^0 | -9,53 | -10,03 | -10,28 | -10,78 | -11,28 |
| $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ | -5,81 | -7,38 | -8,62 | - | - |
| $\text{Au}_2(\text{HS})_2\text{S}^{2-}$ | -7,78 | -9,90 | - | - | - |
| $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ | -11,22 | -6,89 | -6,10 | -4,55 | -2,96 |
| $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)\text{SO}_3^{3-}$ | - | - | - | -9,75 | -8,17 |
| $\text{AuS}_2\text{O}_3(\text{SO}_3)_2^{5-}$ | - | - | -9,71 | -7,96 | -5,80 |
| H_2S | -1,65 | -2,65 | -3,15 | -4,15 | -5,15 |
| SO_4^{2-} | -7,46 | -4,58 | -4,05 | -2,99 | -1,74 |
| Fe^{++} | - | - | - | -8,22 | -4,76 |

Прочерки («-») в таблице означают концентрации менее принятых значащими 10^{-10} моль/кг.

В кислых условиях и Eh близких к нулевым значениям (<pH 2,73, Eh 0,1 В, табл. 1) растворы способны переносить золото в количестве более 10^{-3} мг/л преимущественно в тиосульфатных комплексах $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ (5).



Дестабилизация золотосодержащих комплексов будет происходить посредством [10]: 1) тиосульфат-окисляющих бактерий; 2) в присутствии таких восстановителей как органическое вещество и ионы Fe^{2+} ; 3) при повышении pH, когда золото восстанавливается с осаждением на уже существующей поверхности самородных частиц.

В *горизонте сланцев* и *почвенном слое* содержание золота достигает величин 0,42-0,35 г/т. Самородного видимого золота здесь не найдено.

Заключение. Долговременно складированные хвостохранилища обогащения руд представляют собой идеальную природную лабораторию, в которой можно исследовать трансформацию форм нахождения золота от первичных руд к гипергенным, с наложенной антропогенной спецификой.

Специфика минеральных парагенезисов техногенно-минеральных образований определяет условия миграции золота. В области метастабильной устойчивости пирита, Au неизбежно осаждается на его поверхности при достижении пересыщения поровых вод. При развитии процесса, в условиях образования самородной серы, происходит резкое увеличение миграционной способности золота за счет образования прочных тиосульфатных комплексов $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_n^{(1-2n)}$ и $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ являются основными комплексами, ответственными за подвижность золота. Именно их распад приводит в обильному переосаждению Au^0 на окислительно-восстановительных барьерах в теле отвала.

Библиографический список

1. Болгов Г. П. Сульфиды Салаира, Урская группа полиметаллических месторождений // Изв. Томск. Инд. ин-та, т. 53 (11), 1937. С. 45–96.
2. Дербиков И. В. Ново-Урское полиметаллическое месторождение // Матер. по геол. Зап. -Сиб. края, №. 42, 1937. 58 с.
3. Дистанов Э. Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 351 с.
4. Зеркалов В. И. Минералогия и геология колчеданных медно-цинковых месторождений Сев.-Вос. Салаира // Автореф. дис. ... канд. геол. -мин. н., Томск: ТПИ, 1962. 20 с.
5. Ковалев К. Р. Особенности формирования руд колчеданно-полиметаллических месторождений Северо-Восточного Салаира и Восточной Тувы // Дис. ... докт. геол. -мин. н., Новосибирск, 1969. 283 с.
6. Кузнецова И. В., Сафронов П. П., Моисеенко Н. В. Вещественно-минеральная характеристика техногенных россыпей – потенциальных источников благородного металла (на примере Нижнеселенгинского золотоносного узла Приамурья, Россия) // Георесурсы, 21(1), 2019. С. 2–14.
7. Наумов В. А. Минерогения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия. Автореф. дис. ... док-ра геол. -мин. н., Пермь: ПГУ, 2010. 42 с.
8. Оленченко В. В., Кучер Д. О., Бортникова С. Б., Гаськова О. Л., Еделев А. В., Гора М. П. Вертикальное и латеральное распространение высокоминерализованных растворов кислого дренажа по данным электротомографии и гидрогеохимии (Урской отвал, Салаир) // Геология и геофизика, Т. 57 (4), 2016. С. 782–795.
9. Рослякова Н. В., Щербаков Ю. Г., Агеенко Н. Ф., Портянников Д. И., Бортникова С. Б., Радостева Н. Е. Условия золотоносности колчеданно-полиметаллических месторождений // Тр. ИГиГ, № 533, 1983. С. 31–65.
10. 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, т. 61 (9), 2020. С. 1181–1193.
11. Хусаинова А. Ш., Наумов В. А., Наумова О. Б. Дифференциация частиц золота из отвалов гравитационного обогащения руд Тарданского месторождений // Вестник Пермского государственного университета. Геология, т. 18 (3), 2019. С. 276–285.
12. Черепнин В. К. К вопросу о составе и генезисе руд Урских месторождений Салаира // Изв. Томск. политехн. ин-та, т. 90, 1953. С. 56–68.
13. Шваров Ю. В. NCh: Новые возможности термодинамического моделирования геохимических систем, предоставляемы Windows // Геохимия, №8, 2008. С. 898–903.

14. 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*, 481 (2), 2018. PP. 1091–1094.
15. Myagkaya I. N., Lazareva E. V., Gustaytis M. A., Zhmodik S. M. Gold and silver in a system of sulfide tailings. Part 1: Migration in water flow // *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 160, 2016a. pp. 16–30.
16. Myagkaya I. N., Lazareva E. V., Zaikovskii V. I., Zhmodik S. M. Interaction of natural organic matter with acid mine drainage: Authigenic mineralization (case study of Ursk sulfide tailings, Kemerovo region, Russia) // *Journal of Geochemical Exploration*, V. 211, 2020.
17. Wierchowiec 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*, V. 101, 2018. pp. 211–220.

С. Б. Коврижных, В. А. Наумов
ПГНИУ, svetlanakovrizhnykh@mail. ru,
ПГНИУ, naumov@psu. ru

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СУБШИРОТНОГО УЧАСТКА ДОЛИНЫ Р. КОЙВА

Показаны структурно-тектонические особенности строения долины р. Койва в Горнозаводском районе Пермского края. Ведущая роль тектоники при формировании и заложении долины поперечного (по отношению к складчатым структурам Урала) участка нижнего течения. Влияние мезозойских депрессий на формирование речной сети. Рассмотрены тектонические структуры, принимающие участие в строении участка нижнего течения р. Койва. Описан процесс речного перехвата.

Ключевые слова: Койва, Средний Урал, долины рек.

S. B. Kovrizhnykh, V. A. Naumov
Perm State University, svetlanakovrizhnykh@mail. ru
Perm State University, naumov@psu. ru

STRUCTURAL-TECTONIC FEATURES OF THE TRANSVERSE PART OF THE RIVER KOIVA

The structural and tectonic features of the Koiva river valley structure in the Gornozavodskii district of Perm Krai are shown. Leading role of tectonics in the formation and laying of the valley floor transverse (in relation to folded structures of the Urals) section of the lower reaches. The influence of Mesozoic depressions on the formation of the river network. Tectonic structures participating in the structure of the section of the lower course of the Koiva River are considered. The process of river interception is described.

Key words: Koiva, Middle Ural, river valleys

Одним из путей поиска и прогноза новых месторождений золота является реконструкция палеогидросети рек в связи с историей их формирования. На примере долины р. Койва, которая состоит из продольных (меридиональных) участков согласных с расположением тектонических структур Урала [1] и поперечных (широтных) перпендикулярных структурам Урала (рис. 1), рассмотрена структурно-тектоническая и геоморфологическая обусловленность формирования речных долин.

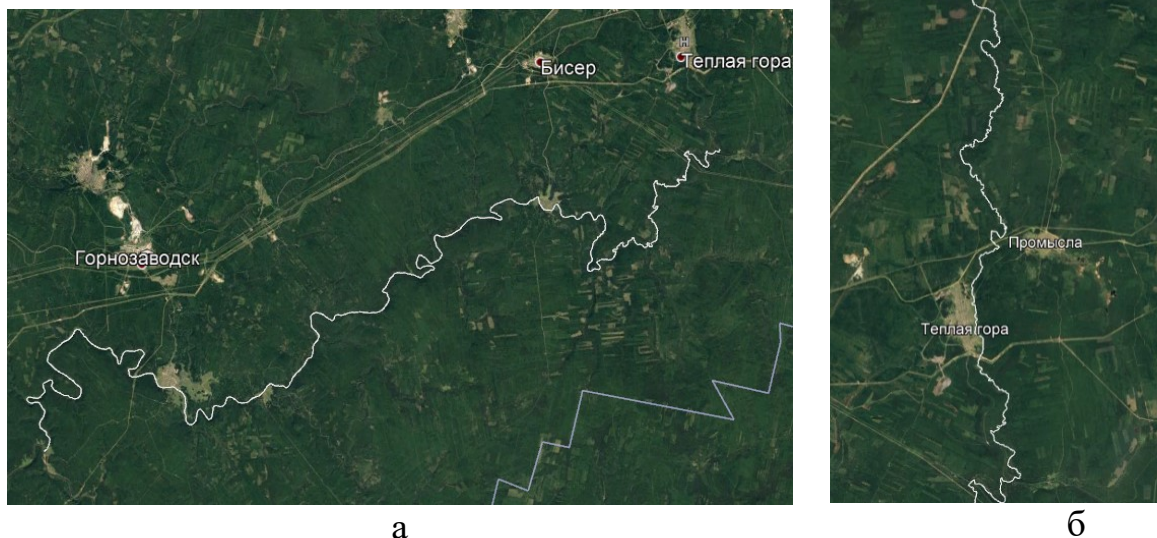


Рисунок 1. Нижнее (а), среднее и верхнее (б) течение долинной части р. Койва в Горнозаводском районе Пермского края, соответствующее зоне сочетания продольных и поперечных участков реки, образованных путем речных перехватов (а) и зона первичного расположения (б) долины р. Койва (продольная по отношению к структурам Урала)

В этой статье уделено внимание поперечной (широтной) части долины р. Койва, от пос. Усть-Тискос и до устья Койвы.

Современная долина р. Койва в геоморфологическом отношении расположена в пределах Уральского кряжа в зоне низкогогорного рельефа (грядовый и холмисто-увалистый рельеф), район приподнятых горных массивов Среднего Урала [1]. На фоне типичного среднегорья выделяются отдельные хребты с полого волнистыми, реже скальными вершинами. Высотные отметки не превышают 400-500 м. Положительные и отрицательные формы рельефа в рассматриваемом районе имеют преимущественно субмеридиональную ориентировку, согласную с простираанием геологических структур.

Расположение нижнего течения долины р. Койва (поперечная часть) обусловлено к линейным структурно-тектоническим зонам, ослабленным системами разрывных нарушений, осложняющих субмеридиональную складчатость. Протяженность поперечной части р. Койва около 128 км. Водоразделы и их склоны большей частью покрыты элювиально-делювиальными глинисто-щебнистыми отложениями.

Основной водной артерией плейстоценового возраста являлась р. Палеокойва, представленная в настоящее время небольшим субмеридиональным отрезком верхнего течения и чередованием поперечных и продольных отрезков ее русла в среднем и нижнем течениях.

Наблюдается общее понижение рельефа в пределах нижнего течения Койвы на запад. Если в начале поперечной части долины отметки рельефа 290-320 м,

то у устья уже 130-160 м. Перепады гипсометрических отметок колеблются в пределах 100-150 м.

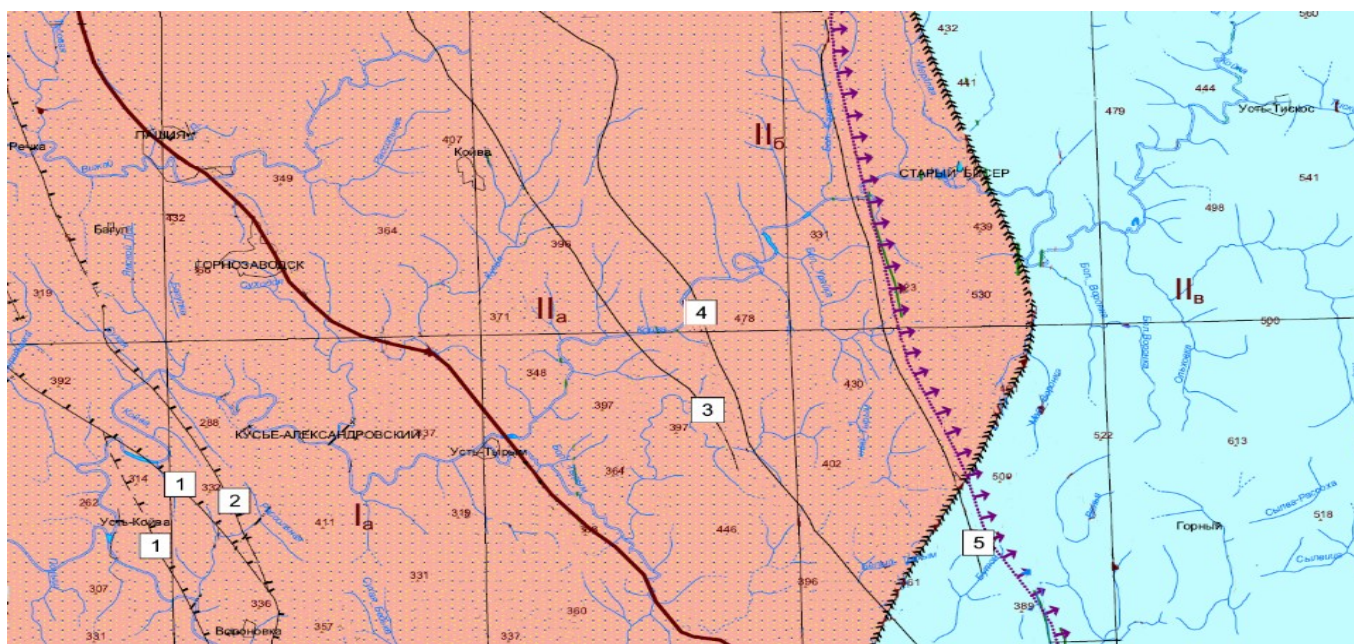
В тектоническом отношении рассматриваемая территория расположена на восточной окраине Западно-Уральской внешней зоны складчатости и Центрально-Уральском поднятии, на которой сочленяются две структуры меньшего порядка, а именно Кизеловско-Дружининская структура и Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий.

Вниз по течению в границах рассматриваемого участка Койва пересекает следующие структуры. От Усть-Тискоса до Старого Бисера Каменногорский антиклинорий, далее Кваркушско-Басегский антиклинорий, между ними проходит глубинный шов, разграничивающий рифтовый подтип развитой горсто-во-грабеновой коры и смешанный подтип коры с элементами прекратонного и рифтового, наложенными на внутрикратонный. В пределах Кваркушско-Басегского антиклинория выделяется граница проявления метаморфизма фации зеленых сланцев (развитие на восток). Здесь Койва пересекает субмеридиональный Сарановский разлом.







Далее идет Вильвенско-Шишинский моноклинорий, в пределах этой структуры проходят два региональных разлома Басегско-Ёквинский и Цепелско-Косьвинский.

Далее Староуткинская структура, на этом участке проходят два региональных надвига Черырехбратский и Каменско-Гремячинский (рис. 2).

Разломы и надвиги здесь имеют субмеридиональное простирание согласно складчатым структурам Урала.



Условные обозначения:

-  Рифтовый подтип развитой горстово-грабеновой коры
-  Смешанный подтип коры с элементами перекратонного и рифтового
-  Глубинный шов, разграничивающий мегазоны с разными подтипами коры
-  Региональные надвиги
 - 1 – Каменско-Гремячинский надвиг
 - 2 – Четырехбратский надвиг
-  Региональные разломы
 - 3 – Цепелско-Косьвинский разлом
 - 4 – Басегско-Ёквинский разлом
 - 5 – Сарановский разлом
-  Примерное положение границы проявления регионального метаморфизма фации зеленых сланцев
- Граница между структурами Русской платформы и Уральской складчатой области
 - I – Кизеловско-Дружининская структура
 - Ia – Староуткинская структура
 - II – Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий
 - IIa – Вильвенско-Шишимский моноклинорий
 - IIб – Кваркушско-Басегский антиклинорий
 - IIв – Каменногорский антиклинорий

Тектоническое строение района связано с длительным периодом геологического развития, охватывающего целый ряд тектонических циклов (от докембрийских до мезозой-кайнозойских), проявившихся с разной степенью интенсивности. Это привело к созданию самостоятельных структурных ярусов, а, в конечном счете – многочисленных, различных по возрасту, форме и масштабам складчатых и разрывных дислокаций [2].

Тектоно-климатические этапы мезозойско-кайнозойской истории геологического развития Среднего Урала характеризуются своеобразием экзогенных рельефообразующих и рудообразующих процессов [3]. В течение каждого из них происходили три процесса: 1 – эрозия положительных форм рельефа; 2 – денудация и транспорт обломочного материала; 3 – аккумуляция обломочного материала в отрицательных формах рельефа.

Современная речная сеть и продуктивные аллювиальные россыпи сформировались на основе эрозионно-тектонических депрессий мезозойского возраста – Вишерско-Висимской, Чусовской. Эти структуры контролировали развитие древних (олигоценовых) и современных (плейстоцен-голоценовых) отрицательных форм рельефа, включая речные долины с повышенной мощностью рыхлых отложений. Образование эрозионно-тектонических форм было обусловлено неоднократными блоково-сводовыми дислокациями, амплитуда которых составляла первые десятки метров. Об этом свидетельствует характер речных долин.

На интенсивность кайнозойской эрозии оказывала влияние ориентация водотоков относительно геологических структур. При совпадении направления водотоков с простираем антиклиналей и синклиналей эрозионные структуры получали наибольшее развитие [4].

Начало нижняя часть долины р. Койва берет от границы Вишерско-Висимской эрозионно-структурной депрессии, ее границы проходят по крупным разрывным нарушениям – Теплогорскому разлому и Тылайско-Промысловскому надвигу (Прозоровский, 1995ф).

В верховьях и в среднем течении р. Койва граница Вишерско-Висимской депрессии проходит по изолинии 400 (рис. 3). Депрессия и ее ответвления в большинстве случаев контролируют речную сеть.

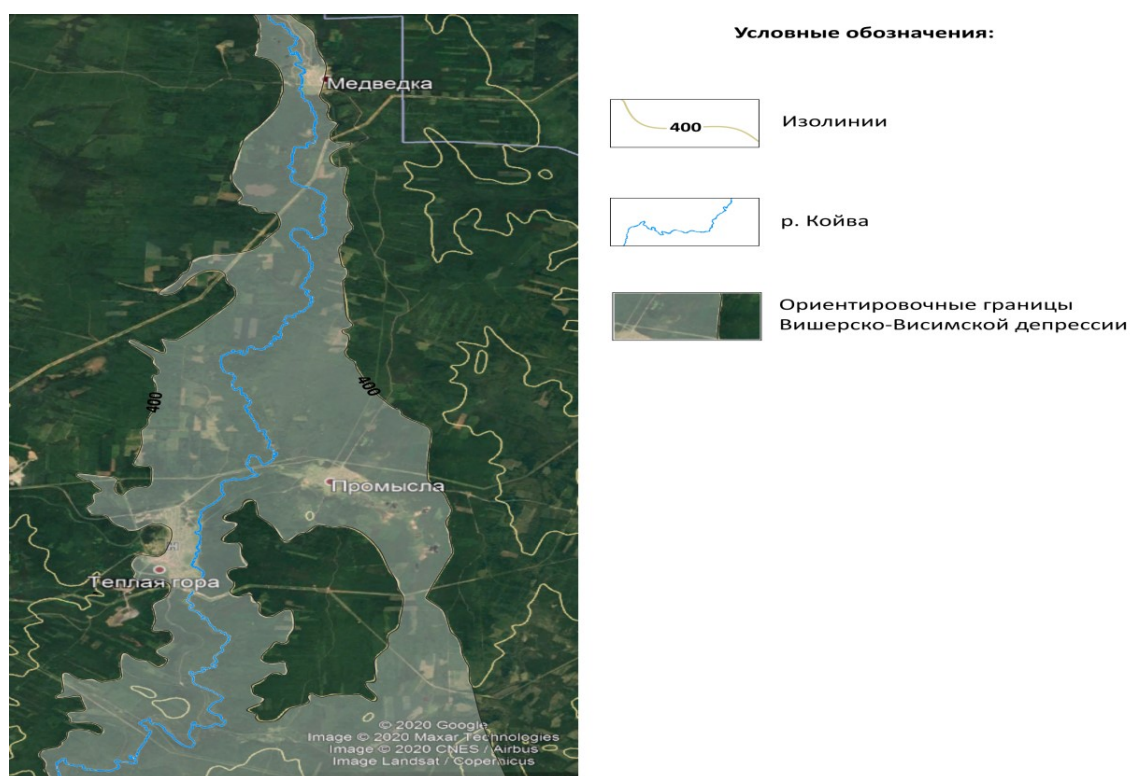


Рисунок 3. Ориентировочные границы Вишерско-Висимской депрессии в пределах продольной долины р. Койва

Практически весь участок нижнего течения Койвы расположен в пределах Чусовской депрессии.

В пределах Чусовской депрессии в ее днище широко развиты карстующиеся карбонатные породы девона-карбона и залегающие на них фрагментарно артинские конгломераты. Древние аллювиальные отложения Пра-Чусовой были сильно размыты и сохранились только в глубоком карсте. В процессе проведения поисково-геоморфологических работ (Борисевич, 1940Ф, 1941Ф; Щукина, 1942Ф) в карстовых полостях были выявлены беловатые песчано-галечно-глинистые отложения кварц-каолинитового состава, содержащие единичные знаки золота и платины. Мощность отложений достигает 30-45 м.

Артинские конгломераты, развитые к западу от Чусовской депрессии, почти повсеместно несут знаковую (в отдельных случаях промышленную) золотоносность. Допустимо, что при размыве мезозойской коры выветривания по этим конгломератам могли образовываться золотоносные отложения, фрагменты которых сохраняются в карстовых просадках. Содержание золота и платины колеблется в широких пределах. Перспективы золотоносности Чусовской депрессии участка связываются в основном с меловыми и раннемиоценовыми аллювиальными отложениями [5].

Формирование речных долин, в том числе и Койвы, связано со структурно-тектоническим развитием Уральской складчатой системы. Продольные по отношению к осевой системе Урала долины рек определяются как первичные долины. Это обусловлено исходным рельефом горных систем.

Развитие речной сети начинается в осевой зоне Урала. Здесь скапливаются водные массы и текут в направлении север-юг в зависимости от уклона складчатой системы. Плоскостной смыв с бортов вновь формирующейся реки происходит в зонах, ослабленных разрывными тектоническими нарушениями. При этом значительная доля материала выносится именно из подверженных тектоническим нарушениям участков поперечных долин рек.

В результате формируется разветвленная речная сеть, где основной поток – это продольные долины, а притоки – поперечные долины. В результате эрозии и усиления процессов разрушения в пределах поперечных долин в них происходит речной перехват. Воды из основной реки находят путь в пределах этого речного перехвата, образуются коленообразные изгибы реки, формируется большой поток ниже по течению реки. В результате осевого сжатия формируются несколько параллельных друг другу продольных долин. Преобладает глубинная и боковая эрозия.

Как правило, с зонами тектонических нарушений надвиго-сбросо-сдвиги связаны вероятные источники поступления рудного вещества, в их пределах формируется рудная концентрация золота и других полезных компонентов. При разрушении пород металл высвобождается и поступает в речные долины.

Помимо структурно-тектонической обусловленности формирование россыпей связано с составом исходных пород или литологическим фактором. Литологический состав пород определяется собственно субстратом толщи накопленных в период формирования складчатых структур Урала и в результате экзогенных преобразований вещественного состава под воздействием климатического фактора.

В общих чертах речная сеть района нижнего течения р. Койва имеет прямоугольное очертание. Длинные (продольные) участки долин расположены обычно на менее устойчивых к эрозии породах и ориентированы в меридиональном направлении. Широтные отрезки долин короче, в них часто встречаются неравновесные участки, продольный уклон у них несколько больше. Сформировавшийся решетчато-прямоугольный тип речной сети является результатом длительного приспособления долин к структурным элементам, тектоническим зонам и менее устойчивым литологическим разностям пород, имеющим субмеридиональное простирание [4].

Анализ структурно-тектонических особенностей поперечной части долины р. Койва показывает следующее.

1. Характер заложения речной сети соответствует ориентировке складчатости Урала и надвиговой зоны. Долина р. Койва расширялась и углублялась в пределах ослабленной зоны надвига.

2. Особенности структурно-тектонического строения и формирования поперечной части долины р. Койва могут быть полезны для выявления погребенных россыпей золота, платины и алмазов на этом участке реки.

Для многих рек Западного Урала (как и для Койвы), развитие которых обусловлено структурно-тектоническими особенностями Уральской складчатой системы характерна достаточно общая схема формирования долин, соответствующая определенным этапам:

1. Завершающая линейная складчатость.

2. Появление водотоков по ослабленным зонам согласно основной складчатости – продольные речные долины, глубинная эрозия. Основное направление рек согласно складчатости.

3. Формирование поперечных долин по тектонически ослабленным зонам: глубинная эрозия поперечных долин, боковая – продольных; скорость разрушения крутых бортов выше скорости пологих.

4. Речной перехват основного водотока и перевод основной водности на гипсометрически низкий уровень: коленообразные изгибы рек; сочетание продольных и поперечных участков речных долин; «отмирание» участков продольных долин.

5. Преобладание участков поперечных долин по направлению максимального снижения гипсометрического уровня.

Библиографический список

1. Коврижных С. Б., Наумова О. Б. Структурно-тектонические и геоморфологические особенности поперечной части долины р. Койвы // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 4. С. 317-322.
2. Коврижных С. Б. Некоторые аспекты рудной и россыпной золотоносности на западном склоне Среднего Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 103-107.
3. Копылов И. С., Наумов В. А., Наумова О. Б., Харитонов Т. В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 130 с.
4. Наумов В. А., Силаев В. И., Чайковский И. И., Мальцева М. В., Хазов А. Ф., Филиппов В. Н. Золотоносная россыпь на реке Большой Шалдинке на Среднем Урале. Пермь, 2005. 92 с.
5. Осовецкий Б. М., Наумов В. А. Чусовская депрессия <http://enc.permculture.ru/>

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СИЛУРИЙСКОГО КОЛЛЕКТОРА АЛМАЗОВ В ЮЖНОМ ПРИТИМАНЬЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

В статье впервые описывается геологическое строение силурийского коллектора алмазов на месторождении Южная Рассольная Вишерского алмазоносного района в Южном Притиманье. По литологическим признакам и степени алмазоносности в базальных отложениях силура выделено три толщи. В древнем рельефе фиксируется отрицательная структура по типу котловины выдувания (эрозионно-дефляционной «ванны»). На основании находки ветрогранников, индикаторных образований каменистых пустынь, и морфологических особенностей древнего рельефа постулируется эоловый тип для остаточных россыпей раннего палеозоя. Для обнаружения остаточных россыпей эолового типа предлагается ряд устойчивых поисковых признаков, которые могут быть использованы в комплексе геологоразведочных работ на алмазы.

Ключевые слова: Пермский край, Южная Рассольная, силур, колчимская свита, корразия, ветрогранники, алмаз, эоловые россыпи.

Yu. G. Paktovsky
Perm State University, urijpaktovskij65@gmail. ru

GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE SILURIAN INTERMEDIATE DIAMOND COLLECTOR IN THE SOUTHERN CIS-TIMAN (PERM REGION)

The article describes for the first time the geological structure of the Silurian diamond collector at the Southern Rassolnaya deposit of the Vishera diamond-bearing region in the Southern Cis-Timan. According to the lithological features and the degree of diamond content in the basal sediments of the Silurian, three strata are distinguished. In the ancient relief, a negative structure is recorded according to the type of a blow-out basin (an erosion-deflationary "bath"). The aeolian type for the residual placers of the Early Paleozoic is postulated based on the findings of windkanter, indicator formations of stony deserts, and morphological features of the ancient relief. For the detection of residual aeolian placers, a number of stable search features are proposed, which can be used in the complex of geological exploration for diamonds.

Keywords: Perm region, Southern Rassolnaya, Silurian, windkanter, diamond, aeolian placers.

На севере Пермского края в Южном Притиманье почти в полном обрамлении пород приуральского отдела пермской системы (P_{1PUR}) находится рифей-вендский (RF_3-V_2) выступ фундамента Русской плиты. Это – Полюдово-Колчимский антиклинорий [22], часть шовной зоны Тиманского орогена [14], или «тектоническое окно», сквозь которое нам открывается «доуральская» геологическая история региона. Из антиклинальных структур Полюдово-Колчимского антиклинория наиболее изучена Колчимская антиклиналь (рис. 1). Необходимо отметить, что степень геологической изученности в исследуемом регионе напрямую связана с алмазоносностью той или другой его территории.

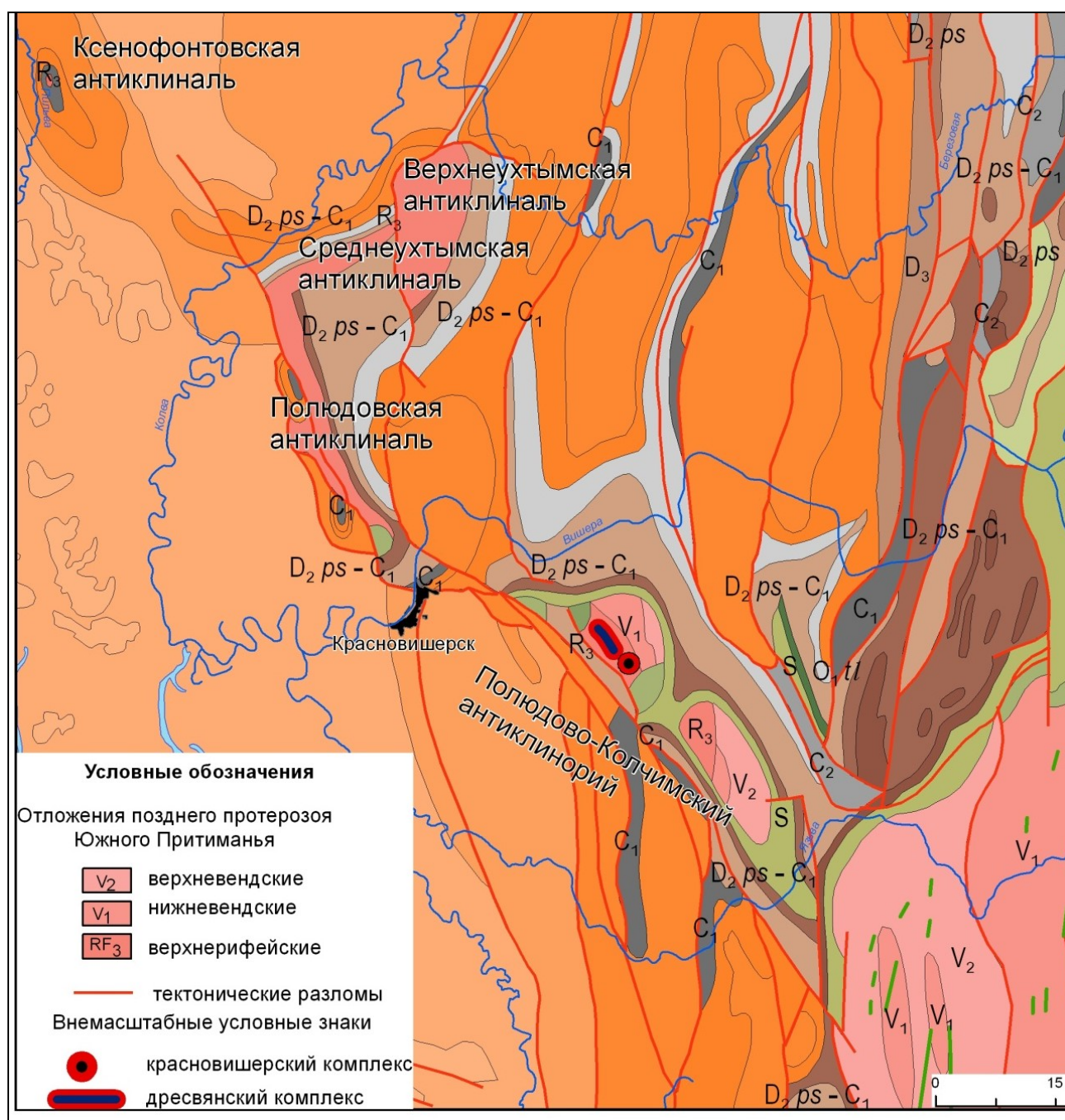


Рисунок 1. Полюдово-Колчимский антиклинорий на геологической карте Пермского края (по Б. К. Ушкову, 2000, с дополнениями автора; компьютерная графика: П. А. Красильников)

Все известные россыпи алмазов Урала составляют три геолого-промышленных типа: 1) остаточные россыпи, промежуточные коллекторы алмазов кластических толщ палеозоя (ордовик, силур, девон); 2) ископаемые мезо-кайнозойские россыпи депрессий и древних перегубленных речных долин; 3) современные плейстоцен-голоценовые аллювиальные россыпи [20]. Силурийский (S_1kl_1) промежуточный коллектор алмазов изучался нами со времени установления его промышленной алмазоносности в северо-западных блоках месторождения Южная Рассольная. В целом месторождение считалось полигенной россыпью, сформировавшейся в Рассольнинской депрессии мезо-кайнозойского заложения [4]. Источником алмазов указывался такатинский

(D_{1tk}) промежуточный коллектор [5]. В настоящее время промышленная алмазоносность Урала связывается исключительно с россыпями [24].

В исторической ретроспективе необходимо отметить, что впервые на возможную алмазоносность «в низах силура и девона» указывал еще А. А. Кухаренко на основании изучения разреза палеозойских отложений западного склона Среднего Урала [11]. В. А. Ветчанинов, первооткрыватель месторождения Южная Рассольная, на основании наблюдения непрерывных фациальных переходов ряда: делювий–элювий–коренные породы, – впервые высказал мнение о присутствии алмазов в базальной части колчимской (S_{1kl1}) свиты (Ветчанинов и др., 1968). Другими словами, он предполагал силурийский, а не такатинский источник алмазов месторождения, хотя в печати и не выразил свою точку зрения [1, 2]. Позднее в средней части месторождения Южная Рассольная в силурийском коллекторе обнаружены как сами алмазы, так и минералы-спутники алмаза (Колобянин и др., 1984), однако был сделан вывод, что алмазоносность силурийских отложений не представляет промышленного интереса. В. А. Езерский установил ураганную алмазоносность базального валунного горизонта силурийских отложений мощностью 0,3 м (Езерский, 2000). Производственники ЗАО «Уралалмаз» называли его «жирным слоем». По мнению исследователя, слой представлен континентальными отложениями временных и небольших водотоков, а породы колчимской свиты представляют собой отложения морской трансгрессии [12]. Он же на примере месторождения Северная Рассольная разделил базальные отложения силура на три толщи: верхнюю, представленную глинистыми мекозернистыми песчаниками и алевролитами; среднюю – разнотекстурными песчаниками; и нижнюю – конгломератовидными брекчиями с фрагментами глинистых кор выветривания на контакте венда и силура.

Таким образом, промышленная алмазоносность силурийского промежуточного коллектора была доказана, однако мощность продуктивного горизонта составляла всего 0,3 м, что не обеспечивало крупных запасов полезного ископаемого. К концу нулевых годов текущего века месторождение Южная Рассольная считалось практически отработанным. В целиках оставался небольшой по площади северо-западный блок XI, разведанный по категории С₂ и считавшийся мало перспективным, со средней мощностью «песков» 6,8 м и содержанием 10,36 мг/м³ (Мусихин, 1974), и подвесной блок XII. Весной 2010 г. началась отработка северо-западных блоков месторождения. Оперативно проведенное геологической службой ЗАО «Уралалмаз» эксплуатационное опробование показало повышенную мощность и высокую продуктивность вскрываемых отложений. Из первых девяти крупнообъемных проб общим объемом 390 м³ было получено 95 кристаллов алмаза. Среднее содержание по пробам составило 48,95 мг/м³; средняя масса одного кристалла – 197,9 мг, причем доля мелких алмазов (до 40 мг) не превысила 15%. Доля алмазов массой более 1 карата составила 37,8% [18]. Мощность продуктивных отработанных отложений достигала 12–20 м. Повышенная алмазоносность отложений оказалась связана с силурийским коллектором. Только по учтенным данным за четыре добычных сезона в северо-западных блоках месторождения было добыто более 50 тыс. карат алмазов. И тогда стало очевидно, что в Южном Прикамье наряду с такатин-

ским существует еще один промышленно значимый промежуточный коллектор алмазов – силурийский (S_1kl_1).

В современном рельефе силурийский объект месторождения Южная Рассольная находится на вершине водораздела между истоками рр. Ефимовка и Рассольная. Однако в древнем рельефе по кровле отложений кочешорской свиты ($V_2k\check{c}$) это место представляет собой отрицательную структуру, в которую «вложен» фрагмент силурийских отложений. В. А. Ветчанинов полагал, что они «запечатались» благодаря этому ступенеобразному понижению в древнем рельефе и поэтому сохранились от размыва. Северное ограничение этой структуры исследователь считал разломом северо-западного (тиманского) простирания. Элементы залегания терригенной толщи в основании силура: азимут падения 50^0 , угол падения 12^0 . Базальные отложения силура Рассольнинской депрессии узкой полосой выходят на поверхность в северо-восточной части Колчимской антиклинали во фронте Колчимского надвига. В северо-западных блоках месторождения Южная Рассольная они образуют «раздув» в плане и увеличиваются в мощности. Для рассмотрения строения базальных отложений силура нами по материалам буровых работ геологической службы ЗАО «Уралалмаз» построен геологический разрез через центральную часть блока XI между разведочными линиями 55 и 7. Описание разреза ведется сверху вниз, как это было при отработке карьера (рис. 2).

Толща 1 (др QI–II). Общего характерного голубовато-серого цвета. Выветрелые глинизированные алевролиты с обилием щебня и глыб голубовато-серых мелкозернистых кварцевых мелкослоистых плитчатых песчаников, особенно обильных в средней и нижней части толщи. В неизменённом виде песчаники имеют светло-серый цвет. Мощность толщи от 1 м до 8 м, на отдельных участках она отсутствует и по латерали переходит в нижележащие слои. Вся толща сохраняет реликты слоистости и трещин отдельности исходных песчаников, сохранившихся фрагментарно. Элементы залегания толщи 1 совпадают с элементами залегания нижележащих толщ 2 и 3, угол падения выполаживается до 4^0 . Сохранившиеся структурные признаки позволяют считать ее структурной корой выветривания или элювиальными образованиями по терригенным породам основания колчимской свиты, как это считал и В. А. Ветчанинов (1968). Длительное пребывание на вершине водораздела сохранило толщу 1 от полного уничтожения, однако следы размыва усматриваются в ложковом врезе, отмеченном нами при построении геологического разреза (рис. 2). Ложок имеет юго-восточную ориентировку, то есть направлен к верховьям р. Ефимовки. Ложковые отложения представлены серой алевритистой глиной с включениями крупного щебня, дресвы, а также угловатоокатанной гальки светло-серого кварцевого песчаника. По этим данным можно вполне уверенно полагать, что часть материала толщи 1, включая полезный компонент, поступала на нижние гипсометрические уровни и в долину р. Ефимовки, питая таким образом центральную часть месторождения Южная Рассольная. Геологическое эксплуатационное крупнообъемное опробование установило переменчивую алмазонасность толщи 1: от 0 мг/м^3 до $99,5 \text{ мг/м}^3$ по отдельным пробам. Практически вся толща 1 (др QI–II) была снята при отработке и не сохранилась в естественном залегании.

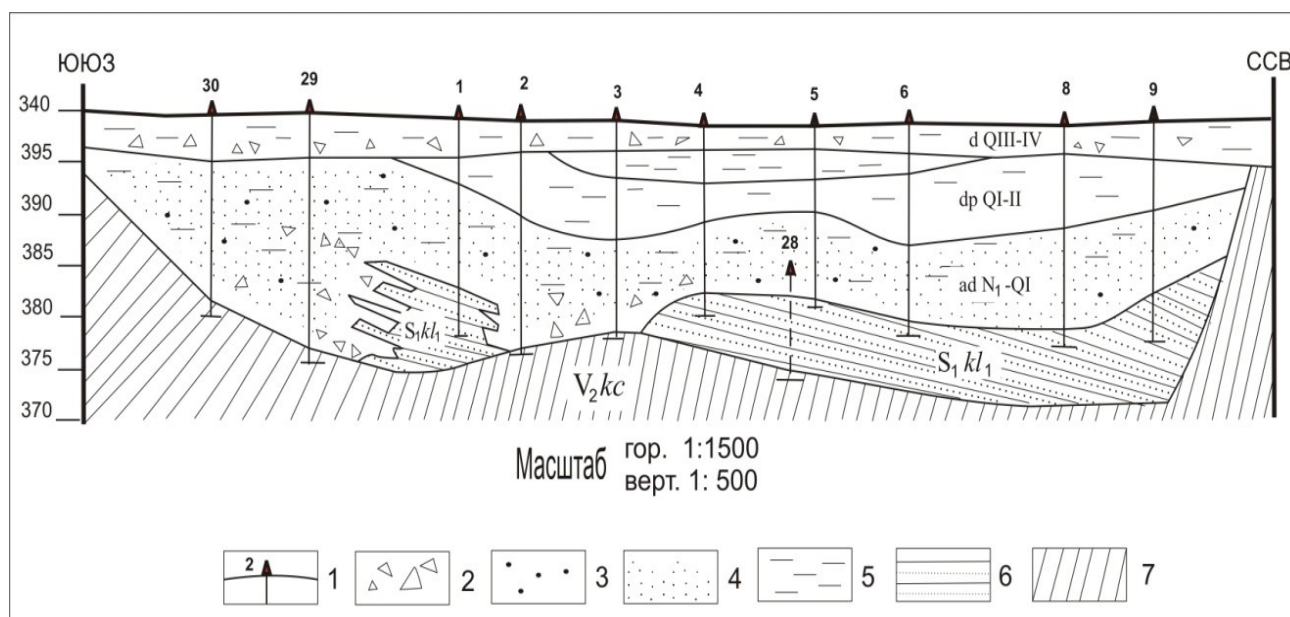


Рисунок 2. Геологический разрез силурийского коллектора алмазов месторождения Южная Рассольная (блок XI)

Условные обозначения к разрезу: 1) скважина и ее номер; 2) щебень; 3) мелкая галька, гравий; 4) песчаник, частично дезинтегрированный и глинизированный; 5) глина песчаная делювиальная и делювиально-пролювиальная; 6) базальный песчаник нижней подсвиты колчимской свиты (S_1kl_1); 7) породы кочешорской свиты (V_2kc). Компьютерная графика: А. Г. Попов.

Толща 2 ($ad N_1-QI$). Общего желто-коричневого цвета. Выветрелые и частично глинизированные песчаники с обилием щебня и глыб желтовато-серых гравийных и разнозернистых (от мелкозернистых до крупнозернистых) песчаников. Слоистая текстура толщи подчеркнута разными оттенками желтого, коричневого, красного цветов, говорящих об интенсивном ее ожелезнении в окислительных условиях. Причем, с глубиной влияние этого процесса усиливается и приводит к образованию достаточно крупных лимонитовых стяжений и конкреций, особенно на контакте с нижележащей толщей литифицированных кварцевых песчаников толщи 3. Как и толща 1, толща 2 сохраняет реликты слоистости и трещин отдельности, хорошо проявленные в прослоях мелкослоистых плитчатых светло-серых песчаников, из-за контрастности цвета и степени литификации кажущихся линзовидными. Толщу 2 мы также считаем структурной корой выветривания или элювиальными образованиями по терригенным породам основания колчимской свиты. «Запечатывание» толщи 2 на вершине водораздела после вывода силурийских пород на поверхность позволяет поставить вопрос о генетических условиях накопления осадка. В этом отношении весьма примечательно присутствие хорошо окатанного галечного материала в кровле некоторых слоев. Характер распределения грубообломочного материала мы назвали рассеянным по поверхности напластования. Он представлен гравийными зернами кварца, прослоями гравелитов и разнозернистых песчаников с мелкой галькой кварца; отдельными валунами кварцевого песчаника (до 20 см

по длинной оси), уплощенными и хорошо окатанными, обломками сцементированных гравелитов с галькой кварца, песчаников и кварцитов. Надо заметить, что крупные гальки вдавлены в тонкие слои мелкозернистого песчаника и не образуют отдельного слоя, но рассеяны на поверхности напластования последнего, что говорит о кратковременном, но резком изменении режима водного потока, в котором формировался данный осадок. Совместная седиментация мелкозернистого и грубозернистого материала свидетельствует об изменении режима осадконакопления. Этому вопросу мы посвятили отдельную статью [17]. Наш вывод состоит в том, что рассеянный по поверхности напластования и в тонких слоях грубозернистый материал является характерной особенностью литологического состава терригенной толщи в основании силура. Второй вывод уточняет первый: неравномерное распределение грубообломочного материала позволяет предположить струйчатый характер распределения алмазов в толще на разных горизонтах. Третий вывод суммирует первые два в качестве поискового признака для подобных алмазоносных объектов, особенно при резком дефиците парагенетических спутников алмаза, обычном для ископаемых россыпей [3]. Геологическое эксплуатационное крупнообъемное опробование установило повышенную алмазоносность толщи 2 (ad N₁–QI): от 28,4 мг/м³ до 161,7 мг/м³ по отдельным пробам. Мощность толщи 2 от 2 м до 16 м, за счет неровной конфигурации кровли толщи 3.

Толща 3 (S₁kl₁). Представлена песчаниками кварцевыми светло-серыми с характерным желтовато-зеленоватым оттенком, в основном, мелкозернистыми, с примесью средне-крупнозернистых и мелкогравийных кварцевых зерен, мелкослоистые, плитчатые с мощностью слоев 0,15–0,3 м. Песчаники крепкие, скальные, на кварцевом цементе с примесью гидрослюда, придающей им зеленоватый легко узнаваемый оттенок. По этой причине толща 3 является маркирующей. С резким угловым и стратиграфическим несогласием базальные отложения силура (S₁kl₁) залегают на породах кочешорской свиты венда (V₂kč), представленных тонким переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников вишнево-красного цвета. Скважина 28, забуренная в днище добычного карьера (рис. 2), вскрыла на полную мощность скальные песчаники толщи 3. Их мощность составляет около 5 м. В то время как в центральной части месторождения видимая мощность песчаников в основании силура – 0,4 м. Резкое уменьшение мощности на сравнительно небольшом расстоянии мы связываем с выполаживанием отрицательной формы в древнем рельефе. Крупнообъемное опробование литифицированных пород толщи 3 (S₁kl₁) никогда не проводилось по технологическим причинам, связанным с необходимостью дробления скальных пород, поэтому прямых данных об ее алмазоносности на настоящий момент не имеется.

В завершение описания геологического строения силурийского коллектора на месторождении Южная Рассольная необходимо отметить еще одну его особенность. На контакте силура и венда по разрезам скважин 28 и 4 (рис. 2) отмечается зона дробления, представленная литифицированными брекчиями, мощностью до 3,0 м. Возможность тектонического воздействия не исключается, поскольку в основании силура отмечены зеркала скольжения по напластованию

пород. Однако форма щебнистых обломков приводит нас к другому выводу, а именно к тому, что по своей морфологии эти щебнистые обломки являются ветрогранниками, индикаторными образованиями каменистых пустынь. Характерно, что зона дробления приурочена к выступу верхнепротерозойских пород и расположена на склоне и в днище отрицательной формы древнего рельефа. Брекчии в основании толщи 3 до сих пор почти не изучены, хотя представляют несомненный интерес как научный, так и практический. Крупнообломочный материал подобных брекчий мы изучали в более благоприятных для геологических наблюдений условиях в центральной части месторождения Южная Рассольная (рис. 3) [15].



Рисунок 3. Ветрогранники из основания силура. Месторождение Южная Рассольная

На рисунке 3 (а) изображены отпрепарированные в подошве силурийских песчаников ветрогранники, самый крупный из них – пирамидальный трехгранник клиновидный; на рисунке 3 (б) – пирамидальный трехгранник изометрический; их еще называют драйкантерами; на рисунке 3 (в) – ветрогранник округленный цилиндрический с бороздками выдувания на наветренной грани. Морфологию ветрогранников, извлеченных нами из породы с помощью молотка и зубила без повреждения, что необходимо для сохранения их индивидуальных особенностей, мы изучили с помощью классификации Н. Н. Карлова [9]. Из сорока штук образцов двадцать три оказались пирамидальными ветрогранниками (57,5%), а в числе последних преобладали пирамидальные трехгранники (52%). Известно, что пирамидальные трехгранники (драйкантеры) образуются при одном преобладающем направлении ветра [13]. Этот факт приобретает важное значение для палеогеографических и палеогеоморфологических реконструкций, например, для континента Балтика в позднем протерозое – раннем палеозое [21].

Кроме того, обращает на себя внимание морфология самого геологического тела, сложенного терригенными породами нижней подсвиты силура. Это геологическое тело как будто «вложено» в отрицательную форму рельефа древнего фундамента (рис. 2), что вызывает вопрос о причине возникновения такой морфоструктуры. Учитывая факт нахождения ветрогранников в основании толщи 3, можно сделать предположение об эоловой природе этой формы древнего рельефа [16]. Вот как, например, описывал Э. Кайзер современный аналог «корразионного рельефа» в провинции Нумаланд в Намибии. Эоловой обработке подвергаются целые слои горных пород, в которых образуются долинопо-

добные борозды, длиной до нескольких километров. Стенки этих бороздообразных долин всегда крутые, высотой до 15 м. Днища долин выполнены щебнем, поступающим с крутых склонов, и эоловым песком небольшой до 20 см мощности [8]. Причем в этом тонком слое песка концентрируются настолько высокие содержания алмазов, что на эоловых россыпях применялась уникальная в своем роде практика опойскавания, состоящая в ручной выборке ценного минерала по ходу маршрута. Где больше «набирают» алмазов, там и богаче участок. Образование эрозионно-дефляционных «ванн» (котловин выдувания) Э. Кайзер связывал с процессом корразии, как и образование ветрогранников. Важным условием образования котловин выдувания и ветрогранников является отсутствие растительности и постоянно дующий в одном направлении ветер [23]. Сплошной растительный покров высотой больше 20 см приводит к прекращению воздействия ветра на поверхность земли; следовательно, ветрогранники не образуются. Эрозионно-дефляционные «ванны» при благоприятных условиях периодически заполняются алмазоносным гравием, песком и щебнем, отложенными временными потоками, углубляются дефляцией, в результате чего на склонах котловин образуются щебневые террасы [10]. В Намибии процесс корразии горных пород образовал в котловинах выдувания богатые россыпи алмазов эолового типа. В силурийском коллекторе Южного Притиманья подобным образом могли сформироваться остаточные россыпи, конечно, при условии существования эпохи предсилурийского кимберлитового магматизма [6, 7]. Отсутствие наземной растительности на рубеже ордовика и силура хорошо известно, а образование пирамидальных ветрогранников свидетельствует об одном-двух преобладающих направлениях ветра, возможно, сезонных, поскольку речь идет о материковой суше на границе с океаническим бассейном, откуда в эпоху лландовери началась трансгрессия моря на континент (на запад, в современных координатах).

Морфологические признаки котловины выдувания мы видим в геологическом строении силурийского коллектора на месторождении Южная Рассольная. Даже при неизбежной деформации в результате давления со стороны эпигерцинской складчатой системы Урала в древнем рельефе сохранилась отрицательная структура с крутыми стенками, щебнистыми развалами и с ветрогранниками на днище корразионной долины. Если это так, то по генезису силурийскую россыпь алмазов можно отнести к остаточной россыпи эолового типа.

На Урале эоловый тип остаточных россыпей алмазов до сих пор не рассматривался и поэтому предлагается впервые. Необходимо отметить несколько устойчивых поисковых признаков для решения этой проблемы: 1) наличие отрицательных форм в древнем рельефе (котловины выдувания с почти отвесными стенками и щебнистыми развалами); 2) находки ветрогранников в кровле нижележащих и в подошве вышележащих контактирующих толщ; 3) хорошая сортировка алмазов. Первые два признака могут быть установлены еще на стадии поисков колонковым бурением. Третий признак является общим для популяции уральских алмазов – все они хорошо сортированы. Тогда, на стадии поисков или при проведении ревизионных работ в алмазоносном районе важнейшим признаком будет являться второй из них – факт нахождения ветрогранни-

ков. В таком случае индикатором обломочного материала для поиска остаточных россыпей будет являться не галечник (конгломерат), а щебень (брекчия), то есть – ветрогранники. До сих пор эти природные образования в регионе не находили или, скорее, на них не обращали должного внимания. Между тем, новые находки ветрогранников могут дать поисковый стимул в алмазной геологии Урала [19].

Главные выводы нашего исследования могут быть сформулированы следующим образом: 1. Источником алмазов месторождения Южная Рассольная является силурийский (S_1kl_1) промежуточный коллектор. 2. По генезису силурийскую россыпь мы относим к остаточной россыпи эолового типа. 3. Важным поисковым признаком россыпей эолового типа являются ветрогранники, индикаторные образования каменистых пустынь.

В заключение необходимо отметить, что результаты проведенного исследования могут быть учтены и использованы в комплексе геологоразведочных работ на алмазы на Урале и в других регионах со сходным геологическим строением.

Библиографический список

1. *Ветчанинов В. А.* Условия образования россыпей алмазов Вишерского района Урала и основные критерии их прогнозирования // Геология и прогнозирование алмазных месторождений. Тезисы докладов III Всесоюзного межведомственного совещания по геологии алмазных месторождений. М. : ЦНИГРИ, 1974. С. 71–72.
2. *Ветчанинов В. А.* Такатинская свита среднего девона – источник алмазов уральских россыпей // Геология и геофизика. 1987. № 4. С. 137–141.
3. *Владимиров Б. М., Зубарев Б. М., Каминский Ф. В., Минорин В. Е., Одинцов М. М., Орлов Ю. Л., Прокопчук Б. И., Соболев Е. В., Соболев Н. В., Харьков А. Д., Черный Е. Д.* Геология и генезис алмазных месторождений. Науч. ред. Б. М. Зубарев. В 2 кн. Кн. 2. Алмазные россыпи. М. : ЦНИГРИ, 1989. С. 361–422.
4. *Граханов С. А., Шаталов В. И., Штыров В. А., Кычкин В. Р., Сулейманов А. М.* Россыпи алмазов России // гл. ред. В. А. Додин. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2007. 457 с.
5. *Захарченко О. Д., Хачатрян Г. К., Гречишников Д. Н.* Алмазы Тимано-Уральского региона. Отв. ред. В. И. Ваганов. М.: ЦНИГРИ, 2006. 209 с.
6. *Зинчук Н. Н.* О палеотектоническом развитии и возможном проявлении кимберлитового магматизма на сопредельных с Уралом территориях // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. науч. ст. / под общ. ред. И. И. Ибламинова. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. Вып. 1(38). Пермь, 2018. С. 43–51.
7. *Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Шевырев Л. Т.* Историческая минерагения. В 3 т. Т. 1. Введение в историческую минерагению. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. 590 с.
8. *Кайзер Э., Беетц В.* Алмазоносная пустыня Юго-Западной Африки. В 2 т. Т. 2. Кн. 1. Л.: Министерство геологии, 1952. Переводы иностранной литературы по геологии, минерагии, разведке и обогащению. 184 с.
9. *Карлов Н. Н.* О номенклатуре и классификации ветрогранников // Проблемы физической географии. Т. XVI. Л. : Изд-во АН СССР, 1951. С. 174–178.
10. *Кухаренко А. А.* Минералогия россыпей. М. : Гос. науч. – тех. изд-во, 1961. 320 с.
11. *Кухаренко А. А.* Алмазы Урала. М. : Гос. науч. -тех. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1955. 515 с.
12. *Молчанова Е. В., Езерский В. А.* Терригенные отложения колчимской свиты – древнейший вторичный коллектор алмазов на Северном Урале // Терригенные осадочные после-

довательности Урала и сопредельных территорий. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 164–165.

13. Мушкетов Д. И., Мушкетов И. В. Физическая геология. Изд. 3-е. В 2 т. Т. 2. Л. –М.: Госиздат, 1926. 636 с.

14. Нечехин В. М., Душин В. А., Оловянишников В. Г. Геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии масштаба 1:2 500 000 / отв. ред. В. А. Коротеев. Екатеринбург: УрО РАН; УГГУ, 2009.

15. Пактовский Ю. Г. О ветрогранниках в основании силура в Южном Притиманье (Пермский край) // Учёные записки. Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2020. Том 6 (72), №2. С. 243–261.

16. Пактовский Ю. Г. Силурийский эмерсивный рубеж на территории Южного Притиманья (Пермский край) // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Том 19, №3. С. 210–224.

17. Пактовский Ю. Г. Новые данные о малообъемном опробовании терригенного колчима на Северном Урале // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. ред. И. И. Чайковский. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. Вып. 20. С. 227–233.

18. Пактовский Ю. Г. Новые данные по опробованию терригенных отложений колчимской свиты на Северном Урале // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. ст. юбилейной конф., посвящ. 100-летию Перм. ун-та и 85-летию геол. ф-та / под общ. ред. Р. Г. Ибламинова. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 76–81.

19. Пактовский Ю. Г., Осовецкий Б. М., Попов А. Г., Чуйко В. А. Проблемы россыпной алмазности Урала // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. X Международная научно-практическая конференция (13–16 апреля 2021 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). Сборник тезисов докладов. М.: ФГБУ «ЦНИГРИ», 2021. С. 163–165.

20. Попов А. Г. Алмазность Урала – XXI век // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. X Международная научно-практическая конференция (13–16 апреля 2021 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). Сборник тезисов докладов. М. : ФГБУ «ЦНИГРИ», 2021. С. 175–176.

21. Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДазайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

22. Соболев И. Д. Тектоническая карта Урала / под ред. И. Д. Соболева. Л. : Ленинградская картфабрика ВАГТ, 1983.

23. Laity, J. E., Bridges, N. T. Ventifacts of Earth and Mars // Geomorphology. 2009. N. 105. pp. 202–217.

24. Puchkov, V. N. General features relating to the occurrence of mineral deposits in the Urals: What, where, when and why, *Ore Geol. Rev.* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.01.005>.

ГИПОТЕЗЫ ОБ ЭНЕРГИЯХ ЗЕМЛИ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯХ В ПРИРОДЕ

В государственном природном заповеднике «Вишерский» (Пермский край) на склонах г. Мунин-Тумп на отметках высот 550–800 м на космоснимках выявлены кольцевые гео- и фитоструктуры, которые сформировались в приповерхностной литосфере на геоактивных зонах размером 16–160 м в комбинации с зонами 1, 3 и 8 м. Такие зоны повышают выживаемость деревьев в 39 раз, а их размер увеличивают на 46%. Выдвинута гипотеза, что на них происходит синергетика излучений Солнца и Земли. Истечение энергий из недр Земли по таким кольцевым структурам происходит миллионы лет, и она скрепляет горные породы, препятствуя их разрушению, а у растений способствует их лучшему росту. На них возможно повышение температуры почвы и её минеральных включений, и для проверки гипотезы нужны исследования по теме «Термометрия кольцевых гео- и фитоструктур». Так как в микросейсмомагнитных исследованиях существует проблема сильных помех, то на данный момент фито- и биоиндикация представляют собой пока более эффективные методы регистрации и изучения таких геоактивных зон и кольцевых гео- и фитоструктур.

Ключевые слова: геодинамические активные зоны, растительность, кольцевые структуры.

Rogozin M. V.¹ Mikhalev V. V.²

¹ – Perm State National Research University, rog-mikhail@yandex. ru;

²-The company "ANDI" LLC, Perm, mihalev_v@mail. ru

HYPOTHESES ABOUT THE ENERGIES OF THE EARTH AND THEIR MANIFESTATIONS IN NATURE

In the Vishersky State Nature Reserve (Perm Krai) on the slopes of Munin-Tump at elevations of 550-800 m, satellite images revealed ring geo-and phytostructures that formed in the near-surface lithosphere on geoactive zones ranging in size 16–160 m in combination with zones 1, 3 and 8 m. Such zones increase the survival rate of trees by 39 times, and their size increases by 46%. The hypothesis is put forward that the synergetics of radiation from the Sun and the Earth occurs on them. The outflow of energy from the bowels of the Earth through such ring structures takes millions of years, and it holds rocks together, preventing their destruction, and in plants it contributes to their better growth. They may increase the temperature of the soil and its mineral inclusions, and to test the hypothesis, we need research on the topic "Thermometry of annular geo – and phytostructures". Since there is a problem of strong interference in micro-seismic magnetic studies, at the moment phyto – and bioindication are still more effective methods for registering such geoactive zones and circular geo – and phytostructures.

Keywords: geodynamic active zones, vegetation, trees, ring structures.

Изучение влияния энергий Земли на растительность было вызвано в частности тем, что лесоведение объясняло различия в росте деревьев в одинаковых

условиях факторами генетики и конкуренции не более чем на 40 %, а сила влияния остальных факторов, в том числе локальных особенностей почвы вблизи деревьев и литологии оставались количественно не определёнными [2, 10]. В связи с этим краеугольными камнями для исследований в лесоводстве должны служить «теория лесообразовательного процесса», «популяционная биология» и «теоретическая экология»; частью последней является недавно возникшая «лесная биогеофизика», имеющая большие перспективы [12].

В статье подведены некоторые итоги поэтапного исследования геоактивных зон на территории Пермского края в качестве первой попытки связать геофизические особенности территорий с их влиянием на фитоценозы и отдельные виды растений.

На первом этапе (2008–2015 гг.) энергии Земли изучали методом биолокации с определением центров так называемых «малых геоактивных зон» (МГА-зон) по семи дискретным типам. Они были благоприятны для роста деревьев и имели размеры от 1 до 110 м. При этом самые крупные деревья вырастали почти всегда на зонах размером 1 и 3 м, которые встречались с частотой до 250 шт. /га. Такие деревья использовались как фитоиндикаторы для проверки результатов биолокации [9]. Ранее для МГА-зон мы использовали термин «геобиологические» [8], опираясь на исследования И. С. Марченко [6].

На втором этапе (2016–2018 гг.) с целью выявления геодинамических активных зон [4] были проведены линеаментный и морфоструктурный анализы [3, 7, 9] территории Пермского края. В целом на территориях края прослеживаются разломы зонального, регионального и глобального уровня [4]. Учёт плотности линеаментов позволил впервые обнаружить их связь с резким увеличением расстояний миграции вышеназванных МГА-зон на местах с высокой плотностью линеаментов [9; 10, с. 9]. Также было выяснено, что в лесном питомнике в условиях холодной и затяжной весны на таких МГА-зонах грунтовая всхожесть семян ели увеличилась в 7 раз и поэтому они вполне могут быть использованы для выращивания посадочного материала при изменениях и резких колебаниях климата. По-видимому, лесные породы эволюционировали с использованием энергий МГА-зон. По крайней мере, буквально все изученные нами виды деревьев увеличивали на них долголетие, размеры, семеношение и даже меняли наследуемость (!) с положительной на отрицательную в зависимости от сочетаний типов зон, на которых формировались материнские деревья [10, с. 17].

На третьем этапе (с 2019 г. и по настоящее время) пришло понимание того, что геодинамические активные зоны с размерами в сотни и более метров велики для их сопоставления с растительными структурами. Поэтому пришлось использовать геоструктурометрический анализ (ГСМА) космоснимков. Инновационная технология ГСМА разработана на основе научного открытия Ю. И. Фивенского № 02-д/02 «Малые кольцевые структуры (МКС) рыхлых отложений земной коры», в котором «...экспериментально выявлены неизвестные ранее множественные, со сплошным покрытием земной поверхности, кольцевые природные образования малого размера (единицы – сотни метров), создаваемые

естественным излучением планеты и проявляющиеся в рыхлых отложениях земной коры на фоне сейсмоакустических волн».

Естественные, постоянно возникающие сейсмоакустические волны (микросейсмы) Земли, при движении из недр к поверхности, проходя через стратифицированные, литологически и фациально разнородные осадочные толщи с разной акустической жесткостью отражаются от геолого-геофизических разделов неоднородностей и центров сейсмоакустического возмущения в форме конуса, формируя в рыхлых отложениях приповерхностной литосферы сложную интерференционную картину перекрывающихся малых кольцевых структур (МКС). МКС имеют радиус, равный 0,7 от глубины залегания центра, генерирующего микросейсмы, и дают в проекции на поверхность Земли концентрические окружности. На площади 1 км² суши их может быть обнаружено до 6–10 тысяч и более с размерами десятки – сотни метров и более. Идеальные кольцевые МКС не встречаются из-за осложняющих их рисунок колец более мелкого ранга, которые не позволяют воспринимать их как полностью кольцевые [13].

Впервые МКС удалось выявить после многих лет наблюдений за снежным покровом с использованием детальных космических снимков. При таянии снега на полях земля освобождается от снега неравномерно кольцами и полукольцами, иногда двойными, диаметрами в десятки и сотни метров. Микросейсмы встряхивают снег в кольцах за зиму примерно миллион раз. Снег становится плотнее, сходит позднее и лучше насыщает почву водой подобно тому, как снег на лыжном следе тает медленнее. На них летом видны различия в тоне окраски агрокультур, т. е. МКС влияют на их продуктивность [13].

Как нам кажется, в этом случае Землю можно представить как «энергетически-живой» мега-организм, сердце которого пульсирует с частотой 6–10 ударов в минуту и его удары (микросейсмы) встряхивают поверхность Земли. На основе ГСМА на территории Пермского края выявлено более сотни кольцевых структур с размерами от десятков-сотен метров до сотен километров. Так, на территории заповедника «Вишерский» отдешифрована очень крупная Лыпинская флюидизатно-эксплозивная структура размером 100×200 км, и её контуры выходят за пределы Пермского края. Центр этой мегаструктуры расположен в истоках р. Лыпья, и наши исследования в районе г. Муни-Тумп попадали в её северо-восточный сектор [7, 10].

Наряду с МКС Ю. И. Фивенского существует и иной класс кольцевых структур, очень на них похожих. В них происходит дегазация водорода из недр Земли с выделением огромного количества энергии, что вызывает земные катастрофы. Неиссякаемым источником потоков глубинного водорода является жидкое ядро Земли [5]. Выделение водорода после более чем 40 химических реакций приводит к разрушению озонового слоя в стратосфере, и такие места в России в 1991–2000 гг. занимали до 20 % её территории. Сам центр дегазации приурочен к каким-либо геологическим структурам – рифтам, узлам пересечения глубинных разломов, алмазонасным трубкам, кольцевым магматическим массивам и др. [11].

Такие кольцевые депрессии рельефа размером до 150 м, где иногда ощущается слабый запах сероводорода, были обнаружены нами по краю одного из об-

ширных болот вблизи г. Краснокамск, а также в лесах долины р. Кама на её правом берегу в Кировском районе г. Пермь.

Механизм влияния МГА-зон на растения удалось понять после изучения роста сосны обыкновенной в 184-летнем насаждении [10], где на план нанесли 736 деревьев и более 500 благоприятных зон размером 1, 3, 8, 16, 32 и 55 м. Эти зоны привязывали к центрам оснований стволов с точностью $\pm 1-3$ см. Далее выстраивали диаграммы, где по горизонтали откладывали расстояние между центром основания дерева и центром ближней МГА-зоны, а по вертикали – диаметр дерева. Удалось выявить три пояса внутри этих зон: ингибирования, депрессии и комфорта. Для примера покажем зону размером 3 м. На ней указанные пояса находились на следующих расстояниях от её центра:

0–22 см – пояс ингибирования, где нет живых деревьев;

23–29 см – пояс депрессии роста, с отставшими в росте деревьями;

30–45 см – пояс комфорта с преобладанием средних и крупных деревьев.

Для контроля измеряли деревья на расстояниях 46–600 см вне действия всех других зон размером 1 и 8 м, и там диаметры стволов колебались естественным образом вблизи средних значений (рис. 1).

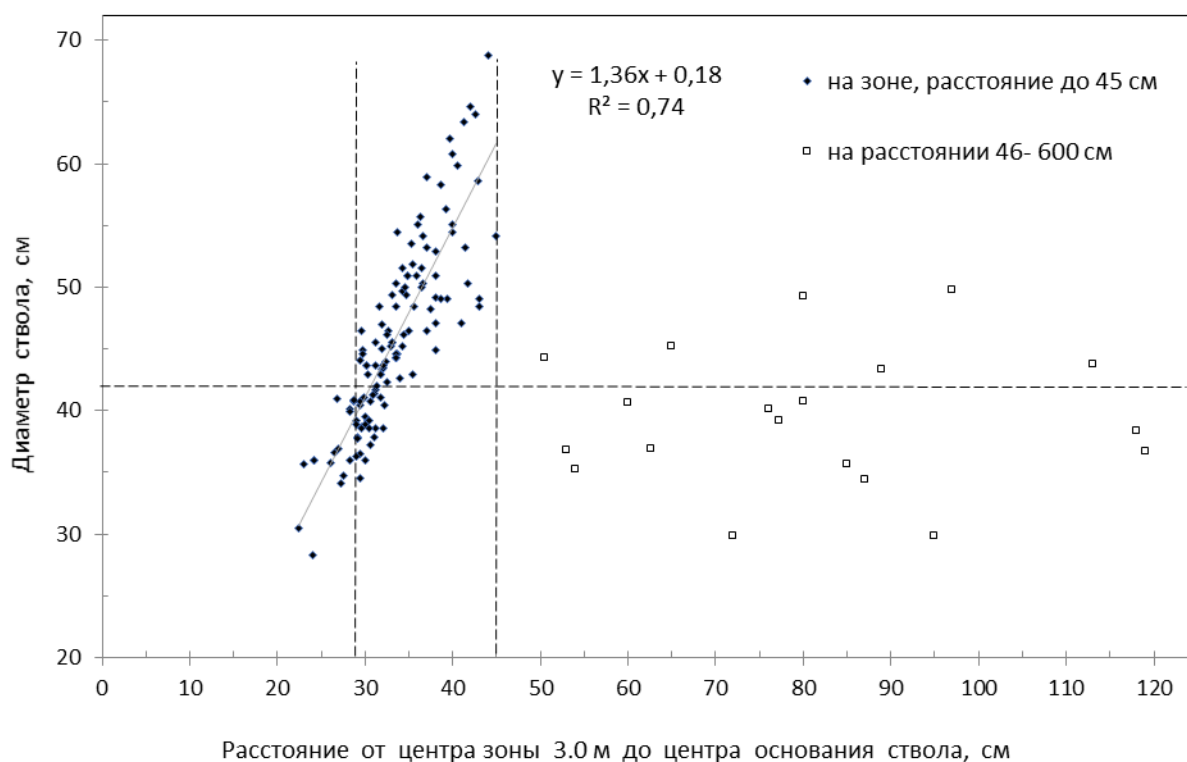


Рисунок 1. Деревья сосны на благоприятных зонах размером 3 м и на свободной от зон территории (показано расстояние до 125 см); горизонтальная линия – средний диаметр ствола в древостое; вертикальные линии отграничивают пояс комфорта.

Для зон другого типа, с размером 1 м, были получены очень близкие параметры указанных поясов, а для зон с размерами 8, 16 и 32 м радиус ингибирования составлял, соответственно, 32, 50 и 140 см. Для зон размером 55 м подобные пояса точно определить не удалось, так как таких зон в этом насаждении было все-

го лишь две. Ниже показано расположение зон размером 1 и 3 м вблизи 180-летнего дерева сосны (рис. 2).

Полученные данные характеризуют МГА-зоны как неоднородные, где центр – это территория ингибирования и депрессии, а периферийная часть шириной 15 см – кольцо комфорта для роста растений. При этом не исключено, что зона 3 м имеет второе, более дальнее кольцо, на которое реагируют другие породы, в частности, ель [8]. В таком случае МГА-зоны представляют собой класс кольцевых структур, подобных структурам Ю. И. Фивенского, однако их фрактальность чисто внешняя и не должна вводить нас в заблуждение, так как связь с геологическими факторами их образования может быть другая.



Рисунок 2. Крупное дерево сосны в поясе комфорта зоны размером 1 м и отпавшее дерево в поясе депрессии зоны размером 3 м справа (по: [10, с. 137]).

Деревья-лидеры других пород предпочитают иные сочетания зон. Так, на севере Пермского края ель сибирская в 100 % случаев формирует крупные стволы на МГА-зонах размером 1 и 8 м, однако на юге края растёт уже другой вид ели – ель финская (естественный гибрид ели сибирской и ели европейской), и её крупные деревья формируются в 94 % случаев на ином типе МГА-зон, имеющих размер только 3 м. Крупные и старые кедры (сосна кедровая сибирская) в 84 % случаев формируются на зонах размером 1 и 3 м в их комбинации с зонами 16, 32 и 55 м, и такие места часто оказываются вершинами скал [10, с. 60–64].

В северных лесах Пермского края деревья-лидеры ели и кедра растут на разных комбинациях МГА-зон, и поэтому они не конкурируют между собой (рис. 3).



Рисунок 3. Скала «Карстовая арка» на р. Вишера. Слева две крупные ели расположены на геоактивных зонах размером 1, 8 и 16 м, а два кедра справа – на комбинации зон 1, 3 и 55 м.

Начиная с 2020 г. началось изучение кольцевых структур растительности размером от 30 м и более в заповеднике «Вишерский». Их выявление осуществлялось на космоснимках по прогалинам, цепочкам деревьев и фрагментам колец, опознаваемым по скальным обнажениям и камням-останцам. На рисунках обозначены только их центры, так как прорисовка всего кольца закрывала бы опознающие его изменения в фототоне (рис. 4).

На рисунке 4 показан северный склон г. Муни-Тумп с уклоном в 11–15° на северо-восток. Ближе к гольцам (скальным обнажениям) на высотах от 700 м и выше уклон возрастает до 20° и более. Гольцы на космоснимке представлены светлым фототонем, а каменные останцы высотой до 15–20 м – светлыми пятнами с тенью. В центре рисунка цепочка из останцев выстраивается в виде дуги и по ней опознается кольцевая структура диаметром 530 м с центром у точки 32; она продолжается по группе деревьев вблизи точек 17, 16 и 15 и далее изгибается на север и северо-запад.

Разрешение снимка позволяет опознавать структуры диаметрами от 30–35 м, которые выстраиваются вокруг точек 13, 14, 25, 26, 27, 31. Остальные структуры имеют диаметры в основном 50–80 м. Биолокация этих гео- и фитоструктур показала, что они образуются на МГА-зонах с размерами 32, 55, 76 и 110 м. Как правило, центры таких кольцевых образований не заняты деревьями и кустарниками. Это очень похоже на ингибирование роста растений, уже нам известное [10, с. 174], и так как с увеличением размера зон увеличивался и пояс ингибирования, то для зон размером от 55 м и более следует ожидать его в пределах 5–7 м. Отсутствие растений в центрах таких зон на рисунке 4 как раз и подтверждает эти параметры.

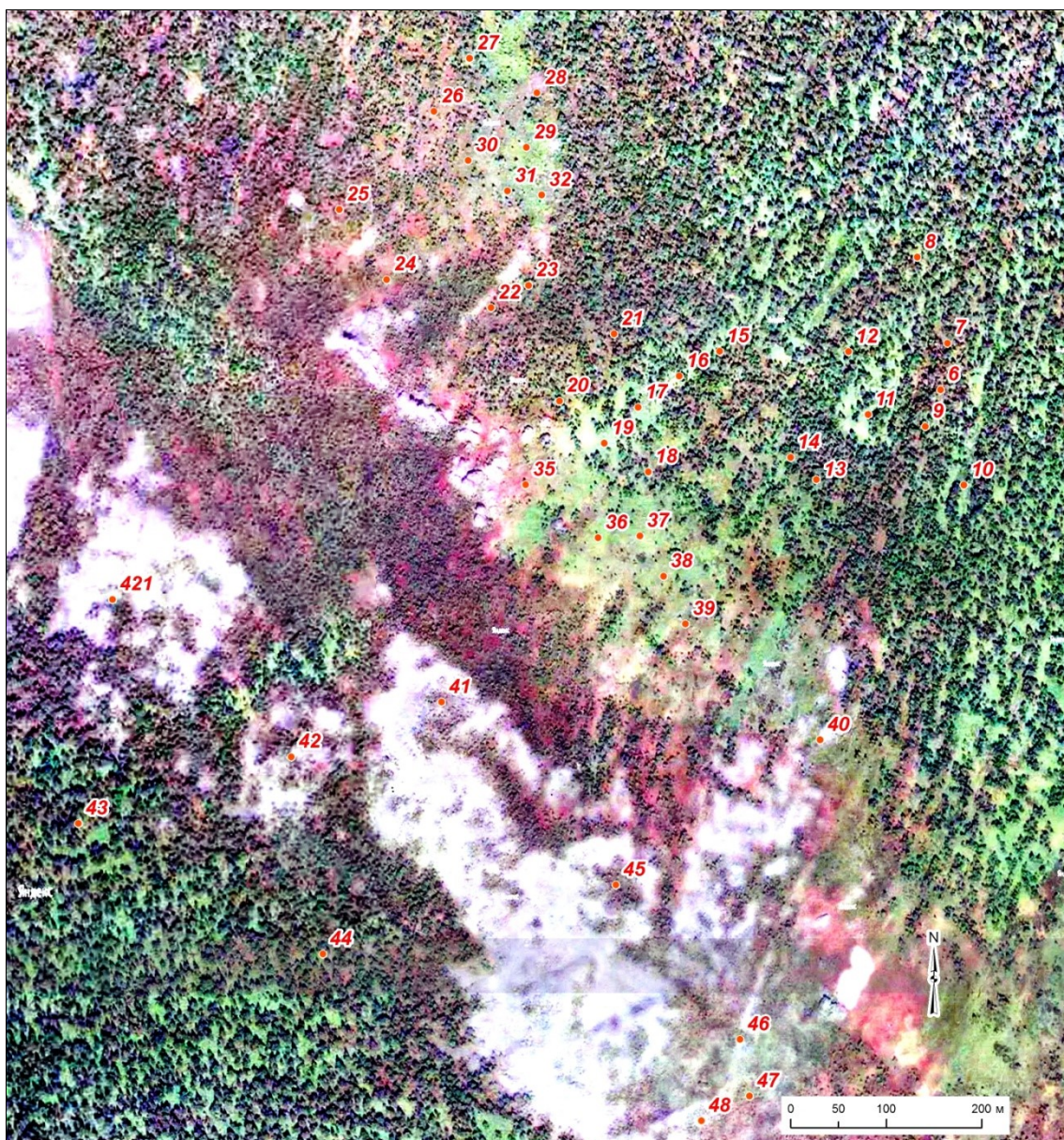


Рисунок 4. Кольцевые структуры в северной части г. Мунин-Тумп. Координаты кольца № 27: $59^{\circ} 12' 17''$ в. д., $61^{\circ} 29' 15''$ с. ш., и для кольца № 44: $59^{\circ} 12' 04,5''$ в. д; $61^{\circ} 28' 45''$ с. ш.

Время спутниковой съемки пришлось на начало июня, и кое-где вблизи скал всё ещё оставался не растаявший снег. Такой снежник длиной 60 м есть слева от стрелки севера на рисунке 4; вблизи него почва оттаяла недавно и ещё не покрылась растениями (розовый фототон на космоснимке).

Гора Мунин-Тумп имеет две плоские вершины с расстоянием между ними 3,2 км. В 1,2 км на юго-запад от южной вершины начинается пояс редколесья, на высотах 550–570 м крутой склон становится положе и в этом месте есть поляна размером 1500×250 м, на которой по фототону и отдельным деревьям и кустарникам можно выделить более десяти кольцевых структур (рис. 5).

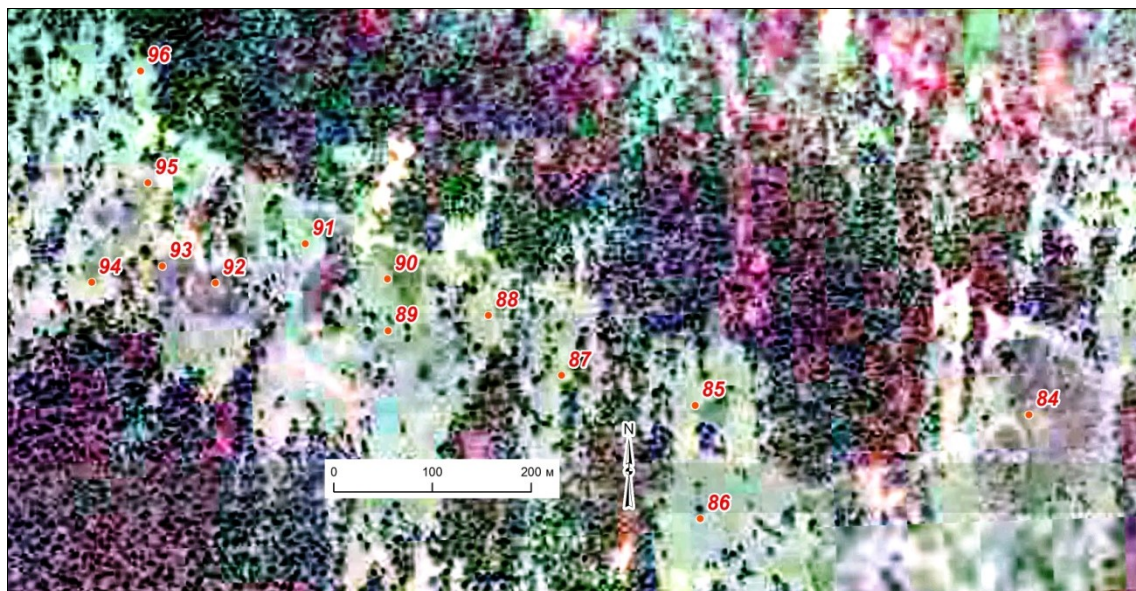


Рисунок 5. Кольцевые структуры в южной части г. Мунин-Тумп. Координаты № 84: 59°11'47,1'' в. д., 61°25'59,0'' с. ш.; № 96: 59° 10'13,5'' в. д., 61° 26'10,8'' с. ш.

Самая большая фитоструктура № 84 имеет диаметр 160 м, № 86 и 87 – около 100 м, а самая малая под № 89 – 40 м. Остальные имеют диаметры 50–70 м и можно опознать ещё несколько менее чётких колец. Здесь в условиях высокогорья весной существует дефицит тепла и избыточное увлажнение из-за обилия тающего снега; количество осадков достигает 1200 мм в год. На этих кольцевых фитоструктурах, сформировавшихся на МГА-зонах размером от 32 до 160 м, фрагменты круговых цепочек из растений успешно растут на их внешних кольцах там, где в обязательном порядке есть МГА-зоны размером 1, 3 и 8 м. Именно на них мы постоянно фиксировали крупные деревья, их биогруппы и кольцевые образования из многолетних растений, среди которых особенно чётко выделялись кольца диаметром 0,7–0,8 м из чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.) и кольца диаметром 2,4–3,0 м из папоротника щитовника мужского (*Dryopteris filixmas* L.), обнаруженные на северном склоне г. Мунин-Тумп и хребте Лопьинский [10, с. 68].

Изучение кольцевых образований из растений на высотах от 550 м и более показало, что они возникают на «старших» МГА-зонах размером 16–110 м, когда в их внешнее кольцо комфорта встраиваются сети из «младших» МГА-зон с размерами 1, 3 и 8 м. В кольцах комфорта этих «младших» зон более плотно растут кустарники и деревья, а также некоторые виды многолетних растений, упомянутые выше. Сети «младших» зон имеют ячейки от 5–7 до 14–20 м, и они меняют ориентацию вблизи разломов разного генезиса, в том числе кольцевых разломов, что было установлено нами на р. Лопья и на ручье Муравей [7; 10, с. 90–95]. Эти изменение их ориентации как раз и объясняет неполное размещение растений по внешнему кольцу «старших» зон, когда сети «младших» зон выходят из этого кольца.

Подобное взаимодействие кольцевых фитоструктур иногда похоже на интерференцию. Её картины фрагментарны и осложнены линейными фитоструктурами. Так, на рисунке 4 есть изгибы в линейных цепочках деревьев, куда

встраиваются полукольца из деревьев; это места вокруг точек 10, 11 и 15–18, а также не выделенные структуры правее точки 40. В целом линейные цепочки из групп деревьев образуются на слабо приподнятых и поэтому более дренированных блоках горных пород вдоль линейных разломов, которые здесь обычны и часто трассируются руслами водотоков. На них группы деревьев также растут в обязательном порядке в поясах комфорта на зонах трёх типов с размерами 1, 3 и 8 м. По-видимому, на высотах ниже 500 м, а также на равнине потребность в энергии от «старших» МГА-зон ослабевает. Поэтому деревья растут в любых местах, и выделить такие зоны по космоснимкам трудно. Но крупные деревья всё же локализуются на внешнем кольце комфорта этих «старших» зон. Скорее всего, есть и внутреннее кольцо комфорта – примерно на половине расстояния от центра. Такое кольцо просматривается вокруг точек 8, 9, 43 и 44 (см. рис. 4).

С геологических позиций для МГА-зон важно отметить следующее. На рисунке 4 по скальным обнажениям можно выделить кольца размером 80–100 м вокруг точек 41, 42 и 45 и размером 35–50 м – вокруг точек 46–48. Можно предположить, что истечение энергий из недр Земли по таким кольцам происходит уже миллионы лет, и она скрепляет горные породы, препятствуя их разрушению, а у растений энергия таких зон способствует их лучшей выживаемости и хорошему росту. МГА-зоны указанных типов встречаются повсеместно и в горах, и на равнине. Они имеют постоянный размер, что отражает, вероятно, одинаковую мощность и частоту их энергий.

По-видимому, МГА-зоны имеют очень слабый сигнал (возможно, он и не слабый, просто его никто не искал). Вместе с тем, действие их энергий на растения очень сильное. Напомним, что на зонах 1 и 3 м сосна к возрасту 184 года увеличивала сохранность в 39 раз и повышала объёмы стволов на 46 %. Поэтому из множества гипотез можно предложить следующую.

Первая и главная часть гипотезы связана с тем, что, по-видимому, энергия МГА-зон усиливает результат инсоляции, в том числе рассеянной, причём следует быть готовым к тому, что их синергетическое (взаимноусиливающее) действие может и не повышать температуру почвы, или повышать лишь на доли градуса, так как синергизм будет происходить в каких-то особых частях солнечного спектра. Но почва и биота используют это явление – элементы питания и почвенные микроорганизмы становятся более активными, и растения вследствие этого усиливают фотосинтез. В результате мы фиксируем успешный рост деревьев в кольцах комфорта этих зон. Если же солнечный свет прямой, то это ещё более усиливает его действие на МГА-зонах и приводит к появлению деревьев в малопригодных местах – на вершинах скал и крутых склонах. И это явление обычно ставит всех почвоведов в тупик – почвы там практически нет. Однако есть обилие света и, как мы предполагаем, взаимное усиление энергий, излучаемых Солнцем и Землей в местах выхода МГА-зон.

Физическая природа МГА-зон представляет собой настоящую загадку, и разгадать её можно только чувствительными приборами. Но для этого нужно признать, что они есть. И есть их связь с геологическими структурами.

По-видимому, обнаруженные нами МГА-зоны – это особый класс глубинных энергий Земли, физическую природу которых мы пока не знаем, так как суще-

ствует проблема изучения микросейсмомагнитных сигналов. Это непростая задача, поскольку их регистрации осложнена помехами. Типичная помеха – паразитный сигнал геомагнитного поля Земли в датчиках магнитометра. Иногда мешает микрофонный эффект, т. е. сигнал, возникающий при перемещениях измерительного устройства. Индустриальные шумы и ультранизкочастотные колебания магнитосферы также являются помехами. Их наличие затрудняет накопление экспериментальных данных при микросейсмических исследованиях земных недр [1].

Таковы главные результаты наших геофитоценотических исследований, которые позволили выдвинуть обозначенную гипотезу, а далее и вторую её часть, весьма спорную, но крайне интересную с физической стороны.

Таковы главные результаты наших комплексных геофитоценотических исследований, которые позволяют выдвинуть обозначенную гипотезу, а также весьма спорную вторую её часть, крайне интересную с геофизических позиций.

Вторая часть гипотезы о природе энергий МГА-зон связана с тем, что существует ряд уникальных комбинаций «младших» зон размером 1–8 м со «старшими» размером 16–55 м. Именно на них были найдены почти все крупные 300–400-летние кедровые деревья заповедника «Вишерский» [10, с. 53, с. 96]. Возможно, в солнечный день на таких комбинациях зон и в их поясах комфорта идёт быстрое повышение температуры у минеральных составляющих почвы.

Эта часть гипотезы возникла после ряда наблюдений на р. Вишера при спаде воды в июле 2021 г. Тогда сильно обнажились её берега и на указанных выше комбинациях зон мы нашли несколько «горячих» (очень теплых) камней размером от 8×15 до 20×32 см. Их нагрев происходил сильнее, чем других подобных камней, расположенных рядом, но уже на других расстояниях от центров этих зон. Следует отметить, что указанные комбинации МГА-зон встречаются не более 1–3 раз на 1 га, поэтому наблюдения за ними эпизодичны и не претендуют на обобщения; однако в качестве рабочей гипотезы они имеют право на существование.

На рисунке 6 показан один из таких «горячих» камней и там есть подсказки, как организовать эксперимент по проверке этой второй части гипотезы. Например, размещая камни попарно внутри и вне поясов комфорта зон размером 1 и 3 м в их комбинации с размещением в кольце комфорта зоны 55 м, т. е. на расстоянии 10–12 м от её центра. Вероятно, в этих кольцах комфорта возможны изменения температуры почвы, её влажности, кислотности и других показателей химического, а также микробиологического состава. Для расчёта статистик по термометрии и другим показателям желательно 15–20 повторений опыта в разных местах на более или менее однородной территории, по которым можно будет выстроить точечные диаграммы и определить силу влияния расстояний от центров этих зон на тот или иной показатель. Такие данные *впервые* охарактеризуют описанные здесь малые геоактивные зоны с химической и физической стороны.



Рисунок 6. «Горячий» камень в кольцах комфорта зон размером 1 м, 3 м и 55 м, при расстояниях от центров этих зон, соответственно, 0,27, 0,30 и 11,2 м.

Заключение.

В горах Среднего Урала на высотах 650–800 м в растительном покрове обнаружены кольцевые структуры размером 30–160 м, которые образуются на малых геоактивных зонах (МГА-зонах) аналогичных размеров в комбинации с зонами 1, 3 и 8 м. По-видимому, на высотах ниже 500 м и на равнине потребность в их энергии ослабевает, и поэтому деревья там растут везде. Однако крупные деревья всё же локализуются на внешнем кольце этих зон. На МГА-зонах обнаружены также кольцевые структуры, проходящие по приподнятым скальным обнажениям. Можно полагать, что истечение энергий Земли по ним происходит уже миллионы лет, и она скрепляет го

В Интернете есть сообщения о «горячих камнях» [14]. Однако у поисковиков металлов этот термин обозначает сильный (горячий) сигнал на шкале металлодетектора от объектов, похожих на камни и содержащих металлы. Проверка же наших камней стрелкой компаса не показала у них наличия магнитных свойств.

Следует также считаться с тем, что при неизвестной физической природе новых явлений проще их отрицать, ссылаясь на субъективность методов. Но тогда их изучение просто остановится, так как для этого надо вначале признать гипотезу их существования. Потому мы ничего не утверждаем наверняка в плане физических характеристик МГА-зон. Возможно, наша гипотеза верна лишь отчасти. Но она послужит толчком для новых исследований и создания более чувствительных приборов для изучения Земли.

рные породы, препятствуя их разрушению, а у растений способствует лучшей выживаемости и росту. МГА-зоны встречаются повсеместно и имеют постоянные размеры, которые отражают, вероятно, мощность и частоту их энергий.

Выдвинута гипотеза, что это особый класс энергий Земли, синергетически взаимодействующих с какими-то частями солнечного спектра. В микросейсмомагнитных исследованиях существует трудно решаемая проблема сильных помех, поэтому фито- и биоиндикация таких зон на данный момент представляют собой более эффективные методы их регистрации. Для проверки выдвинутой гипотезы целесообразны исследования по инициативной теме «Термометрия кольцевых гео- и фитоструктур» в разных условиях и регионах.

Благодарности

Авторы благодарят Филимонова Андрея (п. Золотанка), а также директора заповедника «Вишерский» Павла Николаевича Бахарева и сотрудников Ивана Михайловича Кучева и Василия Анфимовича Колбина за возможность проведения исследований.

Библиографический список

1. Гульельми А. В. Ультранизкочастотные электромагнитные волны в коре и в магнитосфере Земли // Успехи физических наук. 2007. Том 177. № 12. С. 1257–1276.
2. Демаков Ю. П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический ун-т, 2018. 432 с.
3. Дурандин А. В. Структурно-тектонический анализ данных дистанционного зондирования Земли // Геоматика. 2011. № 1. С. 48-51.
4. Копылов И. С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 616-624.
5. Маракушев А. А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М. : Наука, 1999. 255 с.
6. Марченко И. С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, 1995. 188 с.
7. Оценка влияния Лыпинской флюидоконтролирующей структуры на состояние природных сообществ в районе урочища Лебяжий плёс. Отчет о НИР. ООО «АНДИ». Пермь, 2019. 51 с.
8. Rogozin M. V. Лесные экосистемы и геобиологические сети [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2016. 171 с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=26090628>
9. Rogozin M. V., Kopylov I. S., Krasильников П. А. Биологический аспект геодинамических активных зон // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 223–227.
10. Rogozin M. V., Mikhalev V. V., Rybalchenko A. Ya. Лесные экосистемы и факторы неотектоники. [Электронный ресурс]. Пермь: ПГНИУ, 2020. 249 с. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/mono/rogozin-mikhalev-rybalchenko-lesnye-ekosisemy-i-factory-neotektoniki.pdf>
11. Сывороткин В. Л. Глубинная дегазация Земли и геоэкологические проблемы приграничных территорий России // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2013. Т. 3. Вып. 1. С. 15.
12. Тихонова И. В. Четыре опоры к фундаменту современного устойчивого лесоводства // Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость. Материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 90-летию Института леса НАН Беларуси (Гомель, 13–5 ноября 2020 г.). Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси. 2020. С. 97–101.
13. Фивенский Ю. И. Использование материалов аэрокосмических съёмок для изучения земной коры // Геодезия и картография. 2006. №1. С. 44–52.
14. <https://md911.blogspot.com/2013/03/otlichiya-mete>.

НООСФЕРНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОНОМИЯ И КАТАСТРОФОВЕДЕНИЕ ПЕРМСКОГО ПЕРИОДА

В статье рассмотрены актуальные и приоритетные сведения о природе времени и ее проявлении на примере Земли. Науки о Земле методологически и целенаправленно исследуют абсолютное, относительное и специализированное временные рубежи времени и базируются как правило на хронологии событий эволюционной (геология) и усовершенствована предлагаемой мной скачкообразно-быстрой событийной (катастрофование) характеристиками в развитии Земли. В качестве универсального единого механизма предложен эффект ударного столкновения Земли с небесными телами. Геохронологическая шкала времени дополнена и усовершенствована новыми рубежами времени ударных гравитационных столкновений Земли с небесными телами, сформировавшими планетоблемы и астероидоблемы. Земля гибридна и содержит вещество иных планет с рубежами времени ударного столкновения с иными космотелами: Бразильской—4 млрд. лет, Канадской—3,5 млрд. лет, Арктической (Северно-Ледовитой) —2,8 млрд. лет, Тетис—1,9 млрд. лет и Тихоокеанской—0,67 млрд. лет тому назад, проявляла всемирные потоки палеоокеанов, металлогенические импульсы рудогенеза, палеооледенения и палеомагнетизм. Уточненная геохронологическая шкала Мира и геонотомии необходимы для обоснования Единой Теории палеопрочности иерархически сомасштабно организованных масс вещества материи в форме геосфер Земли, планет Солнечной системы и их звезд и спутников. В Общей и Единой теории Земли экспериментально обнаружен факт собственного ежегодного орбитального импульсного движения твердого ядра вокруг геометрического центра Земли.

Ключевые слова: ноосфера, инженерная геонотомия, катастрофование, ударные столкновения, шкала стратиграфии, геохронология, рубежи, время, кризисы жизни, ядра, планетоблемы, астероидоблемы.

Sh. E. Usupaev

Central Asian Institute for Applied Geosciences, Bishkek
sh.usupaev@caiag.kg

NOOSPHERIC ENGINEERING GEONOTOMY AND CATASTROPHE SCIENCE OF THE PERMIAN PERIOD

The article deals with relevant and priority information about the nature of time and its manifestation on the example of the Earth. The earth sciences methodologically and purposefully investigate the absolute, relative and specialized time boundaries of time and are usually based on the chronology of evolutionary events (geology) and are improved by the leap-and-fast event (catastrophism) characteristics in the development of the Earth proposed by me. The effect of a shock collision of the Earth with celestial bodies is proposed as a universal unified mechanism. The geochronological time scale has been supplemented and improved by new time boundaries of shock gravity-inert collisions of the Earth with celestial bodies that formed planetary problems and asteroid problems. The Earth is hybrid and contains matter from other planets with the time limits of impact collisions with other cosmotel: Brazilian – 4 billion years, Canadian – 3. 5 billion years, Arctic (Arctic) – 2. 8 billion years, Tethys – 1, 9

billion years ago and the Pacific –0. 67 billion years ago, it manifested worldwide floods of paleoceans, metallogenic impulses of ore genesis, paleo-glaciation and paleomagnetism. The refined geochronological scale of the World and geonomic models are necessary to substantiate the Unified Theory of paleo-strength of hierarchically co-scaled co-organized masses of matter in the form of the Earth's geospheres, planets of the Solar system and their stars and satellites. In the General and Unified Theory of the Earth, the fact of its own annual orbital impulsive motion of a solid core around the geometric center of the Earth was experimentally discovered.

Key words: noosphere, engineering geonomy, disaster science, impact collisions, stratigraphic scale, geochronology, boundaries, time, life crises, nuclei, planetary problems, asteroid problems.

Введение. Время вездесущее и проявляется в самых различных формах, в первую очередь в виде пространства, затем движения, энергии и их полей [1-11].

По определению Мартыянова Н. Е. «астрономия – это геология в пространстве, а геология – астрономия во времени». В научной работе геолог часто забывает, что он имеет дело не просто с Землёй, а с одной из земных планет Солнечной системы» писал Вернадский В. И. [1, 4-5, 8-10].

Академик Сидоренко А. В. оценивая в науках о Земле задачи инженерной геологии подчеркивал, что проблемы изучения на поверхности и приповерхностной части Земли геологических процессов, особенно учитывая вмешательство человека, имеет не меньшее значение, чем проблема освоения космоса, околоземного пространства или глубоких недр Земли. Академик Сергеев Е. М. и горный инженер Друянов В. А. верхние тонкие слои литосферы в приземном пространстве, изучаемый инженерной геологией (геологией окружающей среды), именовали геологией ноосферы – сферы разума [1, 5, 7, 11].

На Рис. 1. Представлен разработанный ноосферно-инженерно-геономический и катастрофоведческий график зависимости между рубежами времени и частотами реакций нуклеосинтеза от Большого взрыва до ударных столкновений небесных тел от метagalactic, звезд, планет Солнечной системы и до Земли по Единой теории поля палеопрочности материи [1, 9-10].

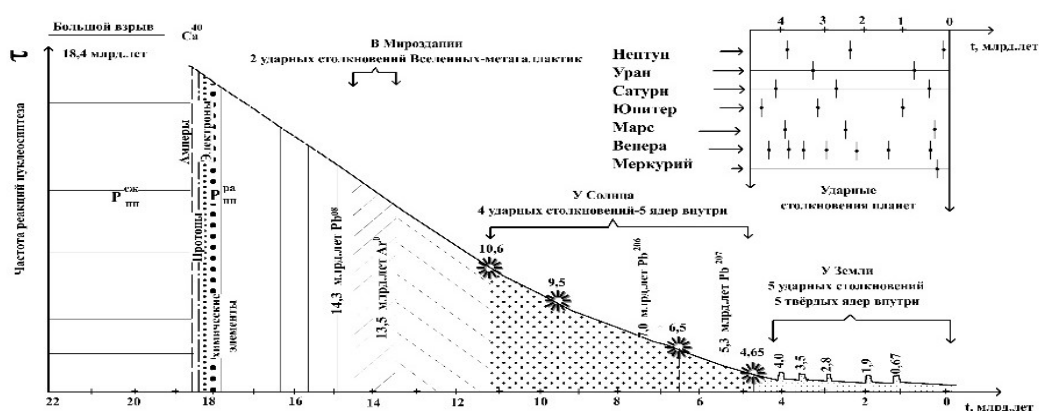


Рисунок 1. График зависимости рубежей времени с частотами реакций нуклеосинтеза от Большого взрыва и ударных столкновений метagalactic, звезд, планет Солнечной системы, небесных тел и Земли.

Современные научные исследования пояса астероидов, расположенных между Марсом и Юпитером, обосновывают их как остатки протопланетного диска, из которого формировались все планеты Солнечной системы.

Пояс астероидов, вероятно не обломки разрушенной планеты, а планета, которая не смогла сформироваться. Вещество астероидов выбрасывается из их пояса гравитацией планет гигантов, например Юпитера. В поясе астероидов имеются белые области пространства свободные от астероидов, которые образуют щели Кирквуда (Рис. 2) [8-10].

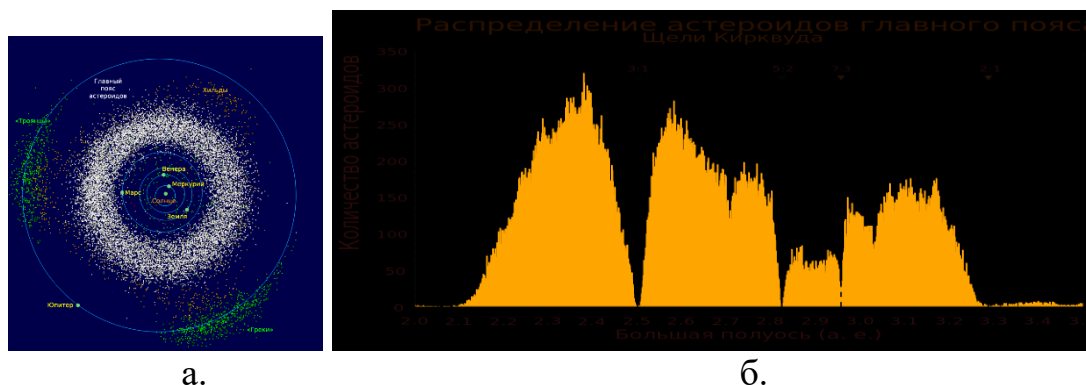


Рисунок 2. а) Пояс астероидов между орбитами планет Марса и Юпитера;
б) Распределение астероидов главного пояса и щели Кирквуда.

Ударные столкновения небесных тел. Земля имеет на поверхности палеоследы 5 гравитационных аномалий. 1-ое ударное столкновение произошло с планетой, упавшей на Землю с внешней от Солнца орбиты в катархее 4 млрд. лет тому назад; 2-ое в архее 3,5 млрд. лет тому назад сформировало Гренландско-Балтийский щит; 3-е 2,8 млрд. лет тому назад, образован ископаемый Северный Ледовитый океан. 4-ое ударное объединение произошло в рифей 1,9 млрд. лет назад, образован ископаемый океан Тетис; 5-ое столкновение произошло перед вендом 0,67 млрд. лет и образовало современный Тихий океан. Таким образом, Земля планета гибридная, гидридная, т. к. образована вследствие 5 ударных столкновений с подобными небесными телами, внутри имеет 6 твердых ядер. На участках расположения палеоран ударных 5 планетоблем, а также 48 выявленных следов астероидоблем сформировались изначально с момента ударных образований благоприятные условия для размещения Мегаструктуры Центрального типа, стратиформных и коптогенных полезных ископаемых [1, 8].

Твердое ядро Земли по своей орбите в декабре месяце импульсно поднимается в северное, в июле месяце опускается в южное полушарие планеты, вызывая ритмичность и сезонность в формировании накопления остаточных напряжений и проявления георисков [1, 8-10].

Результаты исследований. Современные основы Общей Теории Земли (ОТЗ) базируются на геобазе знаний фиксизма и мобилизма. В развитие ОТЗ предложена комплексная для наук о Земле междисциплинарная ноосферная Единая теории поля палеопрочности (РП-П) Земли как субчасти небесных тел Мироздания [1-11].

На рис. 3 приводится “Модель ноосферы Земли (а) и принципиальная модель (б) “Цветок ноосферного разума” истинно демократического взаимоотношения между элементами триады “Экология-Социум – Техносфера” в понятии ноосфера В. И Вернадского” [3, 8-10].

РП-П – в пространстве и времени проявляет сгустки поля в виде вещества обладающего прочностными и деформационными свойствами, напряженным состоянием с рубежа появления на свет элементарной частицей и иных иерархически само-соорганизованных крупных частиц и небесных тел. Магнитные и грави-инертные силы позволяют нашу галактику вращаться в поле РП-П вокруг центра и оси как единое целое не распадаясь [1, 8-10].

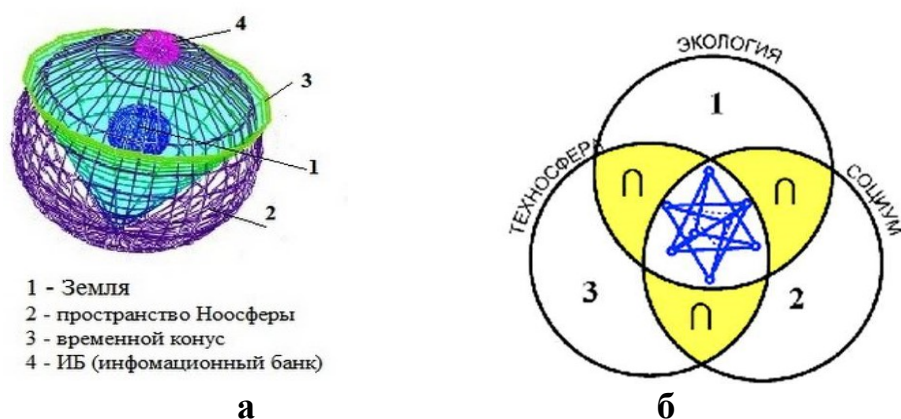


Рисунок 3. Модель ноосферы Земли (а) и (б) “Цветок ноосферного разума” истинно демократического взаимоотношения между элементами триады “Экология-Социум – Техносфера” в понятии ноосфера В. И. Вернадского

На картах современной спутниковой высокоточной гравиметрической съемки возвышения и понижения на Геоиде, есть следы древних ударных столкновений с планетоблемами. НИГ механизм ударного столкновении небесных тел происходит на их пересечении в резонансных орбитах. Земля на карте гравитационного поля тела Геоида имеет 5 крупных аномалий, т. е. внутри имеется 6 твердых ядер. 1-ое ударное столкновение произошло с внешней от Солнца орбиты в катархее 4 млрд. лет тому назад, с иной планетой холодной и благоприятной для внесения жизни и вес которой составлял 4% от современной массы Земли. 2-ое, столкновение было в архее 3,5 млрд лет тому назад. Образован был Гренландско-Балтийский щит, масса Земли возросло от 0,08 до 0,15. 3-е – 2,8 млрд. лет тому назад, образовался ископаемый Северный Ледовитый океан. Геоида увеличил вес от 0,15 до 0,30. 4-ое – 1,9 млрд. лет назад и был образован ископаемый океан Тетис. Масса Земли выросла от 0,30 до 0,60. 5-ое – ударное столкновение 0,67 млрд. лет назад и образовал современный Тихий океан. Масса Земли скачкообразно выросла от 0,60 до 1,0. Ядро Земли после 5-го столкновения было выбито на 500 км от геометрического центра Земли к западной части Тихого океана и расположена в хвостовой части ударной планетоблемы. В сравнительно-планетологическом аспекте образование Земли произошло вследствие 5 ударных столкновений, скачкообразно увеличивших объем и массу Геоида: 1. Б – Бразильская 4 млрд. лет тому назад (архей I), 2.

К – Канадская 3,5 млрд. лет (архей II), 3. А – Арктическая 2,8 млрд. лет (афебий), 4. Те – Тетис 1,9 млрд. лет. (рифей) 5. Ти – Тихоокеанская от 0,67 0 млрд. лет (венд-фанерозой) (Рис. 2). При этом произошла катастрофическая трансформации георисками поля P_{1-n} . (палео-прочности) Земли [1, 7-10].

На рис. 4. Б – Бразильская планетоблема заштрихована горизонтальными красными линиями и представлена наиболее древним возрастом 4 млрд. лет горными породами. Вертикальными оранжевыми линиями выделена К-Канадская планетоблема с геотформациями возрастом 3,5 млрд. лет. Голубые диагональные штриховки показывают расположение СЛ –Северно-Ледовитой планетоблемы с возрастом ударного столкновения с Землей 2,8 млрд. лет. Вишневого цвета диагональные штриховки указывают на планетоблему Тс –Тетис возрастом 1,9 млрд. лет. Оставшиеся территории имеют возраст Ти – Тихоокеанской планетоблемы 0,67 млрд. лет. Эпи- и антиподальные центры ударного столкновения планетоблем указывают на гибридность Земли и требуют разделения геохронологической международной шкалы на пять крупных эр [10].

Арктический (Северно-Ледовитый океан) с возрастом ударного столкновения 2,7-2,8 млрд. лет имеет длину в 1,5 раз большую, чем ширина и относится к планетоблеме [7, 8-10].

Не было 2,5 млрд. лет тому назад ископаемого Тетиса, Атлантического, Индийского океанов, т. к. Земля была очень мала по размерам [7, 8-10].

Ударные столкновения планет являются вследствие запыления космического пространства в Солнечной системе причинами оледенения [7, 10].

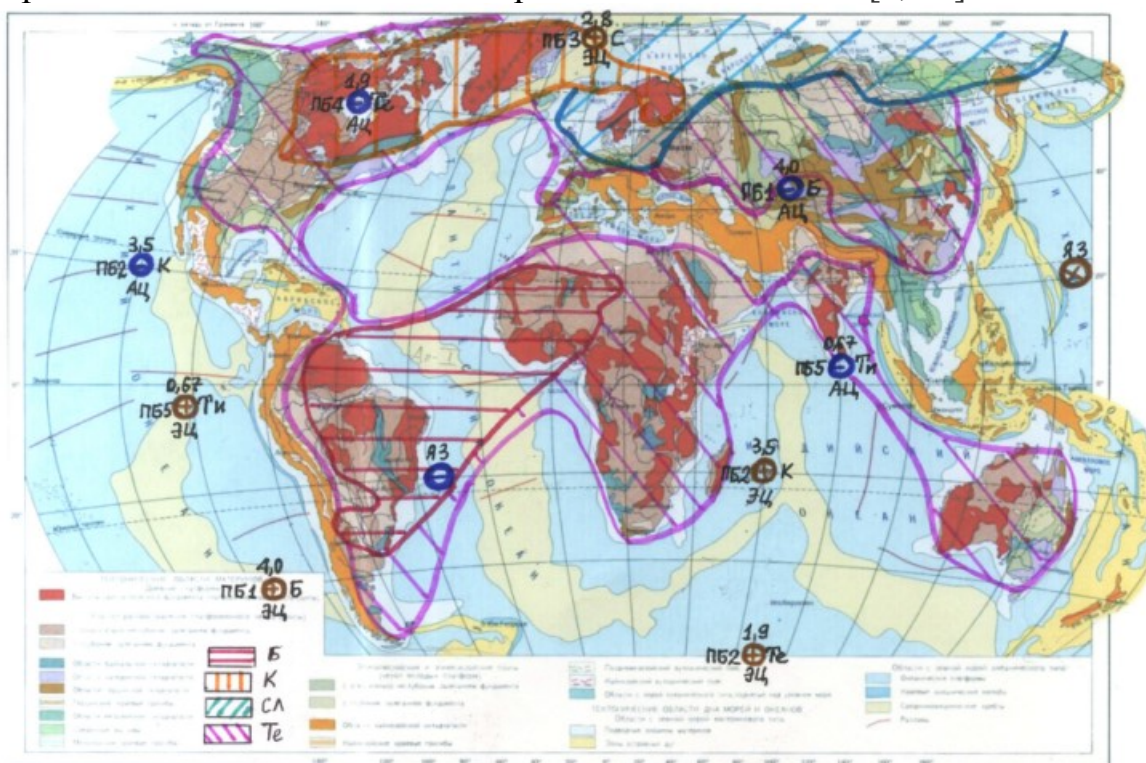


Рисунок 4. Ноосферная карта инженерной геологии и катастрофедонения с возрастными и центрами ударного столкновения планетоблем (Б, К, СЛ, Те, Т) сформировавшими изначально гидридную и гибридную Землю.

Быстрые оледенения происходили при столкновениях небесных тел в пределах планет земной группы, а медленные вследствие ударных столкновений

планет-гигантов, когда засорившие космос выброшенные вещества медленно доходили до Земли и Солнца. Самое древнее оледенение на Земле имеет возраст 2,8 млрд. лет и сформировано было вследствие столкновения Земли с Арктической (Северно-Ледовитой) планетой [7, 8-10].

Оледенения на Земле представлены ледниковыми отложениями в 3-ех горизонтах гуронского, нижнепротерозойского возраста, среднерифейское, 2-ух горизонтах верхнерифейского возраста, позднедевонское, затем в 3-ех горизонтах пермо-карбонового возраста и палеогеновом похолодании [7, 10].

В результате ударных столкновений планетэж приводивших к запылению космического пространстваэж между Солнцем и небесными телами возникали на Земле и планетах оледенения [1, 7, 9-10].

Оледенения накапливают гидросферу из льда в высоких широтах и на полюсах Земли, что приводит к ускорению вращения земной коры и мантии, обуславливая плавный западный дрейф ГМП (геомагнитного поля) [1, 7].

Жизнь на Землю заносилась многократно. После столкновения Земли 2, 8 млрд лет тому назад с Арктической планетой 1,9 млрд. лет с планетой Тетис и 0,67 млрд лет Тихоокеанской планетой, в связи с их расположением между Землей и Марсом т. е. на удалении от жаркого Солнца появлялась занесенная жизнь. Деятельность железобактерий огромного масштаба с развитием микромира имеет место в начале протерозоя (афебии) 2,6 млрд. лет тому назад. С 2,6 до 0,5 млрд. лет тому назад происходит массовое развитие строматолитов, а в интервале от 1,9 до 1,0 млрд. лет десятки родов фитопланктонных организмов. При ударном столкновении Земли с подобными небесными телами объединенная гибридная планета перескакивала в сторону падающего небесного тела, при этом при внешней от Светила орбите вследствие удаленности от Солнца проявления жизни на данной планете была максимально вероятной, а при орбите ближе к нашей Звезде, был кризис жизни. Скелетные формы жизни внезапно появились на Земле в кембрии, после столкновения с Тихокеанской внешней от Земли планетой [1, 7-10].

Оледенения на планете связанные с запылением космического пространства от ударных столкновений небесных тел, приводили к охлаждению планеты и к кризисам жизни, одновременно к зарождению жизни на остывающих от выброса вещества приграничных зонах планетоблем и астероидоблем [1, 7, 10].

Вещество вследствие ударных столкновений планет выбрасывалось в космос, срывала астероиды их пояса астероидов, которые лавиной сдувала с фронтальной части Земли атмосферу, выпадала иридиевым горизонтом, создавало пожары и кризис жизни [1, 7, 10].

Выброшенное в космос вещество, пролетевшее мимо Земли, далее выпадало на Солнце и вызывало мощную и длительную, до десятка миллионов лет, вспышку, приводившую на Земле к кризису жизни [8-10].

По ноосферной Единой теории палеопрочности Земли-Воды и Жизни, в геологии Геоида выделены в качестве самых крупных подразделений шкалы времени 3 зона: 1. безжизненный от катархея до границы с криптозоом; 2. скрытой первой жизни, от криптозооя до протерозоя; 3. открытой жизни, в фане-

розое. Падения на Землю астероидов вызывают увеличение ускорения или уменьшение вращения земной коры и мантии в зависимости от направления падений небесного тела. При падении астероида с запада на восток, происходит ускорение, а с востока на запад замедление вращения мантии и инверсии магнитного поля [1, 7-10].

На (Рис. 5-8) представлены разработанные шкалы образования рубежей времени на базе “Ноосферной инженерной-геономии” и ее Единой теории формирования палеопрочности Земли, где Международная геохронологическая шкала времени”, дополнена рубежами ударных столкновения планет и астероидов, что позволяет выделить впервые 3 эона, 5 эр связанных до первого столкновения катархейская, 1-го столкновения Бразильская от 4 до 3,5 млрд. лет – архей I, архей II Канадская от 3,5 до 2,8 млрд. лет, от 2,8 до 1,9 млрд. лет Арктическая (афебий), от 1,9 до 0,67 млрд. лет Тетис (рифей), от 0,67 до 0 лет Тихоокеанская (венд-фанерозой) [1, 10].

Планетоблемы в качестве новых рубежей на Международной геохронологической шкале выделены красными жирными линиями, а астероидоблемные границы рубежей времени тонкими красными линиями.

В современной геохронологической шкале с позиции НИГ не получили достаточного обоснования главнейшие рубежи времени, возникшие от столкновения планет друг с другом. Ударные образования от столкновения с планетами и/или астероидами взрывным давлением на земную кору и мантию вызывали глобальные стратиграфические несогласия и тектонические реакции (процессы), формировали границы между геологическими эрами, периодами и другими граничными структурными подразделениями (Рис. 5-8) [1, 7, 10].

Катастрофические столкновения, приводящие к ассимиляции (поглощению) большей по размерам планетой меньшей резко увеличивали общий объем космического новообразования, скачкообразно приближая их облик за каждым ударным актом к современному облику каждой из ныне изучаемых планет и их спутников. ИГН ударные столкновения не только увеличивали массу, объем и ресурсные потенциалы планетных систем, приводили к смене скоростей, направлений их вращения, инверсии магнитного поля, всепланетным гигантским водным катастрофическим потокам, интенсивным горо- и рудо- образовательным процессам, а также формированию условий привнесения более развитых устойчивых разновидностей жизни [1, 10].

На рис. 5-8 представлена НИГ обновленная международная геохронологическая шкала с рубежами времени ударного столкновения Геоида с подобными небесными телами, образовавшими планетоблемы (0,67; 1,9; 2,8; 3,5 и 4,0 млрд. лет тому назад): а). 0- 250- млн. лет; б). 250 – 500 млн. лет; в). 500 -5600 млн. лет [1, 7, 10].

НИГ шкала показывает, что в геохронологической международной шкале времени, ранее отсутствовали обоснования рубежей времени, которые были обусловлены ударными столкновениями земли с подобными небесными тела-

ми, сформировавшими как на (Рис. 5-8) планетоблемы, а также астероидоблемы создающими граничные условия периодам геологического времени и их более мелким подразделениям [1, 7, 10].

Обновленная НИГ ударными космо-экзогенными планетоблемными образованиями (красные круги с возрастaми в млрд. лет в левой части шкалы времени) и астероидоблемными образованиями (красные стрелки и возрастa в млн. лет справа шкалы времени) столкновениями усовершенствована международная геохронологическая шкала, что позволяет достоверно обосновать природу геомагнетизма, механизма образования планетарных оледенений (зеленые точки и линии на шкале), изменения полюсов и экватора Земли, причин металлогенических импульсов (фиолетовые точки и линии на шкале), образования океанов и континентов, условий зарождения гранитов и базальтов [1, 8-10].

На 4-ех рисунках приведены геохронологические стратиграфические разрезы, где кружочками красного цвета и линиями горизонтальными от них вынесенными в существующую стратиграфическую колонку выделены соответственно рубежи времени ударного столкновения небесных тел привнесенного на Землю 6 планетарными по масштабам – планетоблемами, и 48 астероидоблемами [1, 7, 10].

Кружочками синего цвета выделены соответственно 19 рубежей оледенений произошедшие из-за запыления атмосферы от ударных столкновений небесных тел и перекрытия поступления солнечных лучей на поверхность Земли ведущей к великим оледенениям Земли [1, 7, 10].

Кружочками зеленого цвета и горизонтальными линиями, выводящими на колонку стратиграфической схемы, выделены 8 наиболее крупных рубежей образования вследствие ударных столкновений небесных тел с Землей металлогенических импульсов, давших жизнь полезным ископаемым [1, 7, 10].

Красными кружочками (Рис. 5-8) и отходящими от них линиями аналогичного цвета, прорезающими насквозь шкалу геологического времени, и буквенными обозначениями указаны столкновения с иными планетами. Оранжевыми кружочками и линиями столкновения Земли с планетоблемами. Зелеными кружочками и линиями ударные столкновения с астероидами, приведшими к активизации металлогении на Земле. Синими кружочками и линиями показаны рубежи времени ударных столкновений Земли и планет солнечной Системы с небесными телами, приведшими к запылению космического пространства с похолоданиями и кризисами жизни от оледенений на Земле [1, 7, 10].

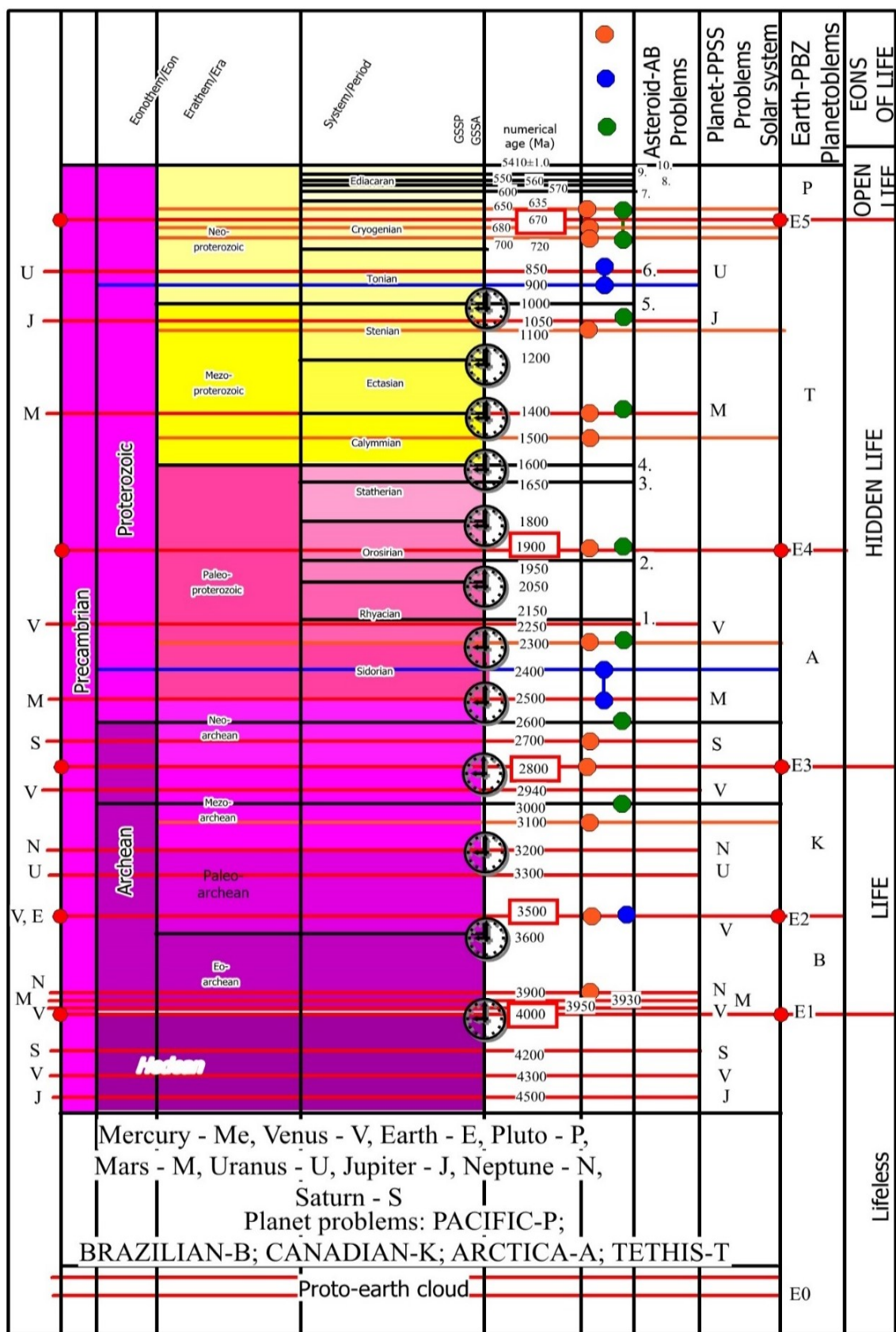


Рисунок 5. Ноосферная инженерно-геономическая катастрофоведческая шкала рубежей времени от ударного столкновения с Землей подобными небесными телами сформировавшими стратиграфо-импактные границы планетарного коптогенеза [1, 7, 10].

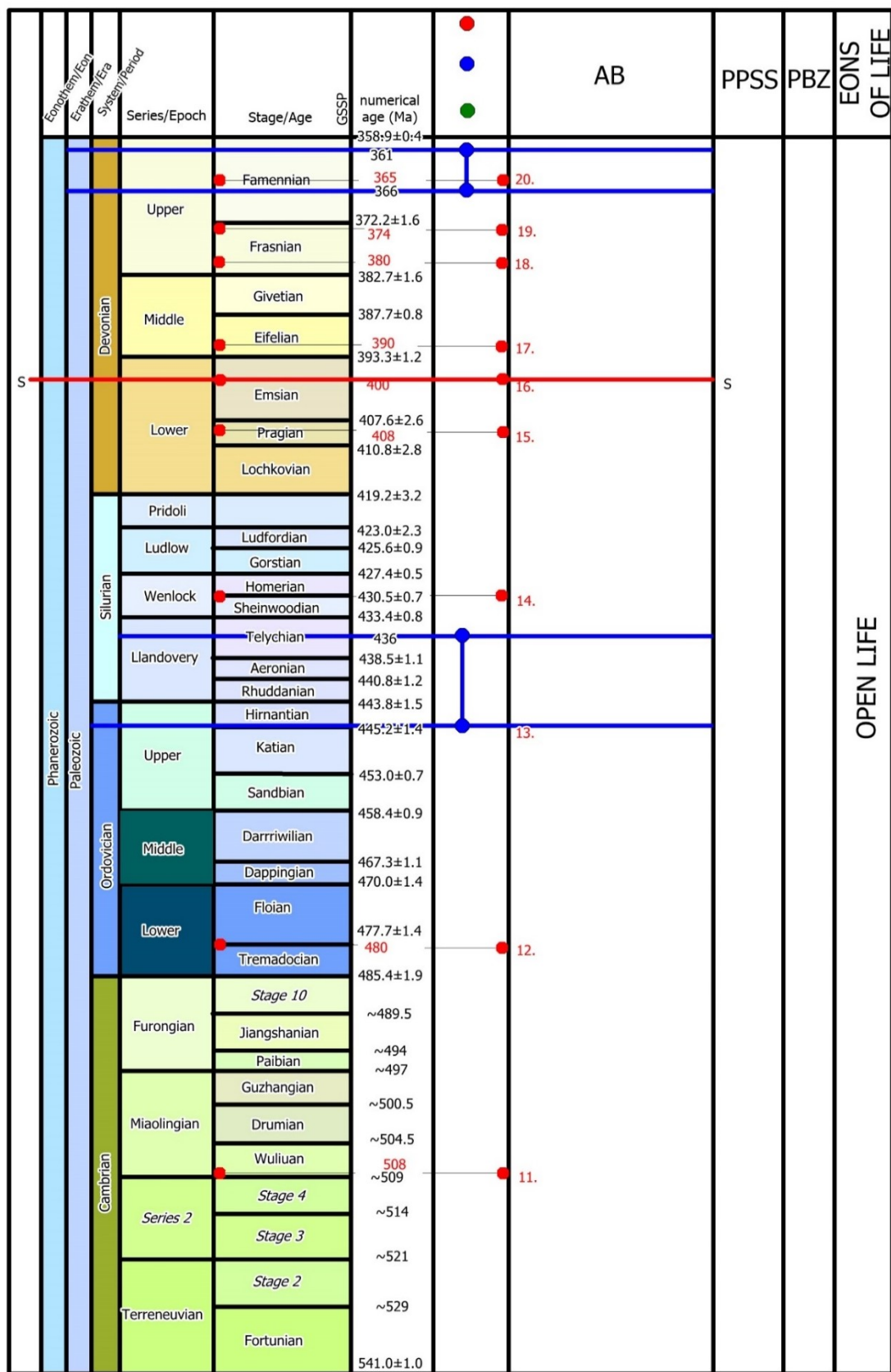


Рисунок 6. Ноосферная инженерно-геономическая катастрофоведческая шкала рубежей времени от ударного столкновения с Землей подобными небесными телами сформировавшими стратиграфо-импактные границы планетарного коптогенеза [1, 7, 10].

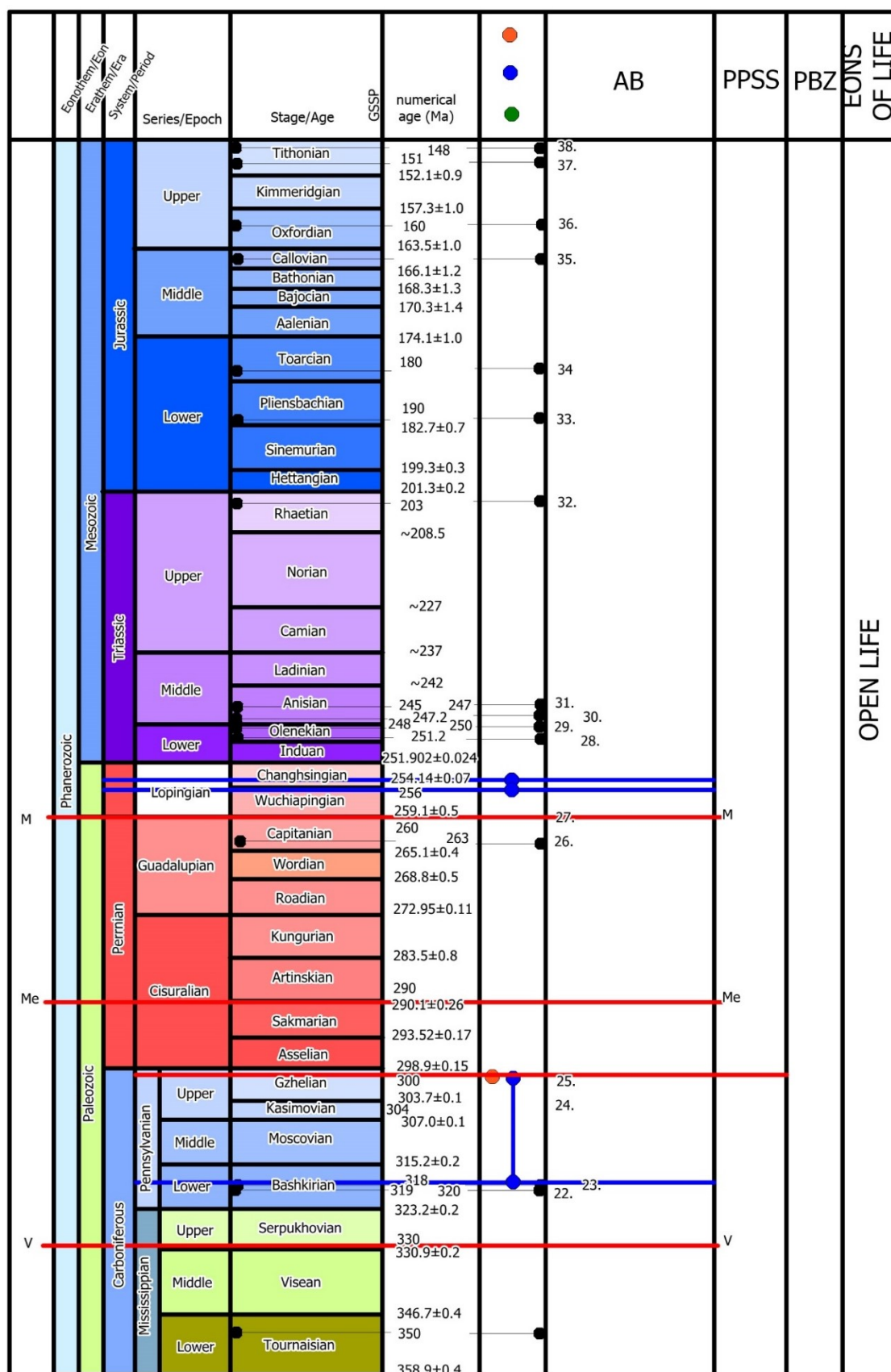


Рисунок 7. Ноосферная инженерно-геономическая катастрофоведческая шкала рубежей времени от ударного столкновения с Землей подобными небесными телами сформировавшими стратиграфо-импактные границы планетарного коптогенеза [1, 7, 10].

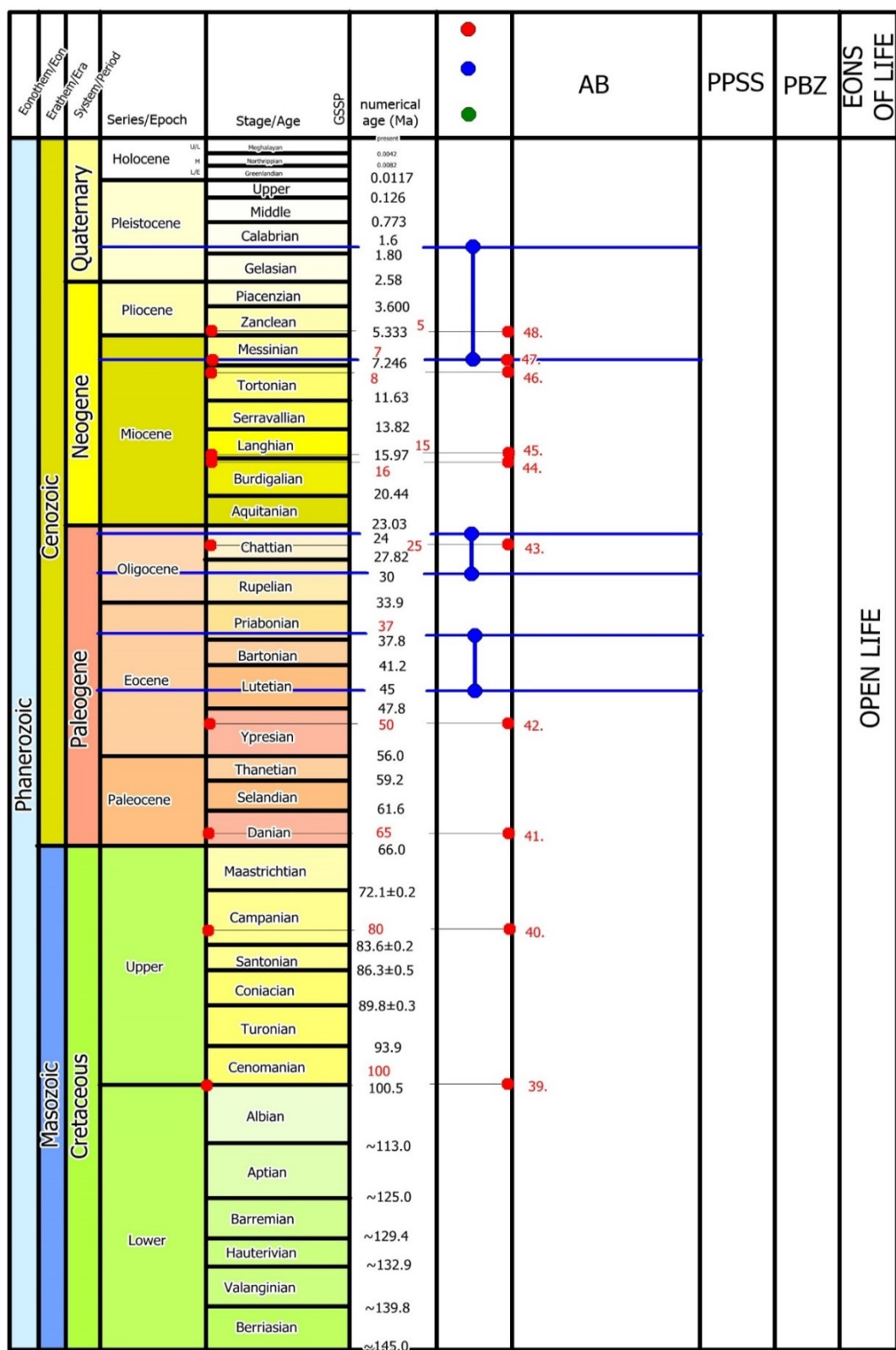


Рисунок 8. Ноосферная инженерно-геономическая катастрофоведческая шкала рубежей времени от ударного столкновения с Землей подобными небесными телами сформировавшими стратиграфо-импактные границы планетарного коптогенеза [1, 7, 10].

В качестве индикаторов ИГН дешифрирования плането- и астероидоблемных хронологических рубежей для планет земной группы разработаны нижеследующие критерии [2-4]: 1 – обнаружение следов и самого ядерного образования с перевернутыми породами в направлении ударного кратера; 2 – обилие обло-

мочного и раздробленного материала; 3 – сползание литосферных блоков в образованную астероидоблемой депрессию; 4 – скачкообразный рост объема геосферы от расширения внедрившейся астероидоблемы и ее расплавляющего недрного эффекта; 5 – надрегиональный магматизм; 6 – проседание материков в сторону ударной депрессии от астероидоблемы, рифтогенез и наступление моря; 7 – вымирание в геологических разрезах многих видов животных и организмов; 8 – изменение скорости вращения Земли определяемый по кораллам и учащению циклов инверсий геомагнитного поля; 9 – снятия слоев в донных рыхлых осадках океанов и морей; 10 – изменения параметров магнитного поля Земли по геомагнитным измерениям отложений; 11 – перемещения положения географического экватора и полюсов Земли; 12 – аномальные металлогенические импульсы; 13 – опрокинутые от кратера падения астероидоблемы, ударно-взрывного характера сложения кратковременной складчатости; 14 – катастрофическое наводнение и/или всемирный потоп и смыв гидродинамическими массами воды, перехлестывающими через материки с образованием морено-подобных образований [1, 4-9].

На границе перехода палеозоя в мезозой и кайнозой в **пермский период**, происходило отступление океанов, заполнение водой планетоблемы А1 и преобразованию ее в Тихий океан. По Вайлу П. И. Др. (1989) в кунгурское время в конце ранней перми (260 млн. лет) происходило понижение уровня мирового океана на 350 м. Вода частично влилась в Тихий океан, и часть замерзла в лед пермо-карбонового оледенения [1, 4-9].

Пермский период длительностью 50 млн. лет (285 – 235 млн. лет), характеризуется завершением герцинской складчатости, является геологическим отрезком времени перехода палеозойского в мезозойский этапы эволюционного и катастрофического развития Земли [1, 10].

Особенности пермского периода, это формирование в результате смены знака планетарного сжатия на растяжение и формирования суперматерика Лавразии вследствие увеличения размеров Гондваны, в конце периода происходит катастрофическое исчезновение на Земле до 95% морских и 70 % наземных биологических видов, образовались свыше четверти мировых запасов угольных месторождений, значительная часть мировых ресурсов калийных солей, поваренной соли, образование ряда месторождений нефти и газа, меди, молибдена, золота, урана, олова и ртути [1, 10].

В **пермском периоде** обитали крупные фораминиферы (фузулиниды и швагерины), с утолщенными раковинами замковые брахиоподы и гониатиты, пелициподы, гастроподы, остракоды и конодонты, крупные моллюски [1, 10].

Карская ударное образование астероидоблема возрастом – 250 млн. лет расположена между Норильском и Новой Землей, имеет длину 1200 км и выявлена геофизическим профилем ГСЗ Ямал-Байкал. На краях Карской астероидоблемы расположены Новая Земля с морской молассой мощностью 1-1,3 км, Пой-Хое верхняя формация нижней перми представлен угленосной молассой мощностью 2-2,3 км, острова Арктического института, со складками пород субширотного простирания. По возрасту траппового магматизма, в Норильском районе, по времени надвигов в Пай-Хойе и самых древних пород

вскрытых скважинами в Карской астероидоблеме, астероид упал на Землю перед триасом 248 млн. лет назад [1,7,10].

На рубеже между пермью и триасом в регионе совпали с крупным климатическим событием, т. е переходом от гондванской гляциозеры к сибирской темозере вследствие ударных столкновений с Землей астероидов **Кара-Богазгол-260, Нижнеангарской-248, Селенгской-245** млн. лет назад, образовавших одна за другой “горячие печки” из расплавленной магмы поперечником около 1000 км, что создал условия кризиса жизни для морской биоты, вымиранию большого числа родов и семейств биоты. **Среднеобской – 263**, ее северными границами являются Сибирские увалы, а южная часть астероидоблемы разрушена более молодыми по возрасту падениями астероидов. Среднеобский астероид столкнулся с Землей перед Кунгурским веком 263 млн. лет назад. **Ташкентской-269**, перед гжельским ярусом верхнего карбона имеется несогласие, что характеризует образование данной астероидоблемы. **Балхашской-300**, имеет поперечник 90 км [1,7,10].

Выводы

1. Ноосферная инженерно-геоэкономическая **Единая теория палеопрочности Земли** позволяет интегрировать воедино репрезентативные данные наук о Земле, Воде и Жизни на базе катастроф от ударных столкновений в генезисе Земли и планет Солнечной системы.

2. Приведены впервые ноосферно инженерно-геоэкономические и катастрофоведческие обоснования усовершенствованы границы рубежей времени на основе Международной геохронологической шкале Мира (МШГМ).

2. **Классическая МШГМ** впервые дополнена рубежами времени столкновения Земли с 5-тью планетоблемами и 48 астероидоблемами, как причинно-следственных обоснований изменений старых и появления новых границ периодов в системе геовремени.

4. **Пермский период** характеризуется катастрофическими для жизни ударными столкновениями Земли с небесными телами сформировавшими астероидоблему приведшими к исчезновению биоты возрастными в млн. лет соответственно: Селенгской-245, Нижнеангарской-248, Карской- 250, Кара-Богазгол-260, Среднеобской -260 (263), Ташкентской -269, Балхашской-300.

Библиографический список

1. Ачкасов П. В., Усупов Ш. Э. Гипотеза ударного преобразования планет солнечной системы на примере Земли. //Материалы международной конференции: Подготовка к чрезвычайным ситуациям и реагирование на риски экологической безопасности в Центрально-Азиатском регионе. Бишкек: Изд-во МЧС КР, 2004. С. 138 – 145.

2. Белоусов В. В., Вихерт А. В. (под. ред.) Вопросы геоэкономии (Кора и верхняя мантия). Изд. МГУ, 1972, 240 с.

3. Вернадский В. И. Философские книги натуралиста. Проблема Времени, Пространства и Симметрии. – М. : Наука, 1988. – С. 210-296. – С. 438-448.

3. Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J. -X. (2013; updated) *The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.* URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01.pdf>. International Commission on Stratigraphy www.stratigraphy.org

4. Креть И. В. Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 368 с.

5. *Сергеев Е. М., Друянов В. А.* Человек и геологическая среда. М.: сов. Россия, 1986. 80 с.
6. *Трофимов В. Т.* “Экологические функции литосферы” М.:1997, 432 с.
7. *Усупаев Ш. Э., Ачкасов П. В.* Инженерно-геономическая палеокатастрофия образования объемных фигур планет (на примере геоида Земли). Материалы международной конференции по геодезии и геоинформатике по программе Европейской Комиссии ТЕМПУС. КГУ-СТА, Бишкек, 2007, С. 160 – 163.
8. *Усупаев Ш. Э.* Единая ноосферно-инженерно-геономическая теория Земли. Научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №11. – 2015. – С. 24-38.
9. *Усупаев Ш. Э.* О Единой теории НИГ поля палео-прочности небесных тел и Земли. Материалы Второго Международного симпозиума, посвященного 75-летию НАН КР. Современные проблемы механики: прогноз и предупреждение горных ударов и землетрясений, мониторинг деформационных процессов в породном массиве. – Бишкек, 2018. – С. 286 – 298.
10. *Усупаев Ш. Э.* Единая в рубежах времени ноосферная инженерная геономия Земли. Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы и перспективы геологии, горного дела и образования» посвященной 80-летию геологической службы Кыргызской Республики. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. Теоретический и прикладной научно-технический журнал №3 (47), 2018. Бишкек. Издательский центр «Техник», 2018, С. 348 – 358.
11. *Янишина Ф. Т.* О появлении и первоначальном толковании термина «ноосфера» // Вестник РАН. 1994. № 11. С. 1016–1022.

В. П. Красильников
ПГНИУ, trait969@gmail. com
Т. В. Карасева
ПГНИУ, tvkaras@psu. ru

ГЕОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ НИЖНЕ-СЕРГИНСКОЙ ЗОНЫ НАДВИГОВ

В работе рассмотрены вопросы строения и формирования нефтегазоносности в Нижне-Сергинской зоне дислокаций области сочленения Восточно-Европейской платформы и Уральской складчатой системы по данным изучения разреза Аракаевской параметрической скважины. Сделан вывод о нетрадиционной системе формирования нефтегазоносности, связанной с разрушением нефтяной залежи в результате надвиговых процессов, развитии в разрезе битумов, продуктов деструкции нефтей и образовании газов, обогащенных метаном.

Ключевые слова: Нижне-Сергинская зона, складчато-надвиговые дислокации, аллохтон, автохтон, нефтегазоносность, битумы.

V.P. Krasilnikov
Perm State University, trait969@gmail.com
T.V. Karaseva
Perm State University, tvkaras@psu.ru

GEOLOGY AND OIL AND GAS POTENTIAL OF THE NIZHNE-SERGINSKAYA THRUST ZONE

The paper considers the issues of the structure and formation of oil and gas content in the Nizhne-Serginskaya zone of dislocations of the junction area of the East European platform and the Ural fold system according to the study of the section of the Arakaevskaya parametric well. A conclusion is made about an unconventional system of formation of oil and gas content associated with the destruction of oil deposits as a result of thrust processes, the development in the section of bitumen, oil destruction products and the formation of gases enriched with methane.

Key words: Nizhne-Serginskaya zone, fold-thrust dislocations, allochthon, autochthon, oil and gas content, bitumens.

Геологическое изучение территории Западного Предуралья имеет длительную историю, первые этапы исследования перспектив нефтегазоносности данного района начаты в сороковых годах двадцатого века и продолжают по сей день. Одним из интересных с точки зрения обнаружения новых месторождений нефти и газа может быть Нижне-Сергинский район, располагающийся в пределах юго-запада европейской части Свердловской области и входящий в состав Шалинской потенциально нефтегазоперспективной зоны. Рассматриваемый район находится в области сложного сочленения Восточно-Европейской платформы и Уральской складчатой системы. В структурном плане он характеризуется дискретным переходом от структур платформенного типа, располо-

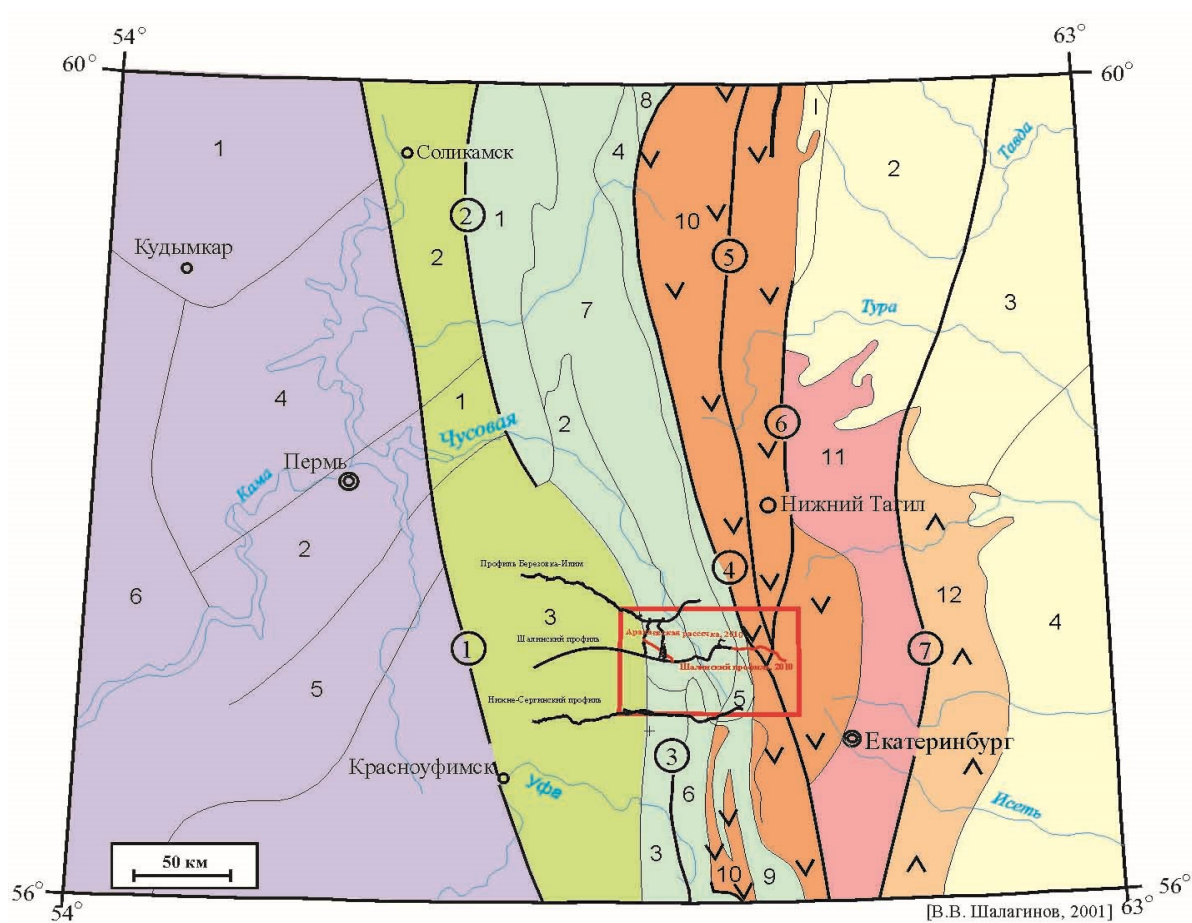
женных на западе, к сложно дислоцированным складчато-надвиговым структурам Урала на востоке территории. Соответственно схеме тектонического районирования (рис. 1) изучаемая площадь расположена в пределах восточной части Юрюзано-Сылвенской депрессии Предуральского передового прогиба, Западно-Уральской зоны краевых структур складчатого Урала и Тагило-Магнитогорской мегазоны. Интерес к Нижне-Сергинской зоне надвигов оправдан существованием ряда предпосылок прямого и косвенного характера. К прямым признакам можно отнести выделения газов в процессе бурения структурных скважин глубиной до 1500 м на Киргишанском и Нижне-Сергинском участках, а также интенсивную битуминозность и выпоты нефти в девонских известняках, вскрытых этими скважинами под Киргишанским тектоническим покровом.

В тектоническом отношении по геофизическим данным Нижнесергинский район образован сложной многоярусной системой шарьяжей и представляет собой линейно-вытянутую субмеридиональную зону надвигов, образованную многоярусной системой шарьяжей. В его пределах выделяются значительные по размерам и амплитуде положительные структуры, которые повсеместно прослеживаются по всей толщине разреза от образований рифей-вендского до нижнепермского возраста включительно [7].

В пределах Шалинской перспективной зоны нефтегазонакопления выделяются традиционные для региона антиклинальные ловушки в полого залегающих параллельно-слоистых терригенно-карбонатных отложениях девонско-каменноугольного НГК. В центральной и восточной частях зоны отмечается полоса ранневизейских палеовпадин, в которых наблюдается большое увеличение мощности визейского терригенного НГК, считающегося основным продуктивным горизонтом района. Что касается расположенной на востоке рассматриваемой территории зоны региональных Западно-Уральских надвиговых структур, то здесь часто наблюдается двукратное увеличение мощности палеозойских НГК за счет их тектонического сгущивания. Это создает предпосылки для формирования здесь многоярусных залежей УВ. Что касается ловушек, то по результатам геофизических исследований в пределах Нижне-Сергинского перспективного района выделяются значительные по размерам и амплитуде положительные структуры, наблюдаемые в аллохтонной и автохтонной частях разреза в девонско-каменноугольных НГК. Положительные структуры, выделенные повсеместно, прослеживаются в вышележащих горизонтах нижней перми [6,7].

Бурение за счет федерального бюджета Аракаевской параметрической скважины до глубины 5207 м, единственной в пределах Нижне-Сергинской зоны надвигов, с широким комплексом исследований создало основу для более определенной оценки строения и нефтегазонаосности района. Вскрытый скважиной сложный разрез представлен осадочными отложениями от среднерифейского до палеозойского возраста с многочисленными зонами проявления надвиговых дислокаций. Установлено, что породы в разрезе существенно изменены вторичными процессами, такими как доломитизация, пиритизация, осернение, битуминизация, трещинообразование и др. По данным ОАО «КамНИ-

ИКИГС» разрез условно можно подразделить на три крупных блока: аллохтон (0-3637 м), паравтохтон (3637-4865 м), автохтон (4865-5207 м).



Условные обозначения

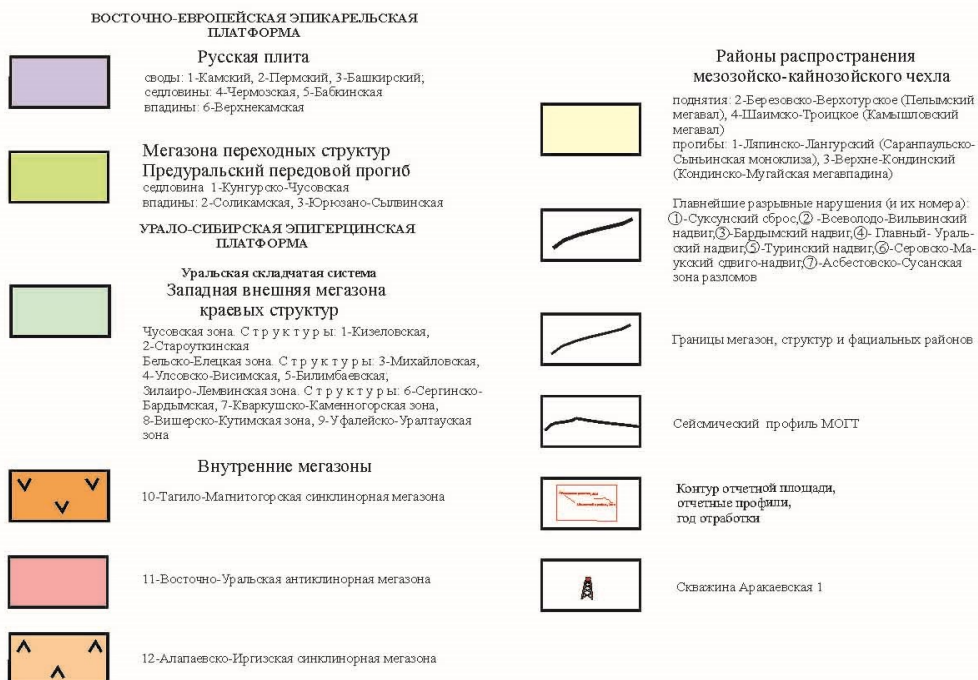


Рисунок 1. Тектоническая схема района исследований (по Шалагину В. В. и др., 2001)

Скважина не подтвердила ряд представлений о строении района и широкое распространение нефтегазоматеринских пород, предполагавшееся ранее вплоть до рифейских отложений [7]. В целом концентрация $C_{орг}$ по разрезу низкая, в основном не превышает 0,5%. Исключение составляет доманиковый горизонт, в котором концентрация $C_{орг}$ достигает 1,27%. Рассеянное органическое вещество в основном сапропелевого типа по петрографическим данным представлено сгустками с колломорфным центром, микропрожилками с колломорфным центром, а также равномерной смесью с основной массой породы. По классификации Е. С. Ларской [5] оно отвечает наиболее продуктивным типам органического вещества $I^{2к}$, I^5 и I^9 . Мощность материнских пород в доманике нарушена из-за значительного «срезания» верхней части толщи в связи с развитием шва надвига. По данным определения отражательной способности витринита степень катагенеза органического вещества в доманиковых отложениях скважины достигает $МК_5$, что соответствует главной зоне газообразования с преобладающей генерацией метана.

По результатам исследований Аракаевская скважина, скорее всего, находится на борту Уткинско-Серебрянской системы впадин с основными нефтегазоматеринскими породами в семилукском (доманиковом) горизонте [2,3], аналога Камско-Кинельской системы впадин. Уткинско-Серебрянская система впадин, первоначально выделенная О. А. Щербаковым [8], как часть Камско-Кинельской системы впадин, позднее В. М. Проворовым [6], определена как самостоятельная структура. Она распространена в основном в Юрюзано-Сылвенской депрессии Предуральяского прогиба и до сих пор не имеет четких восточных границ.

В разрезе Аракаевской скважины залежей нефти и нефтепроявлений не выявлено, однако в широком интервале глубин паравтохтона и аллохтона распространены твердые битумы, продукты преобразования нефтей [1]. Детальное геохимическое изучение битумов показало, что в верхней части разреза битумы в основном фильтрационно-миграционного ряда, появляющегося в случае природной деасфальтизации нефтей газом или легкими парафиновыми углеводородами. В нижней части разреза в девонско-турнейских отложениях битумы в основном термально-метаморфического ряда, которые возникают при действии высоких палеотемператур. Важно отметить, что наибольшее количество битумов, представленных в основном керитами и антраксолитами, встречено в отложениях верхнефранского и турнейского ярусов, что свидетельствует о возможном развитии здесь массивной палеозалежи нефти, разрушенной при высоких палеотемпературах в результате надвиговых дислокаций и интенсивной генерации и миграции газов. По данным палинспастических реконструкций [4] до надвиговых дислокаций доманикиты находились на глубине 2. 0-2,5 км и вполне могли вступать в главную зону нефтеобразования. При этом структурные условия были вполне благоприятны для образования залежи нефти (рис. 2).

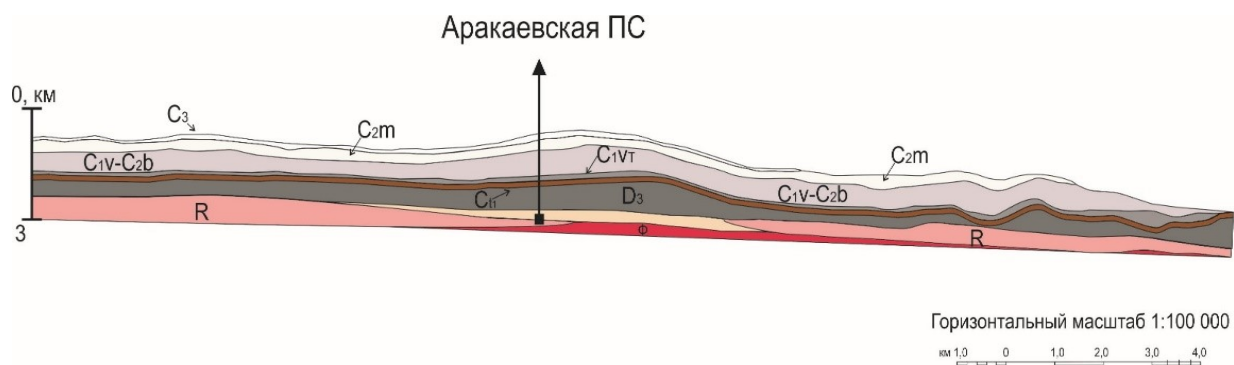


Рисунок 2. Палинспастический профиль через Аракаевскую скважину [4]

Интенсивные проявления углеводородных газов вплоть до промышленных в разрезе Аракаевской скважины выявлены в мячковском подъярусе московского яруса (1860-1910 м), серпуховском ярусе (2452-2497 м), тульском горизонте визейского яруса (2917-2946 м), под швом надвига в черепетском и кизеловском горизонтах турнейского яруса (3019-3046 м). В результате газопроявления соответствуют, как минимум, трем нефтегазоносным комплексам (каширско-гжельскому, визейско-башкирскому карбонатному, верхнедевонско-турнейскому карбонатному) в верхней части аллохтона и верхнедевонско-турнейскому карбонатному) в автохтоне (в турнейском ярусе). Газы в основном метановые с содержанием тяжелых гомологов не более 2 % (табл. 1).

Таблица 1. Состав газов испытаний пластов Аракаевской скважины

| Объект | Испытанный пласт, м | Компонентный состав, об. % | | | | | |
|--------|---------------------|----------------------------|-------|-----------------|------|----------------|----------------|
| | | CH ₄ | УВГ | CO ₂ | He | H ₂ | N ₂ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| I | 1860-1910 | 94,20 | 96,18 | 0,22 | 0,09 | отс. | 3,52 |
| III | 2452-2497 | 90,41 | 90,80 | 2,70 | 0,23 | 0,06 | 5,22 |
| IV | 2917-2946 | 95,17 | 96,18 | 0,46 | 0,14 | 0,01 | 3,22 |
| V | 3020,5-3046,4 | 58,36 | 59,07 | 0,19 | 0,91 | 0,28 | 39,55 |
| VI | 3553-3602,5 | 0,14 | 0,82 | 0,31 | отс. | 0,28 | 98,59 |

В целом газоносность выявлена в промышленных масштабах в относительно незначительной удаленности от скважины и связана в основном с верхней частью разреза. В Свердловской области в 35 км к юго-юго-западу от района бурения Аракаевской скважины находится Бухаровское месторождение, приуроченное к башкирскому ярусу и кровле каменноугольных отложений, в 65 км к северо-западу – газоконденсатное Кедровское месторождение с залежами в основании артинского яруса и башкирском ярусе. Еще ближе, на Илимской структуре в скважине 1 получен слабый приток газа из отложений каширского и верейского горизонтов. Наблюдается сходство залежей по компонентному составу с газами Бухаровского и Кедровского месторождений, в которых содержание метана в основном превышает 87 %.

Таким образом, проведенное исследование указывает на перспективность Нижне-Сергинской зоны надвиговых дислокаций на поиски залежей газов. В то же время установлены нетрадиционные особенности формирования залежей углеводородов. К ним относятся образование залежи нефти в девонско-турнейских отложениях еще до надвиговых процессов, в последующем ее разрушение в результате высоких температур и выносом битумов, продуктов деградации нефтей, в вышележащие отложения газами, генерированными при высокой степени катагенеза материнских пород. При этом материнскими породами являются в основном те же доманикиты, которые обеспечили основную нефтегазоносность севера Восточно-Европейской платформы, развитие которых наблюдается в восточных районах малоизученной Уткинско-Серебрянской впадины. В целом в надвиговых зонах сохраняется и возможность открытия нефтяных и газоконденсатных залежей в районах, где доманикиты не затронуты швами надвигов.

Библиографический список

1. *Аникеенко О. М., Карасева Т. В., Хопта И. С.* Результаты изучения битумов в разрезе параметрической скважины // Вестник Пермского университета. Сер. Геология, Пермь. 2013. вып. 2(19), С. 79-86.
2. *Белоконь Т. В., Гецен Н. Г., Катаева Т. А.* Перспективы нефтегазоносности севера Урало-Поволжья по данным геохимии доманикитов // Геология нефти и газа. М., 1990. № 3. С. 20-23.
3. *Карасева Т. В.* Новые направления развития геологоразведочных работ на нефть и газ на севере Урало-Поволжья: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождений профессора П. А. Софроницкого // ПГУ. Пермь, ПГУ. 2010. С. 202-204.
4. *Красильников В. П., Кожевникова Е. Е.* Применение комплексных методов палинспастических реконструкций при моделировании донадвигового состояния сложно дислоцированных регионов складчато-надвиговых зон // Вестник Пермского университета. Сер. Геология, 2021. вып. 2(20), С. 93-98
5. *Ларская Е. С.* Диагностика и методы изучения нефтегазоматеринских толщ. М. : Недра, 1983. 200 с.
6. *Проворов В. М.* Строение позднедевонско-турнейского палеошельфа севера Урало-Поволжья // Геология нефти и газа. М., 1988. №2. С. 24-29.
7. *Чурсин А. В., Десятниченко Л. И., Начапкин Н. И.* К вопросу о поднадвиговой нефти на юго-западе Свердловской области // Литосфера. М., 2005. № 2. С. 152-158.
8. *Щербаков О. А.* Особенности соотношения франско-турнейского структурного плана с современным строением краевой складчатой зоны Среднего Урала // Труды ППИ. Пермь, 1974. № 142. С. 113-121.

ПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ГВИНЕЙСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА

Описываются: тектоническое строение, стратиграфия, петрология и литология домезозойского комплекса Гвинейского нефтегазоносного бассейна (в том числе пермской системы), имеющие много общего с геологическим строением Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Ключевые слова: пермская система, Гвинейский нефтегазоносный бассейн.

G. B. Bolotov
Perm State University, grigorijbolotov@yandex. ru

PERMIAN DEPOSITS OF GUINEA OIL AND GAS BASIN

The tectonic structure, stratigraphy, petrology and lithology of the Pre-Mesozoic complex of the Guinea oil and gas basin (including the Permian system) are described which have much in common with the geological structure of the Volga-Ural oil and gas province.

Keywords: permian system, Guinea oil and gas basin.

Формирование фундамента Западной Африки происходило в два этапа. Первый соответствовал образованию архейских кратонов. Затем в результате закрытия океанического бассейна, разделявшего кратоны, сформировалась протерозойская кора палеоконтинента Родиния [4]. В частности, прилегающие к Гвинейскому заливу архейские кратоны – щит Мана и Регибат, разделены протерозойской плитой Таудени (рис. 1).

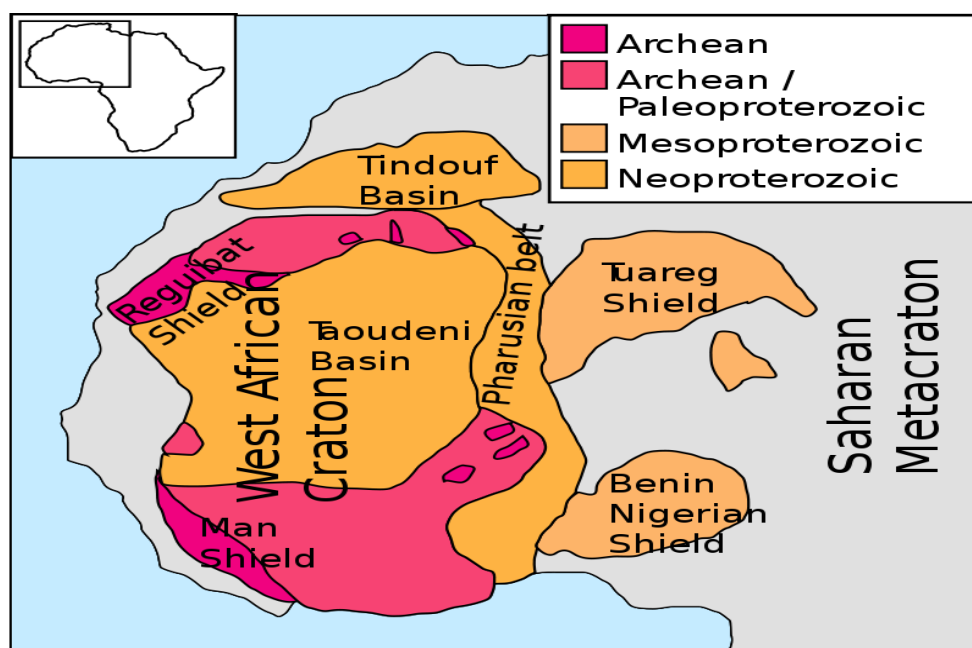


Рисунок 1. Докембрийские структуры Западной Африки

Наиболее древнее стратиграфическое подразделение, отмеченное в исследуемом районе, обозначается африканскими геологами как «докембрий 0» [1]. По абсолютному возрасту пород (около 3,6 млрд. лет) оно соответствует палеоархею по международной стратиграфической шкале и нижнему архею по российской шкале (рис. 2). Представлен сильнометаморфизованными гнейсами и сланцами.

| ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ДОКЕМБРИЯ (согласно Стратиграфическому кодексу России, 2006 г.) | | | | МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКАЛА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ДОКЕМБРИЯ | | |
|--|--|---|---|--|--------------------|-----------|
| акро-тема | эонотема | эратема | система | эон | эра | период |
| Протерозойская PR | Верхнепротерозойская PR ₂ | Рифейская RF | Вендская V | Протерозойская | Неопротерозойская | Эдиакарий |
| | | | Верхний отдел V ₁ | | | Криогений |
| | | | Нижний отдел V ₂ | | | Тоний |
| | | | Среднерифейская RF ₂ (Юрматиний) | | Мезопротерозойская | Стений |
| | Эктазий | | | | | |
| | Калимий | | | | | |
| | Верхнекарельская KR ₂ | Нижнепротерозойская PR ₁ (Карельская KR) | Палеопротерозойская | | Статерий | |
| | | | | | Оразирий | |
| | | | | | Рясий | |
| | Сидерий | | | | | |
| Архейская AR | Верхнеархейская AR ₂ (Лопийская LP) | Верхнеархейская AR ₁ (Саамская SM) | Архейская | Неоархейская | | |
| | | Среднеархейская AR ₂ (Лопийская LP) | | Мезоархейская | | |
| | | Нижнеархейская AR ₁ (Лопийская LP) | | Палеоархейская | | |
| | Эоархейская | | | | | |

Рисунок 2. Международная геохронологическая и российская стратиграфическая шкалы докембрия

Докембрий I (мезоархейская по международной стратиграфической шкале и верхнеархейская по российской шкале эонотема) представлен комплексом Дагомий: мигматиты и метаморфизованные основные лавы, местами сохранившими подушечную отдельность (пиллоу-лавы). Дагомий интродуцирован во многих местах гранитами, содержит также кварцевые жилы с галенитом.

Докембрий II (палеопротерозойская по международной стратиграфической шкале и нижнепротерозойская по российской шкале эонотема) сложен комплексом Биримий. В Гвинее он состоит из аркозовых кварцитов, сланцев в нижней части и вулканических пород (метабазитов, амфиболитов, пироксенитов) в верхней. В районе Золотого Берега, где впервые был выделен Биримий, он состоит из метаморфизованных туфов, туфогенных песчаников, филлитов и конгломератов. Комплекс содержит чарнокиты и прорывается также многочис-

ленными гранитными плутонами с крупнозернистыми и тонкозернистыми гранитами, пегматитами и аплитами, затем следуют более поздние интрузии гранодиоритов, диоритов и микрогранитов. На образованиях Биримия залегает серия Ансонго, затем серии Аквапимиен, Атакориен, представленные метаморфическими породами различного состава.

Докембрий III (мезопротерозойская (верхнепротерозойская) эонотема) представлен комплексом Тарквий преимущественно сланцево-кварцитового состава со слабой степенью метаморфизма. К Тарквию относят согласные интрузии в виде силлов габбро, кварцевых долеритов и порфировых гранитов Дю-Бурре.

Докембрий IV (неопротерозойская (верхнепротерозойская) эонотема) сложен комплексами Фалемий и Нигритий. Фалемий состоит из молассовых отложений, Нигритий – преимущественно из терригенных, в меньшей степени карбонатных, слабо метаморфизованных пород [1].

Палеозойская эратема складывается отложениями девонской, каменноугольной и пермской систем. Общая мощность отложений 7450м. Условия залегания отложений палеозойской эратемы на верхнепротерозойских отложениях не ясны, но можно предположить, что имеет место угловое несогласие [2].

Отложения девонской системы представлены средним и верхним отделами. Общая мощность составляет 2600м. На территории Гвинейского залива они распространены в южной части и составляют 6% от общей площади залива. Средний девон залегает с угловым несогласием на верхнепротерозойских отложениях. Преобладают конгломераты с галькой вулканических пород, аргиллитовые сланцы. Отложения верхнего девона (аргиллитовые сланцы с пачками алевролитов и тёмно-серых известняков) залегают на среднем девоне согласно.

Каменноугольная система представлена отложениями среднего и верхнего отделов, которые распространены в южной, центральной и северо-западной части бассейна (приблизительно 6% от территории). Общая мощность этих отложений 2950м. Средний карбон залегает с угловым несогласием на отложениях верхнего девона и представлен тёмно-серыми песчаниками с прослоями глинистых рыхлых песчаников. На юге территории внизу конгломераты с галькой плагиогранитов и вулканогенных пород девона, а на севере – конгломераты с галькой метаморфических пород. Отложения верхнего карбона залегают согласно на отложениях среднего карбона. Это чередование серых песчаников и аргиллитов. Вверху – прослой конгломератов с галькой метаморфических и среднекаменноугольных пород. Внизу: на севере – линзовидные залежи каменного угля, на юге – прослой конгломератов.

Пермская система представлена отложениями нижней перми, которые согласно залегают на верхнем карбоне. Эти породы распространены в центре и на северо-западе бассейна и занимают 4% от общей площади. Мощность – 1900м. Отдел представлен красноцветными неправильно-слоистыми конгломератами с галькой микроклиновых гранитов и метаморфических пород. Присутствуют линзы песчаников. Детальные описания нижнепермских отложений отсутствуют [1].

Нефтегазоносный бассейн Гвинейского залива расположен в Западной Африке, в прибрежных районах Ганы, Того, Бенина, Нигерии, Экваториальной Гвинеи, Камеруна. Открыт в 1953 году. Продуктивные отложения находятся на глубине 1,5 – 2,5 км на суше и 2,5 – 3,5 км на шельфе. Основные нефтегазные горизонты приурочены к неогеновым, палеогеновым, миоценовым, меловым отложениям. Площадь бассейна составляет около 690 тысяч км², в том числе в акватории Гвинейского залива до 460 тысяч км². В пределах нефтегазоносного бассейна выявлено более 330 нефтяных месторождений [3]. Даже основные продуктивные горизонты Гвинейского нефтегазоносного бассейна изучены пока недостаточно.

Докембрийские отложения описаны более подробно, т. к. выходы докембрия обнажаются достаточно широко. Малая изученность палеозойских отложений объясняется их глубоким залеганием и отсутствием внимания со стороны нефтяных корпораций (ExxonMobil, Chevron, Shell, Eni и Total), занимающихся геологоразведочными работами на территории бассейна.

В геологическом строении Гвинейского нефтегазоносного бассейна и Волго-Уральской нефтегазоносной провинции много общего. Приблизительно одинаковый возраст фундамента, переходного комплекса и осадочного чехла. Сопоставимое по масштабам стратиграфическое и угловое несогласие в залегании девонских отложений на фундаменте. Сходный литологический и видимо фациальный состав отложений девона, карбона и перми. Это объясняется общностью истории геологического развития Гондваны и Протобалтики в домезозойское время. В связи с этим, можно предположить возможность нефтегазоносности девонских, каменноугольных и пермских отложений Гвинейского залива по аналогии с продуктивностью палеозойских отложений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Библиографический список

1. *Зехи М. Э. Е.* История геологического развития, тектоника и стратиграфия Гвинейского нефтегазоносного бассейна. Магистерская диссертация. Пермь, ПГНИУ, 2020.
2. *Зехи М. Э., Болотов Г. Б.* История геологического развития, тектоника и стратиграфия Гвинейского нефтегазоносного бассейна. Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ: сб. научн. ст. по материалам II Междунар. науч. конф. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т; Пермь, 2019, с. 48 – 51.
3. Нефтегазоносный бассейн Гвинейского залива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 12. 06. 2015).
4. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01155163/file/VD2_LEPRETRE_REMI_08042015.pdf

В. П. Тихонов
ЕНИ ПГНИУ, tihonovvladmir@yandex. ru
Т. И. Караваева
ЕНИ ПГНИУ, karavaeva-ti@list. ru

ОБЪЕКТ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ: ТЕРРИТОРИЯ ИЛИ ГЕОСИСТЕМА

Выполнен краткий анализ методов оценки состояния природной среды при инженерно-экологических изысканиях, регламентируемых нормативно-технической документацией. Показано, что разнообразие размерностей показателей состояния отдельных компонентов природной среды, их удельного значения в функционировании природной системы создает субъективные, практически неразрешимые проблемы в стандартизации методов оценки. Территория изысканий выбирается в виде произвольной геометрической фигуры, не отражающей фундаментальные закономерности формирования геосистем. Объект изысканий при существующем подходе отсутствует, и оценка состояния окружающей среды производится по набору компонентов, функциональная связь которых в природной системе не учитывается. Цель работы заключается в обосновании необходимости биотических исследований, основанных на фундаментальных закономерностях функционирования геосистем локального уровня, которые являются объектом инженерно-экологических изысканий. В качестве объекта предлагается использовать биотоп, отвечающий всем требованиям системного подхода, экологическим закономерностям функционирования биосферы, интегрально отражающим условия существования растительности и животного мира.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, объект изысканий, оценка состояния, геосистемный подход, биотоп, фитоценоз.

Vladimir Tihonov
Perm State University, tihonovvladmir@yandex. ru
Tatyana Karavaeva
Perm State University, karavaeva-ti@list. ru

OBJECT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING SURVEYS: TERRITORY OR GEOSYSTEM

A brief analysis of methods for assessing the state of the natural environment during engineering and environmental surveys, regulated by regulatory and technical documentation, has been carried out. It is shown that the variety of dimensions of indicators of the state of individual components of the natural environment, their specific value in the functioning of the natural system creates subjective, practically insoluble problems in the standardization of assessment methods. The survey area is selected in the form of an arbitrary geometric figure that does not reflect the fundamental laws of the formation of geosystems. The object of research with the existing approach is absent, and the assessment of the state of the environment is made using a set of components, the functional relationship of which in the natural system is not taken into account. The aim of the work is to substantiate the need for biotic research based on the fundamental laws of the functioning of geosystems at the local level, which are the object of engineering and environmental research. As an object, it is proposed to use a biotope that meets all the requirements of the systematic approach, the ecological laws of the

functioning of the biosphere, integrally reflecting the conditions for the existence of vegetation and fauna.

Key words: engineering and environmental surveys, survey object, state assessment, geosystem approach, biotope, phytocenosis.

Актуальность

Инженерно-экологические изыскания выполняются с целью оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей среды под влиянием планируемой техногенной нагрузки для разработки проектной документации в соответствии с требованиями основного нормативного технического документа – СП 47. 13330. 2016 [3]. Существенным методическим недостатком указанного свода правил является то, что документ не определяет территорию, в пределах которой должны проводиться изыскания, не дает указаний, как определять границу зоны воздействия и по каким критериям и компонентам природной среды следует выполнить прогноз возможных изменений. Обоснование и выбор территории проведения инженерно-экологических изысканий относятся к важнейшим задачам исследований и определяют качество и представительность результатов, необходимые и достаточные виды и объемы работ, размещение пунктов наблюдений на основных путях миграции, ареалах и потоках рассеяния и аккумуляции веществ-загрязнителей, соотношение степени ожидаемого воздействия и устойчивости выбранной территории. Практика проведения экспертизы результатов инженерных изысканий показывает, что границы территории изысканий выбираются произвольно, без учета особенностей природных условий ландшафта, в пределах которого будут проявляться последствия планируемой деятельности. Граница изысканий без всякого обоснования проводится на равном расстоянии вокруг объекта проектирования или реконструкции. В результате изыскания проводятся в пределах некой геометрической фигуры, очерченной на карте. Закономерности функционирования природной среды не подчиняются и не укладываются в геометрические формы, а изыскания, выполняемые в пределах такой территории, проводятся формально и не позволяют оценить воздействия на весь природный комплекс и его ответную реакцию в виде последствий. Территория изысканий искусственно вписывается в ландшафт, имеет произвольную форму, не включает всю зону потенциального воздействия планируемого объекта и не учитывает взаимосвязь природных процессов и явлений в пределах структурного элемента ландшафта [1]. Изыскания не могут проводиться в абстрактной природной среде, не имеющей обоснованных границ. Объектом изысканий может быть только природная система, в пределах которой планируется хозяйственная деятельность. В нормативно-технической документации по инженерным изысканиям понятие объекта изысканий отсутствует.

Состояние проблемы

Свод правил по инженерным изысканиям [3] ориентирует исследователя на оценку состояния компонентов природной среды, что не противоречит понятию окружающей среды как совокупности компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

В соответствии с положениями свода правил по инженерным изысканиям комплексная оценка состояния окружающей среды реализуется покомпонентной оценкой, не позволяющей охарактеризовать исследуемую территорию как целостную природно-техническую систему. Покомпонентная оценка создает субъективную проблему сопоставимости результатов, полученных в баллах, коэффициентах, процентах, мг/дм³ и т. п. Пороговые значения показателей (ПДК, ПДУ) и лимитирующие показатели вредности, выраженные в конкретных числовых значениях, в природных геосистемах не отражают их функциональные характеристики. Интегральные показатели, характеризующие состояние системы не используются.

В пункте 8. 1. 2 СП указано, что инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать получение необходимых и достаточных данных для оценки экологического состояния территории и оценки воздействия на окружающую среду планируемой градостроительной деятельности в целях устойчивого развития территорий. В итоге изыскатель понимает, что обеспечить эту оценку он должен по отдельным компонентам природной среды в пределах абстрактной территории воздействия объекта изысканий. Требования свода правил вступают в противоречие с положениями Федерального закона «Об охране окружающей среды» [4], в соответствии с которым благоприятная окружающая среда – это окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов. Естественная экологическая система – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют, как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией, т. е. представлена геосистемой определенного биосферного ранга. Покомпонентной оценкой состояния окружающей среды обеспечить характеристику системы невозможно.

Хозяйственная и иная деятельность, оказывающая воздействие на окружающую среду, в соответствии с законом, должна осуществляться на основе следующих принципов:

- соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;
- обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
- ответственность органов государственной власти за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;
- обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности;
- приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов.

В законе [4] вполне определенно предписано осуществлять хозяйственную деятельность, учитывая естественные экологические системы, имеющие границы и обладающие средообразующей функцией, оценивая допустимость проектируемого воздействия в составе специального документа ОВОС как экологи-

ческого обоснования проектной документации. Просто территория изысканий с ее субъективными границами, проводимыми специалистами с различным профессиональным уровнем подготовки, не отвечает понятию природная система, не отражает выполняемые системой функции в развитии биосферы, не может быть стандартизована в соответствующей деятельности в соответствии с современными требованиями. Таким образом, объектом инженерно-экологических изысканий должна быть естественная экологическая система определенного иерархического уровня. Геосистемный подход к проведению изысканий является принципиальной основой, учитывающей фундаментальные закономерности функционирования биосферы на локальном уровне.

Методическое обоснование выбора объекта инженерно-экологических изысканий

При разработке методологических основ инженерно-экологических изысканий необходимо использовать геосистемный подход, анализ и синтез фундаментальных положений развития биосферы, применительно к локальному уровню исследований, метод экспертной оценки, систематизации понятий нормативно-методической документации и законодательства в области охраны окружающей среды.

Экологическая составляющая проектирования в соответствии с современными требованиями к развитию экономики и общества приобретает принципиальное значение, и требует существенных изменений нормативно-методической документации по оценке состояния природной среды. Совокупность методических решений, позволяющих оценить экологическую безопасность намечаемой хозяйственной и иной деятельности для природных комплексов и человека, должна основываться на фундаментальных положениях естественных наук, что позволит существенно сократить сроки проведения изысканий и проектирования, повысить достоверность оценки и принимаемых решений о допустимости реализации проектной документации.

Интегральную оценку сложной поликомпонентной природной среды, подвергающейся техногенному воздействию, невозможно получить как простую сумму покомпонентных оценок. Геосистема всегда обладает эмерджентностью, т. е. свойствами, не присущими ее отдельным компонентам, в этом заключается одно из фундаментальных положений геосистемного подхода. Геосистема характеризуется пространственными границами и взаимным расположением (структурой) компонентов природной среды, функциональным значением компонентов, т. е. является пространственно-функциональной.

В научных исследованиях широко используются следующие природные системы: биогеоценоз, биоценоз, биотоп, фитоценоз, экосистема, эколого-геологическая система. Участок земной поверхности с однотипными абиотическими условиями (рельефом, климатом, почвами, характером увлажнения), занимаемый тем или иным биоценозом, называется биотопом. При этом под биоценозом понимается исторически сложившаяся, динамическая, способная к саморегулированию совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, населяющих относительно однородное жизненное пространство (определённый участок суши или акватории), т. е. биотоп. Формирование биоценоза

осуществляется за счет межвидовых связей растительности и животного населения, которые определяют упорядоченность его строения и функционирования. Понятие биотоп шире, чем понятие местообитание, поскольку биотоп заселен сообществом организмов, т. е. их комплексом (биоценозом), а местообитанию соответствует популяция вида организмов. Биотоп – это не просто участок территории, а место существования характерных видов растений и животных. В каждом биотопе происходит естественный отбор наиболее приспособленных к данным экологическим условиям организмов и в полной мере реализуется процесс саморегулирования системы. Саморегуляция при техногенном воздействии на некоторый период времени удерживает переменные структуры геосистем в серийном ряду развития, минимизируя негативные последствия. Биотоп является основным подразделением арены жизни [2]. Этим он коренным образом отличается от чисто географических территориальных подразделений ландшафта. В ландшафтно-геохимическом прогнозе геосистема давно используется в качестве объекта.

Таким образом, биотоп это минимальная неделимая структурная единица биосферы. Многие исследователи используют биотоп как единицу картирования. В соответствии с требованиями Российского национального стандарта добровольной лесной сертификации по схеме Лесного попечительского совета (FSC) одним из основных способов сохранения биологического разнообразия в процессе освоения лесосек является выделение и сохранение ключевых биотопов. Принципиально важными для биосферы являются выполняемые биотопом функции – это место размножения, место кормления, убежище и поддержание биоразнообразия природной среды. Концепция биотопа интегрирует абиотические и биологические факторы среды обитания, что определяет ее качество, оценка которого является целью инженерно-экологических изысканий. Биотоп визуально выражен в ландшафте и хорошо картируется (лес, лесопарк, луг, пастбище, болото, склон оврага, долина малой реки). Границы биотопа – это границы распространения биоценоза, которые легко установить по видовому составу фитоценоза – совокупности всех растений биоценоза. Фитоценоз является подсистемой биотопа, трансформирует солнечную энергию, минеральные и биогенные элементы почвы, поставяет органическую продукцию и обеспечивает биогеохимический круговорот вещества, является интегральным показателем условий среды обитания, характеризующим связи растительности с абиотическими компонентами среды, обладает всеми признаками системы, имеет четкие морфологические признаки, хорошо картируется дистанционно и на местности. Живое вещество – важнейший средообразующий фактор системы, так как биологический круговорот преобразует атмосферу, гидросферу и литосферу.

В процессе проведения инженерно-экологических изысканий фитоценоз достаточно выделять как условно-однородный контур растительности на условно-однородном местообитании в пределах конкретного биотопа. Все последствия техногенных воздействий хорошо прогнозируются в фитоценозе в соответствии с развитием восстановительной сукцессии, он в первую очередь реагирует на внешние воздействия, изменением структуры и видового состава. Фундамен-

тальной закономерностью является соответствие животного мира биоценоза стадии сукцессии фитоценоза. Структура растительного состава сообщества определяет, какие виды животных будут населять различные биотопы или использовать их в качестве кормовой базы, убежища и места размножения. Взаимосвязи растительного и животного мира, их соответствие конкретному местообитанию, совместное эволюционное развитие определяют выполняемые биотопом средообразующие функции и его значение как структурной единицы биосферы.

Основные положения системного анализа, фундаментальных закономерностей развития биосферы, геосистемного подхода к оценке состояния окружающей среды на локальном уровне позволяют использовать геосистему в ранге биотопа в качестве объекта инженерно-экологических изысканий. Биотоп объективно отражает абиотические и биотические условия территории, на которой планируется строительство хозяйственного объекта, является конкретной природной системой с экологически обусловленными границами. Контроль качества окружающей среды по биологическим объектам давно признан актуальным экологически ориентированным научным подходом. Последствия воздействий хозяйственного объекта в первую очередь проявляются в фитоценозе биотопа, хорошо прогнозируются, что позволяет принимать обоснованные выводы о допустимости намечаемой хозяйственной деятельности в процессе разработки ОВОС.

Библиографический список

1. *Караваева Т. И., Тихонов В. П.* Обоснование территории для проведения инженерно-экологических изысканий // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7822>.
2. *Новиков Г. А.* Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. М. : Совет. наука, 1949. 602 с.
3. СП 47. 13330. 2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456045544>.
4. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10. 01. 2002 № 7-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.

ПРИЧИНЫ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ В ПЕРМСКОМ ПРИКАМЬЕ

Причины нефтяного загрязнения в Пермском Прикамье носят природный и техногенный характер. Это связано с нарушением флюидоупоров в тектонически ослабленных зонах. Нарушение герметичности затрубного пространства при добыче нефти, разливы при авариях на нефтепроводах и утечки из технологического оборудования, резервуаров хранения и при переработке нефти на заводах НПЗ. Особое место занимают аварии при транспортировке железнодорожным автомобильным, водным транспортом. При этом происходит загрязнение почв, грунтов, подземных и поверхностных вод.

Ключевые слова: природное и техногенное нефтяное загрязнение.

Yu. A. Kilin, I. I. Minkevich

Perm State National Research University, iks-org@mail. ru

CAUSES OF OIL POLLUTION OF THE UNDERGROUND HYDROSPHERE IN THE PERMIAN KAMA REGION

The causes of oil pollution in the Perm Kama region are natural and man-made. This is due to the violation of fluid barriers in tectonically weakened zones. Violation of the tightness of the annular space during oil production, spills during accidents on oil pipelines and leaks from technological equipment, storage tanks and during oil refining at refineries. A special place is occupied by accidents during transportation by rail, road, and water transport. At the same time, soil, soil, underground and surface water are polluted.

Keywords: natural and man-made oil pollution.

Основные причины нефтяного загрязнения подземной гидросферы носят как природный и техногенный характер. К природным причинам загрязнения относятся: миграция нефтяных залежей в пределах артезианских бассейнов, нарушение сплошности флюидоупоров над нефтяными месторождениями вследствие геотектонических процессов, наличие ослабленных зон тектонических нарушений, трещиноватости горных пород, плохой защищенностью подземных вод от поверхностного загрязнения.

К техногенным причинам относятся: фильтрация из буровых котлованов через дно и стенки объекта; инфильтрация с действующих промышленных площадок; подъем минерализованных вод снизу по некачественно зацементированному заколонному пространству скважин в верхнюю гидродинамическую зону, аварии на продуктопроводах, криминальные врезки, утечки на нефтеперерабатывающих предприятиях и базах хранения.

Ф. И. Тютюнова выделяет 3 типа нефтяного загрязнения подземных вод:

- 1) сырой нефтью;
- 2) минерализованными пластовыми и сточными водами;

3) продуктами нефтехимического синтеза.

Просачивание сырой нефти через зону аэрации в водоносный горизонт сопровождается образованием трёх зон – в центре с плёнкой (линзой) нефти на поверхности воды; далее – эмульсии воды в нефти и нефти в воде и на периферии ореола наблюдаются растворённые формы углеводорода в воде. Разрушение ореола происходит по его окраине в результате сорбции нефтепродуктов и их химической деструкции.

При нефтяном загрязнении второго типа формируются высокоминерализованные воды хлоридного натриевого состава, содержащие растворённые нефтяные углеводороды и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Всё это способствует глубокому засолению и загрязнению вод верхнего горизонта.

При загрязнении вод продуктами нефтепереработки (третий тип) в них могут обнаруживаться эмульгированная нефть до 8 г/дм^3 , фенолы до 20 г/дм^3 , а также другие нефтепродукты, сжиженный газ, ПАВ, кислотные или щелочные сточные воды, сероводород и др. Ореолы нефтяного загрязнения могут проследиваться на расстоянии нескольких километров. Они сохраняются весьма долго (десятки лет), оцениваются на большой спектр различных показателей, что говорит о сложности их изучения[3].

Изучению миграции нефтяного загрязнения на территории Пермского Прикамья посвящены работы С. М. Костарева, Г. К. Михайлова, И. Н. Шестова.

Основными физическими факторами рассеяния нефтепродуктов в окружающей среде являются процессы их испарения, растворения, адсорбции, главными факторами разрушения – химическое и биохимическое окисление. В подземной среде наиболее существенная роль принадлежит процессам растворения и адсорбции, процессы разрушения заторможены и нефтяное загрязнение сохраняется длительное время.

Ввиду особенностей движения нефтяных загрязнений в пористых средах особую опасность для загрязнения подземных вод нефтяными углеводородами представляют нефти и нефтепродукты, обладающие малой вязкостью и заметной растворимостью. В первую очередь это бензины, керосины, также дизельные топлива и сама нефть. Растворимость в воде бензола составляет $1500\text{--}1700 \text{ мг/дм}^3$, толуола $450\text{--}500 \text{ мг/дм}^3$, бензина $14\text{--}175 \text{ мг/дм}^3$, керосина $4\text{--}13 \text{ мг/дм}^3$, дизельного топлива $3\text{--}18 \text{ мг/дм}^3$. Растворимость углеводородов всегда значительно больше их ПДК (ПДК по нефтепродуктам для подземных вод хозяйственно питьевого водоснабжения меньше $0,1 \text{ мг/дм}^3$ в соответствии с СанПиН 1. 2. 3685. 21).

В настоящее время в качестве основных методов выявления и картирования очагов нефтяного загрязнения геологической среды наиболее широко используются газогеохимические исследования почв и грунтов зоны аэрации, гидрогеохимические исследования загрязнения пресных подземных вод, электрометрические исследования верхней части геологической среды, дополняемые детальным геохимическим анализом состава нефтей и водорастворенной органики.

Основными источниками нефтяного загрязнения подземных вод являются эксплуатируемые нефтяные месторождения. В настоящее время на территории

Пермского края открыто более 230 месторождений нефти и газа, в эксплуатации находится около 155, половина из которых разрабатываются более 30 лет [2].

В Пермском Прикамье по данным С. М. Костарева, 2015 и наблюдениям авторов при эксплуатации нефтяных месторождений наблюдаются следующие особенности проявлений загрязнений:

1. Природное нефтяное загрязнение обусловлено, в основном, прямой восходящей миграцией флюидов из продуктивных горизонтов по зонам неотектонической трещиноватости. Примером является район д. Павлово (исток р. Тураевка).

2. Природно-техногенный вид загрязнения происходит, как правило, при разгрузке нефти и газа в водоносный горизонт с высокими фильтрационными свойствами (русовая фация аллювия) или в водоносный горизонт с резкой фильтрационной неоднородностью (трещиноватые и закарстованные горные породы), в которых могут быть локальные флюидоупоры где могут формироваться техногенные скопления нефтепродуктов и газа, приуроченные как к зоне аэрации, так и к зоне водонасыщения.

3. Техногенные ловушки связаны с участками длительно разрабатываемых месторождений. Такие ловушки тяготеют к трещинам бортового отпора. Примером является нефтяное месторождение в Добрянском районе на берегу Камского водохранилища, где в результате гидродинамического барьера, создаваемого водохранилищем, формируется нефтяная линза, которая разгружается вместе с карстовыми водами в весенний период.

4. Техногенные гидродинамические системы формируются на участках интенсивной разработки старых месторождений, как в продуктивной, так и надпродуктивной части разреза. Техногенные системы формируются здесь в результате разработки месторождения, приводящей к падению внутрипластовых напоров, изменению напряженного состояния пород, смене гидрогеологических условий в результате замещения нефти водой, усилению водообмена, образованию новых водонапорных горизонтов, смешению вод, изменению уровней, уклонов, скорости движения, изменению химического, газового и микробиологического состава и температуры подземных вод.

Флюиды имеют агрессивные свойства, часто содержат сероводород, активно воздействуют на колонну труб, усиливая внешнюю коррозию, приводящую к разгерметизации оборудования. Техногенные очаги, обладая повышенными энергетическими характеристиками, разгружаются на поверхность в виде изливов между эксплуатационной колонной и кондуктором, грифонов, а также способствуют возникновению вертикальной миграции флюидов

По материалам, полученным при инженерно-геологической съемке с гидрогеологическим доизучением и геоэкологическим картированием М1:200000 лист XXI (1999 г.) на эксплуатируемых месторождениях нефти, введенных в эксплуатацию в 50-70 гг. прошлого столетия (Лазуковском, Козубаевском, Лобановском, Курашимском, Троельжанском, Кыласовском, Обливском, Ильичевском, Ергачинском, Кукуштанском, Баклановском), зафиксирована большая степень загрязнения подземных вод нефтепродуктами. Превышение ПДК отме-

чено в почвах, грунтах, донных отложениях, поверхностных водах. Максимальное содержание нефтепродуктов в подземных водах достигло по отдельным пробам на Лобановском месторождении 36,1 ПДК. Основные причины загрязнения подземных вод связаны с техногенными факторами – это проливы нефти, разгерметизация колонн, заколонные перетоки флюидов, аварии на трубопроводах. После съемки прошло более 20 лет, экологическая обстановка на месторождениях существенно улучшилась, были приняты меры по предотвращению утечек нефтепродуктов, поменялись экологические требования, но природно-техногенное загрязнение по данным ежегодного ведомственного мониторинга продолжается. По данным Костарева С. М. на месторождениях со сроком эксплуатации более 25 лет наблюдается увеличение нефтепродуктов и хлоридов в подземных водах [1,2].

Мощным техногенным источником загрязнения подземных и поверхностных вод нефтепродуктами на территории г. Перми является Пермнефтеоргсинтез (ПНОС) построенный в 60 годах прошлого столетия. По различным причинам мониторинг состояния окружающей среды в зоне влияния предприятия первоначально не проводился, утечки нефтепродуктов из трубопроводов и резервуаров также не учитывались, что послужило причиной загрязнения грунтов, подземных и поверхностных вод. Под территорией Пермнефтеоргсинтеза (ПНОС) образовалась линза нефтепродуктов в объеме ориентировочно 600 тыс. тонн. По отчетности ПНОС ежегодные потери нефтепродуктов составляют 0,1% т. е. в грунты и водоносный горизонт попадает ежегодно 13000 тонн. Содержание нефтепродуктов в подземных водах по данным мониторинга колеблется от 52,3 мг/дм³ до 290,1 мг/дм³. По данным инженерных изысканий 2012 г. содержание нефтепродуктов в подземных водах зафиксировано от 0,15 до 14 мг/дм³. В подземной среде отмечается распространение двух типов нефтепродуктов: светлого с преобладанием бензинов и темного с повышенным содержанием дизельного топлива. Загрязненные подземные воды разгружаются в р. Пыж, в которой также отмечено превышение ПДК по нефтепродуктам. Загрязнение распространяется на грунты зоны аэрации и подземные воды шешминского водоносного горизонта. В зоне аэрации за счет нисходящей фильтрации на водоупорных прослойках (глины, суглинки) формируются подвешенные по отношению к водоносному горизонту линзы жидких нефтепродуктов, а под ними линзы газообразных нефтепродуктов. В зоне водонасыщения с поверхности формируется плавающая линза жидких нефтепродуктов. Газообразные продукты мигрируют обратно к поверхности и частично на линзах водоупорных прослоек создают «газовые шапки». По поверхности водоносного горизонта нефтепродукты в виде пленки и в растворенном виде мигрируют к очагам разгрузки (р. Пыж), где разгружаются в виде поверхностных родников и субаквальных выходов (рис. 1).

В г. Перми и крае после развала СССР было ликвидировано большое количество транспортных предприятий, баз, военных складов.

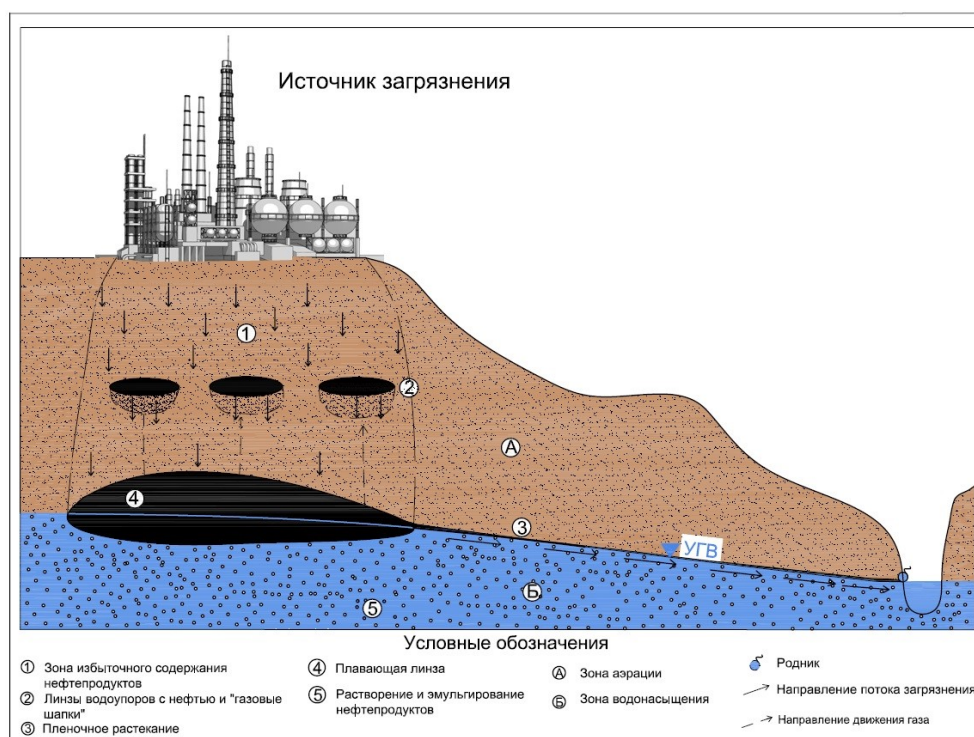


Рисунок 1. Схема загрязнения подземных вод на территории ПНОС

На территории бывшей воинской части в Пермском районе содержание нефтепродуктов в поверхностных водах составляет от 2,3 до 4,6 мг/дм³, фенолов 0,35-0,3 мг/дм³ (ПДК- 0,001), бенз(а)пирена 0,1-0,083 (ПДК - 0,000005мг/л). В прилегающем к объекту пруду на р. Студенка наблюдается нефтяная пленка (рис. 2), площадь загрязнения составляет 6600 м². При бурении скважин отмечается наличие в почвах и грунтах прослоев нефтепродуктов до глубины 3,0м. Подземные воды пока слабо загрязнены.



Рисунок 2. Нефтяная пленка в пруду р. Студенка

При застройке микрорайонов в г. Перми на участках ликвидированных заводов наблюдается наличие загрязненных грунтов и подземных вод нефтепродуктами. При изысканиях под многоквартирный жилой дом по ул. Строителей в г. Перми на месте шпалопропиточного завода в подземных водах зафик-

сировано многократное превышение ПДК по нефтепродуктам, бенз(а)пирену, фенолам (табл.) на глубине 20,0м.

Таблица. Результаты анализа подземных вод на содержание нефтепродуктов, бенз(а)пирена, фенолов (гл. 20,0 м)

| № п. п. | Определяемая характеристика | Единицы измерения | Результаты определений | ПДК |
|---------|-----------------------------|--------------------|------------------------|-------|
| 1 | Нефтепродукты | мг/дм ³ | > 50 | 0,1 |
| 2 | Бен(з)пирен | мг/дм ³ | > 0,5 | 0,001 |
| 3 | Фенолы общие | мг/дм ³ | 0,037 | 0,001 |

Подземные воды на исследуемом участке не отвечают гигиеническим требованиям СанПиН 1. 2. 3685-21, ГН 2. 1. 5. 1315-03 [20, 21] по показателям общей жесткости от 1 до 1,8 раз, по содержанию ионов кальция от 2,6 до 3,9 раз, по магнию и по аммонии до 1,5 раз. По содержанию тяжелых металлов имеется превышение по марганцу в 13 раз, фенолу в 37 раз, а по нефтепродуктам и бен(з)пирену более чем в 500 раз,

Большие потери нефтепродуктов происходит при авариях на трассах нефтепроводов. Участились случаи криминальных врезок на трассах продуктопроводов. Так авария в связи с криминальной врезкой произошла в районе пос. Юго-Камский, загрязнению подверглась р. Северная и пруд используемый для водоснабжения. На Лобановском нефтяном месторождении при криминальной врезке было загрязнено 7 тыс. м² поверхности.

Итак, техногенные причины являются основными при загрязнении нефтепродуктами как поверхностных, так и подземных вод. Максимальные загрязнения наблюдаются в районах разработки месторождений нефти, примером является Кокуйское месторождение в Ординском районе. Необходимо строго соблюдать экологические нормы и правила, связанные с добычей и переработкой нефти.

Библиографический список

1. *Костарев С. М.* Особенности нефтепромыслового загрязнения геологической среды карстовых районов Пермского края // Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах: материалы Международного симпозиума; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. С. 317-322.
2. *Костарев С. М.* Экомониторинг в районах нефтедобычи Пермского края. /Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: материалы науч-практ. конференции. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. С. 114-121.
3. *Минькевич И. И., Килин Ю. А.* Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия: учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 232 с.

Е. В. Дробинина¹, И. В. Минина², Л. А. Коромыслова², Д. Р. Золотарев¹

¹Лаборатория прогнозного моделирования в геосистемах ПГНИУ,

²ООО «ПКИБЗ», alenadrobina@yandex. ru

УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗЕРА ЯЛЬЧИК (РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ)

В статье детально рассмотрены природные условия восточного побережья озера Яльчик, формирование котловины которого было связано с провальными процессами на склоне палеодолины реки Волги, выполненной мощной толщей песчаных отложений неогенового возраста. Приводится оценка поверхностной и подземной закарстованности изучаемой территории. С использованием идеи системного подхода к изучению карстового процесса, авторами проведено карстологическое районирование и дана предварительная оценка опасности выделенных участков. Проведен анализ космоснимков земли для оценки изменения площади зеркала озера Яльчик, по результатам которого сделан вывод о том, что поверхность зеркала за последние 10 лет (с июня 2011 г. по настоящее время) изменилась незначительно, изменения контура зеркала, по большей части, могут быть связаны с годовыми колебаниями уровня воды в озере.

Ключевые слова: карст, системный подход, оценка карстоопасности

E. V. Drobinina, I. V. Minina, L. A. Koromyslova, D. R. Zolotarev

¹Laboratory of prognostic modeling in geosystems, Perm State University (PSU), ²

LLC «Karst-Control and Bank Protection», alenadrobina@yandex. ru

ENVIRONMENTAL FACTORS OF KARST DEVELOPMENT IN PERM SEDIMENTS OF THE LAKE YALCHIK COAST (REPUBLIC OF MARIY EL)

Environmental factors of the Yalchik lake eastern coast are examined thoroughly. It is believed that the lake basin formation was associated with failure processes on the slope of Volga River paleo-valley, which is filled with a thick layer of sandy deposits of Neogene age. The surface and subsurface karst development assessment is carried out for research territory. The karst zonation and the karst susceptibility preliminary assessment are carried out based on systems approach. The analysis of satellite images was done to assess the change in the area of the water mirror of Yalchik lake over the past 10 years (from June 2011 to the present). The results of this investigation show that it has changed insignificantly. Mainly changes in the contour of the water mirror can be triggered by annual water level fluctuations in the lake.

Key words: karst, system approach, assessment of karst susceptibility

Введение

Развитие карстового процесса и высокая вероятность провалообразования определяет сложность инженерного освоения территорий, в геологическом строении которых принимают участие растворимые породы, в связи с возможным повреждением фундаментов зданий и сооружений на любой глубине их заложения.

Спонтанный характер провалообразования, отсутствие возможности непосредственного наблюдения за протеканием процесса на глубине и дискретный характер данных о подземной закарстованности массива затрудняют осуществление карстологического прогноза. Решение проблемы оценки карстоопасности возможно с использованием системного подхода при проведении интегрального карстологического прогноза, под которым подразумевается комплексное исследование природных условий и факторов развития карста и характера его проявлений на земной поверхности и на глубине.

Идея системного подхода в карстологическом прогнозе

Системный подход к проблеме комплексного изучения карстового массива подразумевает рассмотрение исследуемого объекта как системы, предполагая тем самым анализ взаимодействия и взаимовлияния его структурных элементов. Принимая во внимание динамичный характер развития карстового массива и взаимное влияние его элементов друг на друга, проявляющееся, в частности, в формировании провальных форм на земной поверхности, с прогностической точки зрения в соответствии с задачами исследований, целесообразно в рамках системного подхода осуществлять построение таких моделей, которые бы отражали не только структуру исследуемого объекта, но и его функционирование.

Любую систему можно охарактеризовать тремя свойствами: структурой – совокупностью пространственных отношений между ее составными частями; функциональностью – реакцией на изменение внутренних и внешних условий, имеющей обратимый характер; эволюционностью – определяющей длительные необратимые явления, вследствие изменения структуры массивов горных пород в результате действия геологических процессов [11]. Другими словами, система отличается пространственно-временным характером, отвечающим порядку расположения элементов, и характеризуется сменой состояний во времени – движением [2].

Согласно типологии А. А. Махорина [11], карстовый массив как динамичная система может быть определен тремя атрибутами. Структурные и функциональные атрибуты массива как системы дают представление о распределении свойств пород в пределах области развития карстового процесса. Эволюционные атрибуты отражают спровоцированные карстовым процессом необратимые изменения в массиве.

Рядом авторов при изучении вопроса происхождения форм мезо- и микрорельефа Кунгурской ледяной пещеры отмечено, что попытка системного подхода при изучении карстового массива применена В. А. Апродовым еще в 50-е гг. XX в. при исследовании карстовых полиномов Кунгурской ледяной пещеры, под которыми им подразумевалась единая система полостей, объединяемая циркуляцией карстовых вод [9].

Дублянская Г. Н. и Дублянский В. Н., исследуя проблему парагенезиса «карст-подтопление» посредством системного подхода, проанализировали достаточно большое количество теоретического материала, начиная с первых по-

пытках определить карст как геосистему, предпринятых Н. А. Гвоздецким и А. Г. Чикишевым в 1972 и 1978 годах, соответственно. По состоянию на 1998 г. авторами отмечена неоднозначность определения специфики системного подхода в отношении карстового процесса: определения карстовой системы в большинстве характеризуются общим характером, кроме того, эмерджентность системы, как главное системообразующее свойство, не охарактеризовано в должной мере [4].

В зависимости от сочетания закарстованной территории определенного типа с конкретными проявлениями подтопляемости и характера воздействующих факторов: природного или техногенного, Дублянская Г. Н. и Дублянский В. Н. выделяют природную и природно-техническую системы. В первом случае под системой понимается некоторая геологическая среда, элементы которой представлены главным образом твердыми, жидкими или газообразными компонентами, во втором – инженерное сооружение с частью геологической среды в зоне его влияния, имеющая фиксированные пространственно-временные границы, определяемые областью существования и потенциального распространения изучаемых парагенетически связанных процессов. Верхняя граница системы совпадает с верхней границей геологической среды, определение нижней границы производится на основании конкретной цели исследования проблемы. Функционирование изучаемой системы происходит путем двустороннего взаимодействия процессов карста и подтопления, в первом случае это выражается в изменении скорости развития карстопроявлений, во втором – в изменении темпов подъема уровня грунтовых вод [4].

Необходимость исследования закарстованных территорий в прикладных целях в рамках одной системы «карстовый массив – инженерное сооружение» отмечается В. В. Толмачевым и Е. Г. Карповым: оценка карстовой опасности, связанной с наличием в толще карстующихся пород полостей, должна производиться с учетом сведений о местоположении полостей относительно активной зоны основания сооружения, исследование механизма провалообразования должно вестись с учетом воздействия строительства и эксплуатации сооружений на карстовый массив, а в конечном итоге на динамику развития карстового процесса [12].

В. Н. Андрейчук, изучая аспекты карста как фактора, преобразующего ландшафт и формирующего специфическую среду обитания человека, под карстовым массивом понимает «специфическую природную систему (геосистему) взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (геокомпонентов) – карстующихся пород, циркулирующих в них вод, рельефа, климата, растительного и животного мира, почв, а также – в большинстве случаев – человека» [1].

Как показывает обзор опубликованных материалов в инженерной геологии идея системного подхода к изучению карстового массива реализуется главным образом с целью оценки карстоопасности и устойчивости территорий распространения растворимых пород. Несмотря на то, что непосредственно карстовый процесс в разрезе пространственно тяготеет к толще карстующихся пород, весь карстовый массив как система реагирует на его развитие. Кроме того, ущерб, в

том числе социальный, наносимый карстовым процессом, обуславливает включение в систему техногенной компоненты, которая может оказывать влияние на активность процесса или, наоборот, сама подвергаться влиянию карстового процесса посредством деформаций зданий и сооружений.

Так или иначе, системный подход к проблеме изучения карстового массива заключается в комплексном исследовании его элементов на различных иерархических уровнях. Характеристика карстового массива, как любой сложной системы, считается полной, если установлен набор ее элементов с их параметрами, структурой и поведением [8].

Характеристика изучаемого объекта

В рамках данного исследования предлагается провести оценку карстовой опасности территории, расположенной на берегу карстового озера Яльчик (Республика Марий Эл, Россия). В административном отношении участок расположен в европейской части Российской Федерации, в Приволжском федеральном округе, в пределах Волжского муниципального района Республики Марий Эл, в 5,5 км северо-восточнее с. Помары.

Рельеф, геоморфология, гидрография. Изучаемая территория приурочена к среднечетвертичной аллювиально-флювиогляциальной аккумулятивной слабосхолмленной равнине. Абсолютные отметки рельефа в пределах равнины изменяются в интервале 70-100 м, с отдельными понижениями до 60 м и повышениями до 105 м. На формирование рельефа здесь оказали влияние эрозионно-аккумулятивная деятельность днепровского ледника, р. Илети, карстовые и в небольшой степени эоловые процессы, протекавшие на фоне дифференцированных колебательных движений земной поверхности.

В локальном геоморфологическом плане участок приурочен ко второй левобережной надпойменной террасе реки Илети. Абсолютные отметки рельефа колеблются в пределах от 65 м до 80 м, рельеф побережий озера относительно ровный, с общим уклоном в направлении озера Яльчик, которое представляет собой систему из двух озер – Большого и Малого, соединенных протокой. В отдельные летние периоды года протока может пересыхать, превращая водоемы в изолированные и самостоятельные озера [10]. В 2,5 км и 3,5 км к юго-востоку от участка изысканий протекают безымянные водотоки, впадающие в озеро Яльчик. В 2,2 км к северо-востоку оз. Яльчик расположено озеро Глухое.

Водный режим озера Яльчик, как и рек района, характеризуется высоким весенним половодьем, наличием летней и зимней межени. Весной, в периоды таяния снежного покрова, уровень воды в озере резко повышается.

Структурно-тектоническое и геологическое строение. В структурно-тектоническом плане участок расположен в восточной части Русской платформы, в пределах Ульяновско-Сыктывкарской системы сводовых поднятий Волго-Уральской антеклизы, в которую входят Санчурский, Сундырский и Канашский своды, разобщенные в различной мере выраженными депрессионными зонами, седловинами, впадинами. Рассматриваемая территория расположена в пределах Марийской седловины.

При детальном рассмотрении тектонического строения территории Республики Марий Эл участок работ приурочен к юго-западной оконечности Вятского вала, представляющего собой систему вытянутых субмеридиональных брахиантеклиналей, разобщенных синклиналими понижениями. Одним из ключевых элементов здесь является Шургинская полоса поднятий, в пределах которой выделяется Яльчевская структура.

Влияние тектонических структур на развитие карста в значительной мере проявляется через трещиноватость горных пород. Наиболее интенсивная тектоническая трещиноватость, благоприятствующая широкому развитию карстовых процессов, отмечается в зонах сопряжения крупных положительных и отрицательных структур и в пределах локальных тектонических поднятий. Особенно активен карстовый процесс на сводах и крыльях антиклинальных и брахиантеклинальных структур, где тектонической трещиноватостью ослаблены не только толщи карстующихся пород, но и вышележащие породы перекрывающей толщи.

Выделение линейных структур (линеаментов), транслирующих в рельефе элементы разломно-разрывной тектоники, производилось путем дешифрирования космических снимков и топографических карт масштаба 1:25 000-1:100 000. Под линеаментами понимаются узкие, протяжённые системы форм рельефа различного генезиса, прослеживаемые вдоль одной линии на значительные расстояния. Признаки, по которым дешифрируются трещинно-разрывные нарушения, в общем, одинаковы для всех видов и типов последних независимо от их протяжённости, а также наличия или величины смещения. Дополнительная совокупность линеаментов выделена экспертным способом по комплексу геоморфологических и почвенно-геоботанических индикаторов [5-7].

По результатам проведенного структурно-тектонического анализа участок работ характеризуется преимущественно плотностью линеаментов равной 1,8-2,4 км/км². Максимальная плотность линеаментов (>3,0 км/км²) зафиксирована к юго-востоку от озера Яльчик. Кроме того, участки с повышенной плотностью линеаментов отмечены северо-восточнее озера Яльчик (3,0-4,2 км/км², рис. 1).

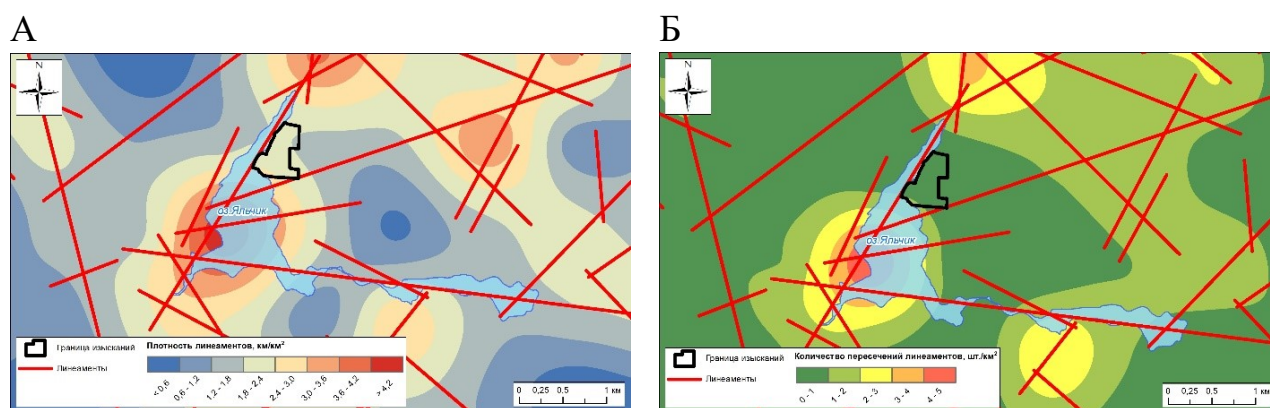


Рисунок 1. Карта плотности линеаментов (А) и количество пересечений линеаментов (Б) в районе исследований

Особого внимания заслуживают участки пересечения линеаментов разной ориентировки – линеаментные узлы – характеризующиеся повышенной трещиноватостью горных пород. Для изучаемого участка преобладающее количество пересечений линеаментов на единицу площади находится в диапазоне 0-1 шт. /км². Максимальное количество пересечений линеаментов зафиксировано в юго-западной части озера Яльчик (4-5 шт. /км², рис. 2).

Ранее на основании проведенного линеаментного анализа на закарстованных территориях Пермского края, включающих участки распространения сульфатных (г. Кунгур, пгт. Полазна) и карбонатных (Кизеловская антиклиналь, Уфимское плато) пород отмечено, что карстовые формы как поверхностные, так и подземные, тяготеют к осевым зонам линеаментов, отличающихся повышенной трещиноватостью и проницаемостью карстового массива – закарстованность массива сокращается по мере удаления от линеаментов. Кроме того, автор, опираясь на корреляционные зависимости между блочностью, рассчитанной путем осреднения площадей блоков, ограниченных линеаментами, в пределах расчетной площади и количеством карстовых форм, доказывает, что минимальные плотности карстовых форм тяготеют к так называемым «целиковым» зонам карстующихся пород, характеризующимся пониженным фоном трещиноватости [5-7].

Согласно данным региональной изученности Республики Марий Эл в геологическом разрезе исследуемой территории принимают участие архейские и нижнепротерозойские сильно дислоцированные породы кристаллического фундамента, верхнепротерозойские метаморфизованные образования, терригенно-карбонатные отложения палеозойского возраста и перекрывающие их кайнозойские образования. Для инженерно-геологической оценки карстовых процессов целесообразно дать характеристику геологического разреза карстующихся пород нижней и средней перми, терригенных образований неогена и перекрывающих их четвертичных отложений.

Пермские отложения на рассматриваемой территории распространены достаточно широко, слагая дочетвертичную поверхность. Пермская система здесь представлена карбонатными и сульфатно-карбонатными образованиями приуральского и биармийского отделов. Разрез пермской системы характеризуется перерывами в осадконакоплении.

Среди нижнепермских образований широко распространены породы ассельского и сакмарского ярусов. Отложения ассельского яруса (P_{1as}) развиты повсеместно и залегают согласно на карбонатных образованиях гжельского яруса карбона, представлены толщей доломитов и известняков, в значительной степени доломитизированных, иногда с гнездами и прослоями гипса, с линзами кремня. Глубина залегания кровли ассельского яруса колеблется в широких пределах от 140 до 270 м.

Отложения сакмарского яруса (P_{1s}) на рассматриваемой территории согласно залегают на образованиях ассельского яруса. Ярус сложен породами тастубского и стерлитамакского горизонтов, граница между которыми условна. Тастубский горизонт, полная мощность которого составляет 50-60 м, складывается преимущественно ангидритами и гипсами, но в нижней части разреза, мощностью

до 20-30 м, сложена в основном доломитами, реже доломитизированными известняками с гнездами и прослоями, мощностью до 2 м, гипса, реже ангидрита. Выше по разрезу карбонатные породы сменяются гипсо-ангидритовой толщей, мощностью 40-70 м, с включениями глин и прослоями доломита, мощностью до 2-3 м. В местах, где описываемая толща трещиновата и закарстована, что обычно бывает в ее верхней части, гипс занимает господствующее положение. Слой разнокристаллического гипса, мощностью от долей метра до 10-15 м, в кровле толщи прослеживается почти повсеместно. В целом по разрезу, за исключением его верхней части, и гипсы, и ангидриты плотные, крепкие. Верхняя же часть сакмарских отложений, мощностью от нескольких метров до 10-15 м, повсеместно размыта и разрушена в результате эрозионно-карстовых процессов.

Отложения биармийского отдела пермской системы представлены казанским ярусом, развитым повсеместно в пределах рассматриваемого участка, и уржумским ярусом, развитым к северо-востоку от озера. Отложения казанского яруса (P_2kz) представлены, в основном, доломитизированными известняками и доломитами, нередко окремненными и загипсованными, с прослоями мергелей, глин, песчаников и алевролитов, в верхней части разреза сильновыветрелыми, разрушенными до состояния муки. Прослой карбонатной муки мощностью, как правило, до 5 м прослеживаются на различных глубинах от 0,5 до 30 м. Сильнотрещиноваты и разрушены казанские породы на повышенных участках доказанского рельефа и менее трещиноваты в его понижениях. Незначительной трещиноватостью отличаются также загипсованные разности карбонатных пород. Глубина залегания кровли казанских пород варьирует в пределах от 15 до 40 м. Вскрытая общая мощность казанских образований составляет 80 м.

Красноцветные отложения уржумского яруса биармийского отдела пермской системы (P_2ur) на рассматриваемой территории преимущественно размыты и отмечаются на весьма ограниченных по площади участках (северо-восточнее участка исследования) и представлены мергелями пестроцветными плотными глинистыми и глинами с прослоями алевролитов и песчаников.

На участках, отсутствия уржумского водоупора развит элювий казанского яруса, представленный известняками светло-серыми малопрочными кавернозными средней степени выветрелости; глинами серыми твердыми известковистыми, с редкими включениями щебня мергеля, в подошве загипсованными, с прослоями гипса (1-3 см); песчаниками коричневато-бурыми мелкозернистым низкой прочности средневыветрелым и сильновыветрелым до состояния песка, с прослоями глин. Кровля элювия сложена карбонатно-глинистой мукой и щебнем карбонатных пород с песчано-глинистым заполнителем, залегающими на глубине от 18,8 до 22,0 м. Вскрытая мощность элювиальных образований изменяется от 52,9 м до 56,2 м.

Неогеновые отложения (N) приурочены к эрозионному врезу древней речной долины Палео-Волги и представлены породами русловой фации плиоценового возраста – разнотернистыми песками с прослоями глин, с гравием и галькой в основании разреза. Неогеновые пески часто характеризуются включениями и

примазками карбонатных солей. Мощность отложений варьирует в широких пределах и в зонах максимальных переуглублений достигает 140 м.

Повсеместно коренные образования палеозоя и неогена перекрываются отложениями четвертичной системы. Геоморфологическое строение территории определяет генетический тип четвертичных отложений, распространенных в пределах исследуемой территории и перекрывающих элювиальные пермские образования. Практически повсеместно развиты среднечетвертичные аллювиально-флювиогляциальные образования (afQII), представленные песками мелкими и средней крупности, слагающими вторую надпойменную террасу р. Илеть. На спланированных участках аллювиально-флювиогляциальные образования перекрыты техногенными песчаными грунтами. Мощность четвертичных отложений здесь не превышает 22-40 м.

Гидрогеологические условия. Согласно данным региональной изученности Республики Марий Эл в гидрогеологическом отношении район работ приурочен к южной части Вятско-Марийского гидрогеологического района, выделяемого в пределах Волго-Камского артезианского бассейна. Для данного гидрогеологического района характерной особенностью является почти повсеместное распространение гипсо-ангидритовой толщи нижней перми, выполняющей роль регионального водоупора и представляющей собой нижнюю границу зоны активного водообмена. К зоне активного водообмена приурочены воды четвертичных, неогеновых и среднепермских образований.

Оценка закарстованности массива

Поверхностная закарстованность территории оценена по результатам дешифрирования космоснимков, анализа топографических карт масштаба 1:25 000, статических космоснимков земли Google, Yandex, Bing Maps и Bird's Eye, а также космоснимков портала Kosmosnimki. net масштаба 1:5 000-1:20 000, полученных в реальном времени, а также за разные года, что снижает вероятность ошибки при дешифрировании, а также с учетом фондовых материалов и результатов полевого карстологического рекогносцировочного обследования.

Согласно монографии «Озера. . . , 1976» озерные котловины, широко развитые вблизи участка работ, обязаны своим происхождением особенностям геолого-геоморфологического строения территории. На возвышенности Вятского Увала, где близко к поверхности залегают растворимые породы пермской системы, развиты карстовые формы рельефа, которые становятся в большинстве своем котловинами озер. Вблизи участка работ преобладают озера с котловинами карстового и суффозионно-карстового происхождения [10].

К ближайшим карстово-провальным относятся котловины озер Яльчик и Глухое, расположенные в 0,1 км и 2,1 км западнее и северо-восточнее участка работ, соответственно. Озеро Глухое (длиной 1,9 км) состоит из 3 впадин с наибольшей глубиной 26 м в центральной впадине.

Большинство озер Марийского Полесья находятся в стадии зрелости или угасания, происходит заболачивание берегов озер, идущее двумя путями: наступлением берегов на озеро болотной растительностью или заторфовыванием берегов со дна. Согласно монографии «Озера. . . , 1976» за период в 80 лет, с 1870

по 1950 гг., озера Марийской АССР в основном уменьшились в своих размерах, в том числе и озеро Глухое. Ширина озера Глухое за период с 1870 по 1950 гг. уменьшилась с 0,9 км до 0,2 км, что соответствует ширине озера в настоящее время [10].

Озеро Яльчик характеризуется сложной лопастной формой в плане, образованной в результате взаимного пересечения двух полос провальных впадин протяженностью 1,6 и 1,2 км. Озерная котловина состоит из многочисленных слившихся карстовых воронок. Наибольшая глубина была зафиксирована в восточной части озера (39 м), где казанские известняки выходят на дневную поверхность в северном крутом борту. Дно озера осложнено множеством конусообразных поноров. Глубина в центральной части озера колеблется от 15 до 23 м. Берега озера окаймляет пояс карстовых воронок, заполнившихся водой и превратившихся в заливы с затопленным сосновым лесом. С северо-востока и востока в озеро впадают два ручья [10].

На данный момент оз. Яльчик – самое большое озеро в Республике Марий Эл с вероятной тенденцией его дальнейшего увеличения за счет развития карстовых процессов на берегах озера. Берега озера характеризуются циркообразными изгибами, отражающими молодые по возрасту провалы. Однако, анализ космоснимков земли для оценки изменения площади зеркала озера Яльчик показал, что поверхность зеркала за последние 10 лет (с июня 2011 г. по настоящее время) изменилась незначительно. Причем изменения контура уреза воды в озере, по большей части, могут быть обусловлены годовыми колебаниями уровня воды в озере. Новых циркообразных изгибов, связанных с формированием свежих карстовых провалов за последние 10 лет (рис. 2), не наблюдается. По опросам местных жителей, с 1966 г. на территории санатория, расположенного на северо-восточном побережье, карстовые провалы не были зафиксированы.

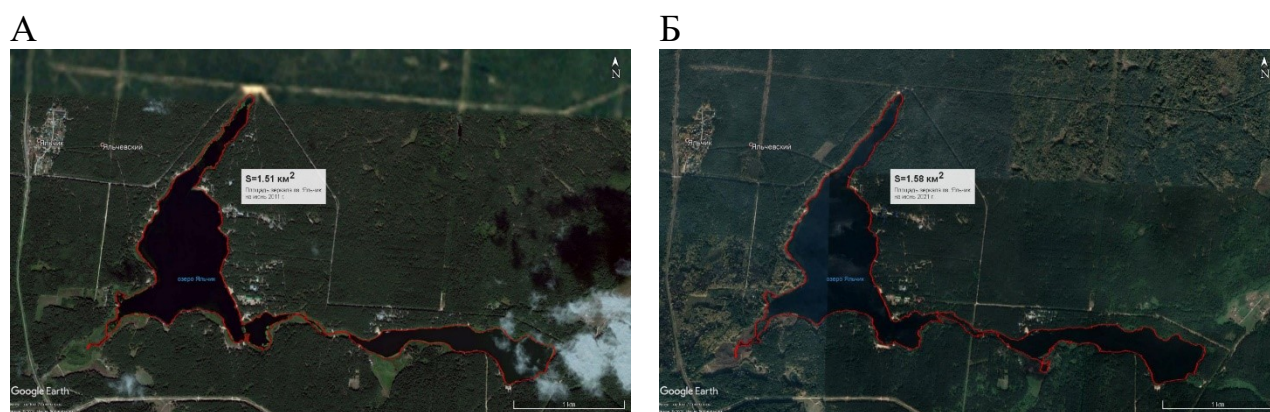


Рисунок 2. Контур зеркала озера Яльчик и его площадь на июнь 2011 г. (А) и июнь 2021 г. (Б)

Таким образом, всего на площади 24,8 км² (в буфере 2,5 км от границ участка изысканий) было зафиксировано 109 поверхностных карстопоявлений, представленных карстово-суффозионными воронками, понижениями и озерными котловинами. Из выделенных карстово-суффозионных форм 56 классифицированы как воронки, 38 – понижения и 15 – озера.

Возраст выделенных воронок (55 шт.) определен, как древний, одна воронка является молодой. Диаметры воронок варьируют от 6,0 до 115,0 м, в среднем составляют 30,9 м; глубина – от 0,5 до 12,0 м (среднее значение – 4,1 м). Большинство зафиксированных воронок (38 шт.) округлой формы в плане, 14 воронок – эллипсовидной и 4 – сложной. В профиле 26 воронок имеют чашеобразную форму, 18 шт. – блюдцеобразную и 12 шт. – конусообразную.

Понижения преимущественно древние (32 шт.), 6 понижений классифицируются как молодые. Морфометрические показатели следующие: диаметр – от 4,0 до 178,5 м (среднее значение 71,9 м), глубина – от 0,2 до 4,0 м (среднее значение 1,4 м). В плане 19 понижений имеют эллипсовидную форму, 9 – округлую и 10 – сложную. В профиле большинство понижений (36 шт.) имеют блюдцеобразную форму, две формы – чашеобразную.

Карстовые озера все древние. Диаметр озер варьирует от 24,0 до 2410,0 м, в среднем составляет 290,6 м. Ввиду того, что все озера заполнены водой, глубину карстовых озер в ходе рекогносцировочного обследования определить не удалось. В плане 5 озер имеют округлую форму, 6 – эллипсовидную и 4 озера – сложную. В профиле 10 озер имеют блюдцеобразную форму, 5 озер – чашеобразную.

Практически все зафиксированные карстово-суффозионные формы задернованы, поросли травянистой растительностью, часто по их бортам произрастают кустарники и деревья. Крупные формы поросли смешанным лесом возрастом более 50 лет. Дно местами заболочено или заполнено водой. Обнажений коренных карстующихся пород по откосам и бортам понижений, воронок и карстовых озер не встречено.

В настоящее время установлено, что в общем случае диаметры карстово-суффозионных провалов подчиняются логарифмически нормальному закону распределения [13]. Наличие логнормального характера распределения свойственно не только для диаметров поверхностных карстовых форм, но и для их глубин [3].

Данными для построения графиков распределения карстово-суффозионных форм по величине их диаметров и глубин, послужили зарегистрированные карстовые формы, полученные в результате рекогносцировочного обследования исследуемой территории. На рис. 3 отображено распределение по величине средних диаметров и глубин относительно всех выявленных карстово-суффозионных форм.

Характеристика распределения по значениям среднего диаметра и глубины карстово-суффозионных форм приведена в таблице 1. Стоит заметить, что в случае выбора логнормального распределения, среднее значение (\bar{x}) и среднеквадратичное отклонение (σ) используются в логарифмированном виде.

Таблица 1. Параметры логнормального распределения по значениям среднего диаметра и глубине древних карстово-суффозионных форм

| Распределение карстово-суффозионных форм | Логарифмически нормальное распределение | |
|--|---|--------------------------------|
| | Среднее значение (\bar{x}) | Среднекв. отклон. (σ) |
| По диаметру, м | 1,8 | 3,5 |
| По глубине, м | 0,7 | 0,9 |

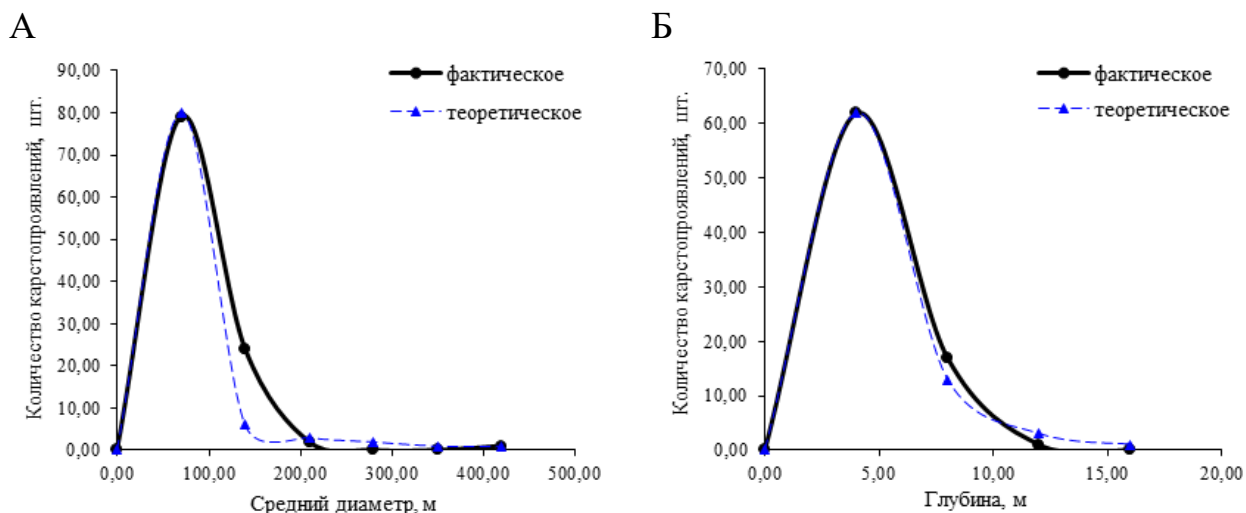


Рисунок 3. Распределение древних карстово-суффозионных форм по среднему диаметру (А) и глубине (Б)

Подземная закарстованность. Первый от поверхности горизонт карстующихся пород залегает под толщей песчаных четвертичных и элювиальных пермских отложений на глубине от 48,4 до 62,1 м. Карбонатная карстующаяся толща сложена известняками светло-серыми малопрочными, средней плотности, трещиноватыми, средневыветрелыми, неразмываемыми. Мощность известняка, вскрытого по данным карстологического бурения на восточном берегу, варьирует от 3,5 до 17,1 м. В ходе бурения карстологических скважин провалов бурового инструмента не выявлено, тем не менее, необходимо отметить, что на всю пройденную глубину карстующиеся породы находятся в разуплотненном состоянии (малопрочные, сильнотрещиноватые, сильновыветрелые). Данные разуплотненные участки представляют собой зоны дробления – участки карстового массива, в пределах которых материнские карстующиеся образования находятся в сильноразрушенном состоянии. Это участки рухлякового сложения пород, сильнотрещиноватые и сильновыветрелые зоны в разрезе скважин.

В двух скважинах на глубине 56,5-57,4 м, в толще известняков вскрыт прослой песков (мощностью 4,6-5,1 м), являющийся, вероятно, заполненной полостью. По состоянию и физико-механическим свойствам пески в толще известняков схожи с песками перекрывающей толщи, что свидетельствует о суффозионном выносе грунтов поверхностной толщи в трещинно-полостное пространство в карбонатных породах.

По данным карстологического бурения на восточном берегу вскрыто 12 зон дробления – участков карстующихся пород, разрушенных до рухлякового состояния бессистемными трещинами различной ориентации. Все зафиксированные зоны дробления приурочены к пермским известнякам. Зоны дробления развиты в интервале глубин от 48,4 до 67,3 м. Их мощность варьирует от 3,5 до 17,1 м при среднем значении 9,4 м.

В кровле пермских отложений, на контакте с четвертичными образованиями, в интервале глубин от 18,8 до 31,6 м, вскрыты сильновыветрелые элювиальные образования, представленные песками гравелистыми (песчаники сильновывет-

релье), карбонатно-глинистой мукой и щебенистым грунтом карбонатных пород. Мощность сильновыветрелой зоны варьирует в пределах от 3,0 до 11,2 м.

Непосредственно формирование карстовой котловины озера Яльчик, вероятно, связано с карстовыми процессами в толще сакмарских сульфатных отложений, верхняя часть разреза которых повсеместно размывта и разрушена в результате эрозионно-карстовых процессов. Здесь на контакте сульфатных и карбонатных пород могли формироваться крупные полости, превышающие в диаметре первые десятки метров. По аналогии с другими изученными объектами и по архивным данным бурения карстологических скважин мощность подзоны пермских карстующихся пород оценивается в среднем в 200-300 м. Непосредственно зона активного развития карста или толща, в которой возможно формирование полостей, способных в дальнейшем проявиться на дневной поверхности в виде провалов и оседаний, в районе работ достаточно четко ограничивается толщей сакмарских плотных, крепких, прочных, слаботрещиноватых монолитных ангидритов, развитых на глубинах 150-170 м, в районе палеодолины р. Волги – на глубинах 200-210 м. Мощность зоны активного развития карста варьирует от 5-15 до 20-50 м и не превышает в районе исследования 89 м.

Карстологическое районирование изучаемого участка

При районировании территории главенствующее значение отведено структурно-тектоническим условиям: в пределах тектонических структур (*районов*), выделены *подрайоны* с разным геоморфологическим строением. Выделенные подрайоны дополнительно расчленены на *участки* по границе резкой смены геолого-гидрогеологических условий.

В результате районирования в буфере 2,5 км от границ участка изысканий выделено 3 участка, характеризующихся общностью структурно-тектонического, геоморфологического и геолого-гидрогеологического строения (рис. 4). В их пределах условия развития карста могут характеризоваться квази-однородностью.

Участок 1 выделен в северо-восточной части исследуемой территории, на склоне, ориентированном в сторону озера Яльчик. Здесь карстующиеся породы залегают под толщей песчаных четвертичных образований на глубине до 50 м. Уклон поверхности рельефа, при наличии других благоприятных факторов, способствует здесь формированию поверхностных карстовых форм за счет увеличения градиента фильтрации и скорости потока подземных вод.

Участок 2 выделен на северном, северо-восточном и восточном берегах озера Яльчик. Уклон поверхности рельефа в пределах карстового участка незначительный. Здесь карстующиеся казанские известняки залегают под песчаными образованиями четвертичной системы, а также дисперсными и скальными образованиями пермской системы, на глубине до 50 м. Геологическим разрезом такого рода может быть обусловлена кольматация трещинно-полостного пространства песчаным материалом, что препятствует формированию весьма крупных незаполненных карстовых полостей, какие часто формируются на контакте глинистого водоупора и подстилающих его растворимых пород.

Участок 3 выделен на южном и западном берегах озера Яльчик, в пределах эрозионного вреза древней речной долины Палео-Волги. Карстующиеся породы залегают под мощной толщей песчаных образований четвертичной и неоге-

новой систем, в переуглубленных частях палеодолины мощность покровов может достигать 175 м.

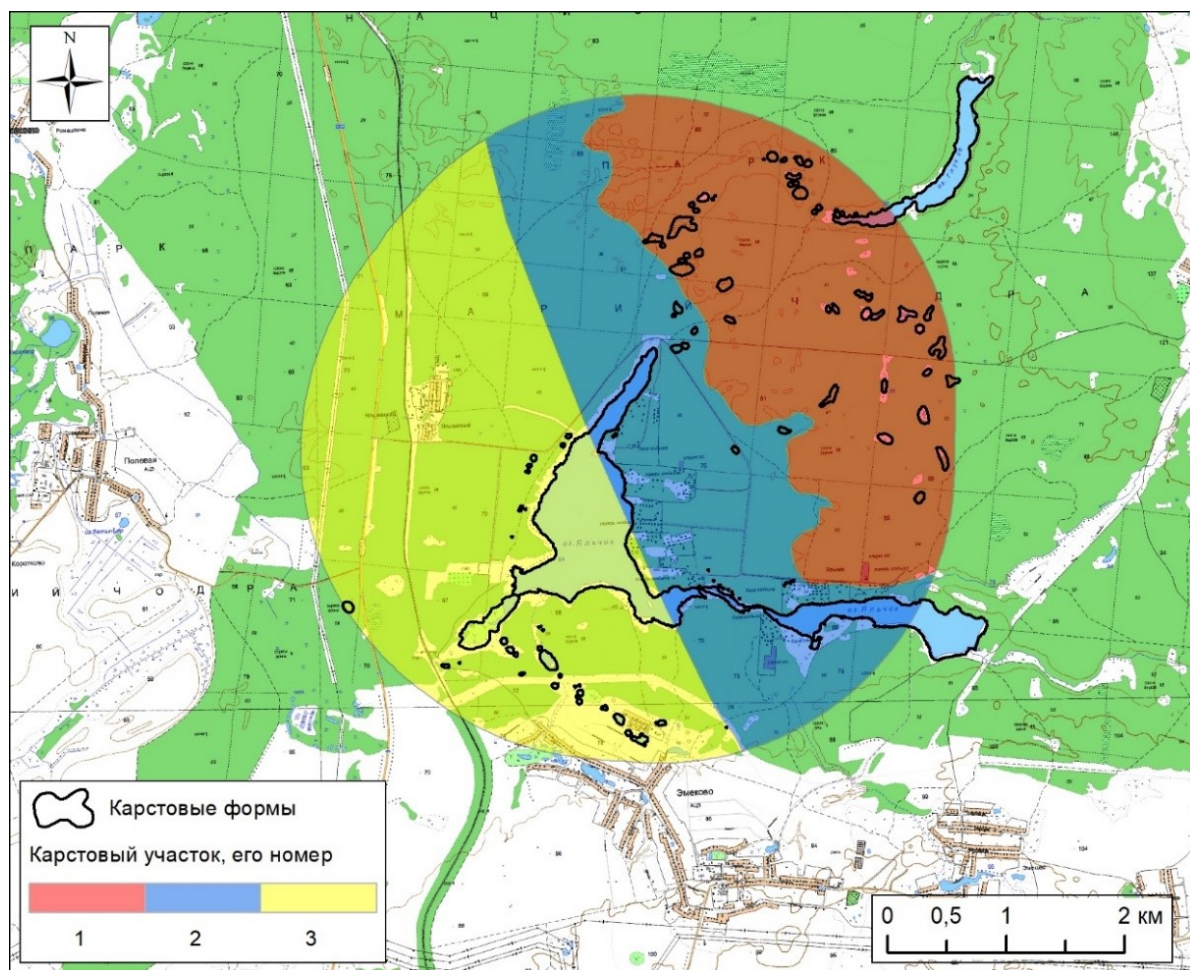


Рисунок 4. Карстологическое районировании исследуемой территории

Статистическая характеристика по характеру поверхностной закарстованности в рамках выделенных участков приведена в таблице 2.

Таблица 2. Показатели поверхностной закарстованности и морфометрии разновозрастных форм, развитых на выделенных карстовых участках.

| Участок | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------|-------|------|-------|
| Площадь, км ² | 7,23 | 7,04 | 10,51 |
| Количество, шт. | 46 | 23 | 38 |
| Средний диаметр d, м | | | |
| - минимальный | 7,0 | 6,0 | 4,0 |
| - максимальный | 178,5 | 80,0 | 391,0 |
| - средний | 70,9 | 24,5 | 45,7 |
| Глубина h, м | | | |
| - минимальная | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| - максимальная | 8,0 | 12,0 | 5,0 |
| - средняя | 3,8 | 3,8 | 1,9 |
| Глубинность h/d, д. е. | | | |

| Участок | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------------|---------|----------------------|----------------------|
| - минимальная | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| - максимальная | 0,57 | 0,71 | 0,36 |
| - средняя | 0,10 | 0,31 | 0,10 |
| Площадь S, м ² | | | |
| - минимальная | 38,5 | 28,3 | 12,6 |
| - максимальная | 18149,2 | 4710,0 | 92560,9 |
| - средняя | 4473,2 | 835,5 | 4085,6 |
| Объем V, м ³ | | | |
| - минимальный | 76,9 | 30,8 | 1,3 |
| - максимальный | 41526,5 | 28260,0 | 15673,7 |
| - средний | 6962,3 | 1884,2 | 1228,3 |
| Плотность ρ, шт. /км ² | 6,36 | 3,27 | 3,62 |
| Категория опасности | опасная | потенциально опасная | потенциально опасная |

Примечание: * – при статистической характеристике карстовых участков не учитывались морфометрические параметры озер Глухое и Яльчик

Выводы

1. В результате проведенного исследования детально изучен карстовый массив восточного побережья озера Яльчик, проведена оценка поверхностной и подземной закарстованности территории. Процесс растворения здесь связан с карбонатными и сульфатными породами пермской системы. В качестве проявлений данного процесса следует выделить: воронки, понижения, карстовые полости, зоны дробления. Кроме того, вероятно провальное формирование котловины озера Яльчик. Последующие изменения ее контура также могут быть связаны с карстовым процессом, о чем свидетельствует фестончатая форма некоторых участков его береговой линии.

2. На основе детального анализа, основанного на идее системного подхода к изучению карстового процесса, проведено карстологическое районирование и дана предварительная оценка карстовой опасности выделенных участков.

Библиографический список

1. Андрейчук В. Н. Карст как геоэкологический фактор. Сосновец-Симферополь, 2007. 137 с.
2. Бондарик Г. К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М. : Недра, 1981. 256 с.
3. Горбунова К. А. Гидрогеологическая классификация карстовых озер // Карст Урала и Приуралья: мат-лы Всеурал. совещания. Пермь, 1968. С. 60-65.
4. Дублянская Г. Н., Дублянский В. Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление. Пермь, 1998. 204 с.
5. Золотарев Д. Р. Результаты линеаментного анализа на закарстованных территориях Пермского края // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7233>.
6. Золотарев Д. Р., В. Н. Катаев. Воздействие линеаментной тектоники на развитие карстовых процессов на локальном уровне // ГЕОРИСК, № 1, 2013. С. 34-43.

7. Золотарев Д. Р., Катаев В. Н., Щербаков С. В. Соотношение закарстованности и линейных элементов в пределах Полазненского локального поднятия // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы юбил. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию геол. фак-та и 95-летию Перм. ун-та / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. –Пермь, 2011. – С. 153-155.
8. Катаев В. Н. Основы создания системы мониторинга закарстованных территорий (на примере Пермского края) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2013, № 1, с. 25–41.
9. Кунгурская ледяная пещера: опыт режимных наблюдений / Под. ред. д. г. -м. н. В. Н. Дублянского. Екатеринбург, 2005. 376 с.
10. Озера Среднего Поволжья / Отв. ред. И. Н. Сорокин, Р. С. Петрова. Л. : Наука., 1976. 236 с.
11. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / Под ред. акад. Сергеева Е. М. М. : Недра, 1985. 332 с.
12. Толмачев В. В., Карпов Е. Г. Оценка степени устойчивости строительных площадок на закарстованных территориях // Тезисы докладов всесоюзного совещания «Карст Нечерноземья». Пермь, 1980. С. 81-83.
13. Толмачев В. В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. М. : Недра, 1990. 151 с.

КАРСТОПРОЯВЛЕНИЯ БЕРЕГА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА РАЙОНА Д. КРИВОЕ ДОБРЯНСКОГО РАЙОНА

Статья посвящена карстовым явлениям берега Камского водохранилища в акватории реки Чусовой Добрянского района Пермского края. Участок представляет собой высокий эрозионный берег. В карстологическом отношении территория приурочена к Полазненскому карстовому району преимущественно сульфатного и карбонатно-сульфатного карста. После создания водохранилища здесь активно происходят процессы разрушения берегов и активизации карстовых процессов. Описано геологическое строение исследуемого участка, которое характеризуется уникальным разнообразием разновидностей гипса (белого, розового, серого, с различной текстурой и структурой). Дана характеристика поверхностных и подземных картопроявлений. На берегу реки Чусовой зафиксирован грот, приведено его описание. Наличие в разрушенном материале у подножья склона обломков нетечных арагонитовых форм дает основание предположить существование в этом месте в недавнем прошлом крупных полостей, а может быть и пещер.

Ключевые слова: карст, карстовые формы, гипс, Полазненский карстовый район, карбонатно-сульфатный карст.

V. N. Brukhov , T.G. Kovaleva

Perm State Universit, vittter@inbox.ru

Perm State Universit, kovalevatg@mail.ru

KARST FORMS OF THE COAST OF THE KAMA RESERVOIR OF THE D. KRIVOE DOBRYANSKY DISTRICT

The article is devoted to karst forms of the bank of the Kama reservoir in the water area of the Chusova River of the Dobryansky District of the Perm Region. The site is a high erosion coast. In karstological terms, the territory is confined to the Polaznensky karst region mainly sulfate and carbonate-sulfate karst. After the creation of the reservoir, processes of coastal destruction and activation of karst processes are actively taking place here. The geological structure of the study site is described, which is characterized by a unique variety of varieties of gypsum (white, pink, gray, with different texture and structure). The characteristics of surface and underground cartographic phenomena are given. On the banks of the Chusovaya River, a grotto is recorded, its description is given. The presence in the destroyed material at the foot of the slope of fragments of inaccurate aragonite forms suggests the existence of large cavities in this place in the recent past, or maybe caves.

Keywords: karst, karst forms, gypsum, Polaznensky karst district, carbonate-sulfate karst

Создание Камского водохранилища значительно изменило инженерно-геологические условия прибрежных участков рек Камы и Чусовой. В следствие смены гидрологических и гидрогеологических условий активизировались экзо-

генные геологические процессы такие, как переработка берегов с оползневыми и абразионными явлениями, а также карст.

Исследуемый участок в административном отношении расположен в Добрянском районе Пермского края, в окрестностях д. Кривое, бывшей нежилой д. Ивановка, урочища Воронья гора, где в настоящее время вблизи высокой береговой линии располагаются садовые участки (рисунок 1). В тектоническом отношении участок приурочен к территории Пермского свода, Косьвинско-Чусовской седловине [2].

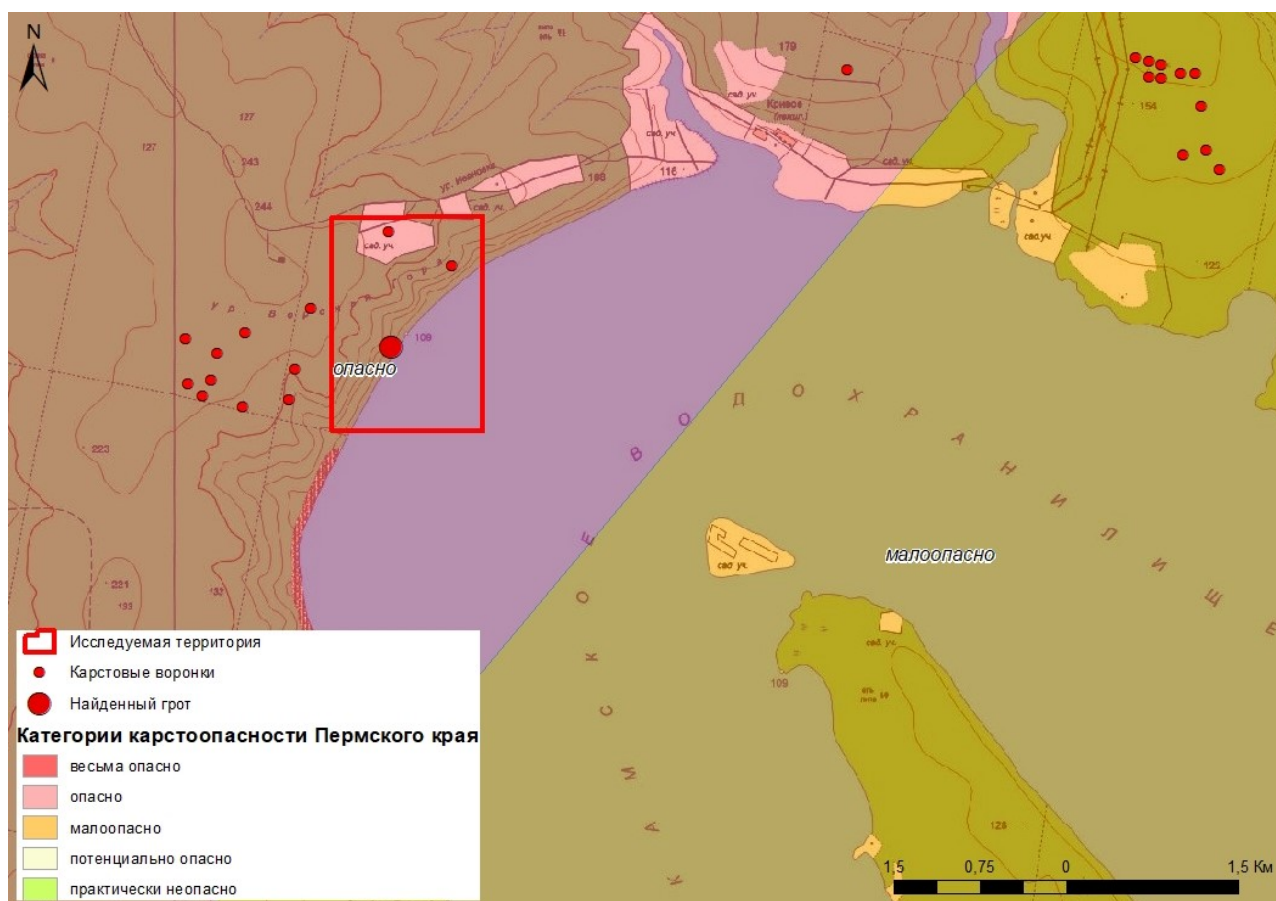


Рисунок 1. Местоположение исследуемого участка и карстологическая ситуация

Берег высокий, эрозионный, перепад высот составляет 15-25 м. Исследуемый участок в карстологическом отношении входит в Полазненский карстовый район [1, 2], где зона активного водообмена и карстообразования сложена породами иренского горизонта кунгурского яруса (P_{1k}) приуральского отдела пермской системы. Иренский горизонт слагают чередующиеся сульфатные и карбонатные пачки. Иренские отложения перекрыты терригенно-карбонатными породами шешминского горизонта уфимского яруса (P_{1u}) нижней перми. Коренные породы перекрыты маломощными четвертичными отложениями преимущественно глинистого состава.

В эрозионном берегу фиксируются выходы карбонатных, карбонатно-глинистых и сульфатных пород. Литологические границы между ними невыдержанные, часто размытые. В верхней части разреза преобладают карбонаты, представлены известняками светлыми, светло-серыми массивными микрозер-

нистыми, встречается также известняк-ракушечник. Карбонатно-глинистые породы представлены мергелями темно-серыми тонкоплитчатыми средней крепости. Мергели залегают в виде линз и прослоев мощностью до 4-5 м невыдержанных по простиранию. Наиболее широко и разнообразно развиты сульфатные породы, представленные несколькими разновидностями гипса. Преобладает мелкозернистый гипс с включениями и прослойками глинистого материала с растворенной поверхностью (рисунок 2). Залегает он в виде мощных слоев и линз с частыми пятнами и прослоями светло-серого глинистого материала. Выделяется по всей высоте видимого разреза. Ближе к урезу воды встречается ангидрит голубовато-серого цвета с зернистой и с кристаллической структурой (рисунок 3). Реже встречаются гипсы розовые, сахаровидные и светло-серые с включениями ангидрита (рисунки 4, 5, 6). Розовый мелкозернистый гипс локализуется в виде отдельных образцов-конкреций в массе темно-серых мергелистых глин. Различные оттенки гипс приобретает за счет включения разных примесей в своем составе.



Рисунок 2. Гипс мелкозернистый с включениями глинистого материала с растворенной поверхностью

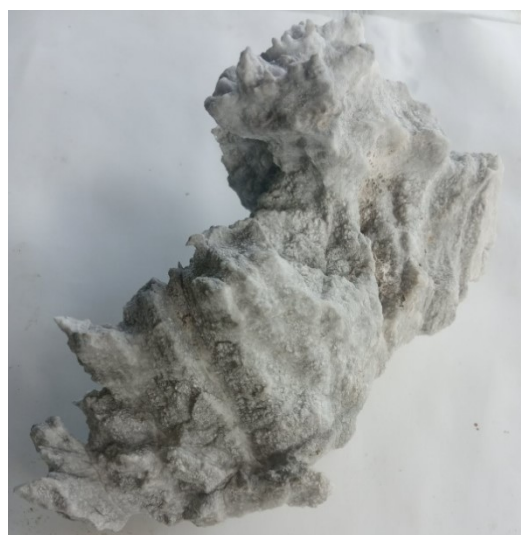


Рисунок 3. Голубовато-серый зернистый ангидрит



Рисунок 4. Розовый гипс



Рисунок 5. Гипс с реликтами плотного агидрита



Рисунок 6. Сахаровидный плотный гипс с неразличимой невооруженным глазом зернистостью

В гидрогеологическом отношении развито два водоносных горизонта: грунтовый и трещинно-карстовый. Грунтовые воды на высоком склоне в паводковый период поднимаются до глубины 1-2 м, меженный уровень располагается на глубине 3-4 м. На берегу р. Чусовой видны выходы трещинно-карстовых вод, в виде нисходящих маловодообильных источников (водообильность отмечается по крупным трещинам). Трещинно-карстовые воды солоноватые очень жесткие, сульфатно-кальциевые, дают значительный известковый осадок.

В соответствии с картой карстоопасности Российской Федерации участок относится к весьма опасной категории, с картой карстоопасности Пермского края – опасной (рисунок 1). [3, 4].

С созданием Камского водохранилища значительная часть сульфатных карстующихся пород, слагающих высокий берег реки Чусовой, оказалась под водой. Под воздействием агрессивных речных вод, волновой деятельности в карбонатно-сульфатном массиве активно протекают суффозионно-карстовые процессы, происходят обвалы и разрушение склонов. В связи с тем, что сульфатный карст развивается достаточно быстро, в прибрежных областях образуются карстовые ниши, которые под воздействием колебания уровня водохранилища быстро увеличиваются в размерах, а своды их обрушаются. Карстовые формы на таких участках отличаются многообразием.

Из поверхностных карстовых форм в окрестностях широко развиты воронки. Крупная воронка, диаметром порядка 50 м расположена у бровки склона, в ее стенках хорошо видны выходы карстующихся коренных пород. Воронка, вероятно, провальная, образованная за счет обрушения свода крупной карстовой полости. Выше по склону, вблизи садоводческих участков встречаются также достаточно крупные воронки (диаметрами 50-100 м и более, глубиной 5-10 м), часть из них заполнена водой. Зафиксирована также воронка, возникшая на садовом участке, после образования она заполнилась водой и сейчас представляет собой небольшое карстовое озеро, размеры ее в плане 9×6 м.

Ближайшей известной карстовой пещерой к исследуемому участку является пещера Малая Дивья, расположенная примерно в 8 км северо-восточнее, выше по течению реки Чусовой. При визуальном осмотре берега был обнаружен грот, расположенный на уровне 2-3 м выше уреза реки и представляющий собой полость шириной ориентировочно 4 м и высотой 2,5 м, вход в грот в ширину составляет порядка 2 м, высота 0,7 м (рисунок 7). На дне грота виден обломочный материал. Грот образован в массивных светло-серых гипсах с включениями и прожилками глинистого материала. Гипсы сильно трещиноватые, местами выветрелые до порошкообразного состояния. Косвенным признаком наличия в недавнем прошлом на исследуемой территории крупных полостей (а возможно, и пещеры) являются натечные формы минерала арагонита, найденные на берегу (рис. 8, 9).



Рисунок 7. Грот на высоком коренном берегу реки Чусовой



Рисунок 8. Натечная форма арагонита. По всей видимости, кусок, отколовшийся со сводовой части полости или пещеры



Рисунок 9. «Корочка» натечного арагонита на известняке, образовавшегося в полости и вынесенного на дневную поверхность в результате размыва склона береговой линии

Библиографический список

1. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992. 200 с.
2. Максимович Н. Г., Кадебская О. И., Мещерякова О. Ю. Сульфатный карст Пермского края: монография. Пермь, 2021. 302 с.
3. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия. Пермь, 2006. 464 с.
4. СП 116. 13330. 2012 (актуализированная редакция СНиП 22-02-2003). Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. М., 2013.

ТЕХНОГЕННАЯ АКТИВИЗАЦИЯ КАРСТА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Карстологические исследования на территории Пермского края, несмотря на длительное время исследования, проводятся недостаточно в недостаточно полном объеме. В основном это сводится к исследованиям при производстве геологической и гидрогеологической съемки, строительстве крупных гражданских и промышленных объектов, а также при поиске, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Практически во всех районах отсутствует мониторинг интенсивности карстовых процессов, что влияет на правильность их оценки и принятие решений по противокарстовой защите. Особенно это актуально на территориях подверженных интенсивным техногенным нагрузкам, где интенсивность карстовых процессов в разы больше, чем в природных условиях.

Ключевые слова: Пермский край, карстовые районы, мониторинг, магистральные газопроводы.

Yu. A. Kilin, I. I. Minkevich
Perm State National Research University, iks-org@mail.ru

TECHNOGENIC KARST ACTIVATION OF KARST ON MAIN GAS PIPELINES IN PERM KRAI

Karstological research on the Perm Krai territory, despite of the long time of research, is not carried out in full enough. Basically, this comes down to research in the production of geological and hydrogeological surveys, the construction of large civil and industrial buildings, and also in the search, exploration and operation of mineral deposits. Almost in all areas there is no monitoring of the intensity of karst processes, which affects on the correctness of their assessment and decision-making on anti-karst protection. This is especially relevant in areas, which are subjected to intense technogenic loads, where the intensity of karst processes is in several times greater than in natural conditions.

Key words: Perm Krai, karst areas, monitoring, main gas pipelines.

В 80-х годах прошлого столетия на территории края были построены магистральные газопроводы, пересекающие карстовые районы. Магистральные газопроводы, идущие в центральную часть России и за границу, проложены в сложных природных условиях по территории Пермского края, они пересекают массивы карстующихся пород на протяжении 600 км. Эти породы представлены известняками, доломитами, гипсами, ангидритами, толщами каменной и калийной солей (рис. 1). Районы карбонатного карста: Чусовской, Кизеловский, Уфимского вала; гипсового и карбонатно-гипсового карста: Кишертский, Полазненский, Иренский, Нижне-Сылвенский; соляного карста: Соликамский.

труб газопровода в условиях техногенеза создают условия для аварийных ситуаций. Аварийные ситуации были зафиксированы на участках сульфатного карста в Добрянском, Кишертском, Березовском, Ординском районах.

Техногенез на участках магистральных газопроводов происходит по причинам: а) разрыхления горных пород в верхней части зоны аэрации в процессе проходки траншей под трубопроводы и их засыпки крупнообломочным материалом после укладки труб, траншеи при этом сами превращаются в водосборные канавы и в водоподводящие устройства;

б) высокая температура эксплуатируемых газопроводов (+70) переводит твердые снеговые осадки, выпадающие над газопроводом, в жидкое активное состояние; в зимний период карстовый процесс не только не затухает, а активизируется за счет повышения температуры и за счет превращения его из сезонного весенне-летне-осеннего в круглогодичный; при этом газопроводы превращаются в снеговые ловушки за счет накопления снега в вытаивающих понижениях снегового покрова в условиях поземки; таким образом, общее количество снеговой воды, собираемое через траншеи – водосборные канавы к зонам сосредоточения подземных вод значительно возрастает;

в) наличие большого количества пустотного пространства в виде пластовых залежей в гипсовых массивах создает условия для образования на поверхности и под трассами газопроводов многочисленных суффозионных просадок и провалов при слиянии которых создаются условия для формирования незаметных мульд оседания под трубами (низ трубы расположен на глубине 2,5 м), что может привести к аварийным ситуациям.

ПАО «Газпром» исходя из особых условий эксплуатации магистральных газопроводов в Пермском крае разработал программу ведомственного мониторинга за карстовыми процессами на газопроводах. Мониторинг включает в себя техническую и геологическую часть. Техническая часть – это наблюдение за напряженно-деформируемым состоянием металла труб газопровода, геологическая часть – это маршрутные карстологические исследования, геофизические работы, горно-геологические работы. На базе мониторинга ежегодно разрабатываются мероприятия по защите магистральных газопроводов от карстовых процессов. Периодически в 2-3 года мониторинг проводится на шести карстоопасных участках, ежегодно на участках: Мазуевской депрессии в Кишертском карстовом районе и Ясылском полигоне Иренский карстовый район.

Карстовые провалы на трассах газопроводов происходят даже на участках закрытого карста, так в 2000 году произошел провал на магистральном газопроводе Ямбург-Тула-1 в Полазненском карстовом районе. Здесь карстуются гипсы и известняки иренского горизонта кунгурского яруса ($P_1\text{ ir}$), залегающие на глубине 42,5 м, они перекрыты сверху терригенными отложениями соликамского горизонта ($P_{1u}\text{ sl}$) и элювиально-делювиальными отложениями четвертичного возраста. Провал имел первоначальный диаметр 5,0 м, глубину 14,0 м, в провале обнажилась труба газопровода. Карстовый провал был затампонирован глиной, в основании укреплен старыми автомобильными покрышками.

Особенно опасным для эксплуатации газопроводов является участок трасс у с. Красный Ясыл Ординского района. Он относится к Иренскому району пре-

имущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста [1]. Район характеризуется различными природными условиями и высокой степенью закарстованности, распространением поверхностных форм и подземных карстовых полостей. Исследуемый участок трасс магистральных газопроводов Ужгородского коридора на 1648–1653 км у с. Красный Ясыл располагается в пределах Ясылского карстового поля.

Ясылское карстовое поле имеет площадь 19 км². По дешифрированию аэрофотоснимков, выполненных ОАО «ПермНИПИнефть» в 1998 г., здесь зафиксировано 2 537 воронок, при средней плотности 133 формы на 1 км² (рис. 2). Детальная карстологическая съемка выполнена в 1982 г. ОАО «Верхне-КамТИСИЗ» по проектируемым трассам магистральных газопроводов на площади 2,42 км², было описано 517 карстовых воронок. После строительства шести ниток газопроводов сотрудниками института карстоведения и спелеологии в 1997 г. под руководством Катаева В. Н. в полосе магистральных газопроводов шириной 200 м и протяженностью 5,0 км было зафиксировано 186 новых карстовых воронок. Они распространены неравномерно, приурочены в основном к возвышенной столообразной поверхности водораздела. Характерной особенностью территории является то, что почти во всех воронках имеются выходы коренных пород иренского горизонта кунгурского яруса, представленных буроватым и серовато-белым гипсом. Некоторые воронки заканчиваются понорами [2].

На исследуемой территории преобладают породы пермской системы. Почти повсеместно развиты рыхлые кайнозойские отложения, представленные преимущественно четвертичной системой, перекрывающей более древние образования.

Нижний отдел пермской системы кунгурского яруса ($P_1\text{ kg}$) представлен лунежской пачкой иренского горизонта сложенной беловато и серовато – белым гипсом с включением ангидрита, иногда с прожилками слабоглинистого доломита, туйской пачки ($P_{1\text{tsk}}$) сложенной известняками и доломитами с прослоями глин, ангидрита, гипса; демидковской пачки ($P_{1\text{dm}}$) сложенной голубовато и светло-серыми ангидритами, загрязненными глинистым материалом с прослойками доломита; ниже залегает елkinsкая пачка доломитов. Общая мощность иренского горизонта 133,0-145,0 м (рис. 2).

Нижний отдел пермской системы представлен соликамским горизонтом уфимского яруса ($P_{1u\text{ sl}}$) сложенным пестро-окрашенными алевролитами и песчаниками, мощностью от 0,5 до 11,0 м.

Неоген-четвертичные отложения (N-Q) распространены в зоне выветрелых и закарстованных гипсов. Представлены суглинком со щебнем терригенных пород, дресвой, щебнем и глыбами гипсов мощностью до 15,0 м.

Четвертичная система (Q) представлена элювиально-делювиальными грунтами: глиной мощностью до 8,2 м, суглинком с дресвой и щебнем песчаника мощностью до 10,0 м, супесью мощностью до 1,5 м.

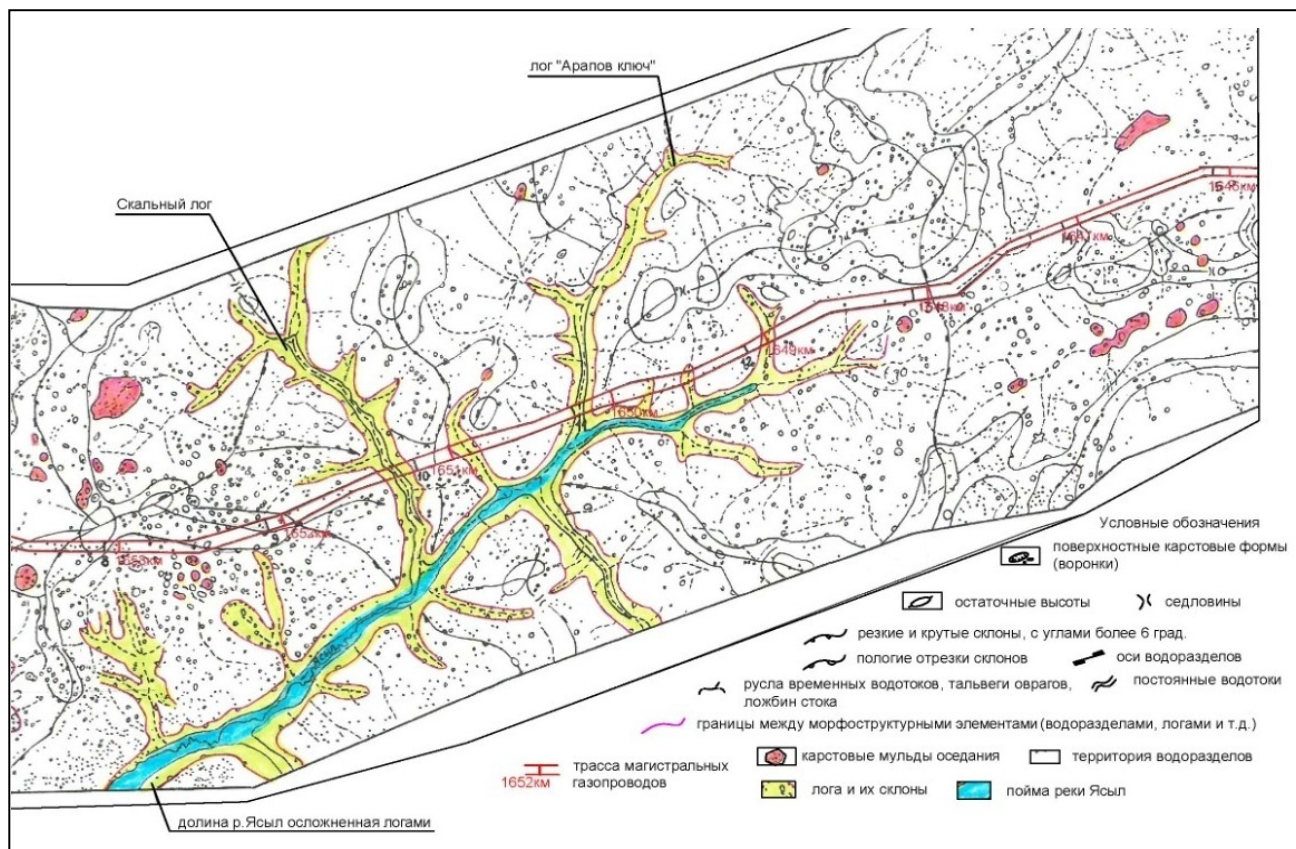


Рисунок 2. Фрагмент геоморфологической схемы Ясылыкского карстового поля с коридором магистральных газопроводов.

Максимальный диаметр карстового провала, который может привести к разрушению газопровода, как было установлено расчётами, составляет 17,0 м, при этом предельно допустимый уровень напряжений металла труб определен в $42,7 \text{ кгс/мм}^2$. Заглубление газопровода при этом, согласно нормам, должно быть не более 1,0 м от поверхности земли. Опыт постановки технического контроля по измерению напряженного состояния Ужгородского коридора газопроводов на Ясылыкском полигоне, выполняемый при помощи системы «Астрон», показал, что абсолютные значения растягивающих напряжений в трубах по различным направлениям достигают $25\text{--}35 \text{ кгс/мм}^2$ [3,4].

Активизация карстовых процессов привела к негативным последствиям, произошло несколько аварий связанных с карстовыми процессами, в том числе и в пределах рассматриваемого Иренского карстового района. При авариях наблюдалось образование сквозных поперечных трещин на металлических трубах газопроводов толщиной в 16 мм, при этом под трубами газопровода фиксировались открытые карстовые полости.

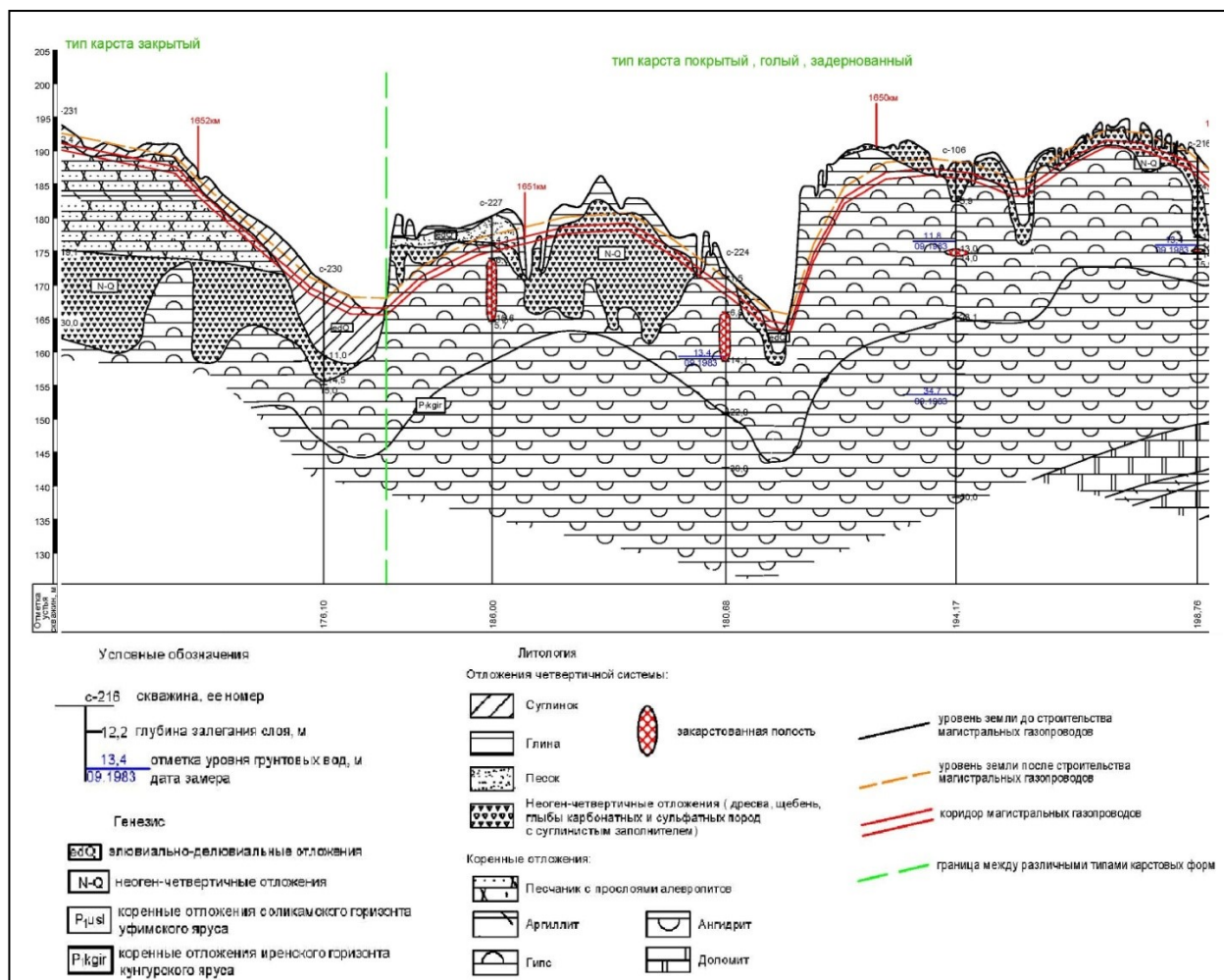


Рисунок 3. Фрагмент геологического разреза по трассе магистрального газопровода на Ясылском полигоне (по материалам ОАО «ВерхнеКамТИСИЗ», 1982 г).

Анализ материалов показывает, что основные места аварий тяготеют к склонам логов, бортам карстовых депрессий. Техногенная активизация карстовых процессов, аварийная обстановка на трассах магистральных газопроводов привела к созданию полигонов (участков) для проведения ежегодных карстологических исследований (мониторинга). По результатам исследований, на наиболее активных участках ежегодно разрабатываются противокарстовые мероприятия, которые ежегодно реализуются. В основном это тампонирующее карстовых воронок и просадок с применением геосетки, бетона и тампонажного материала (глина, естественный грунт).

Всего за 19 лет с 2002 г по 2021 г на Ясылском полигоне в коридоре трасс магистральных газопроводов шириной 200 м и протяженностью 5 км произошло 830 провалов и просадок. По результатам ежегодного мониторинга максимальное их количество было зафиксировано в 2014 г – 99 шт., минимальное количество в 2004 г – 12 шт. Диаметры карстово-суффозионных воронок уменьшились от 7,0-8,0 м до 0,4-1,5 м и глубины от 7,0-8,0 м до 0,4-2,0 м, появились единичные провалы диаметром 6,0 м глубиной до 10,0 м, на участках закрытого карста.

Ежегодная реализация противокарстовых мероприятий по тампонированию карстовых провалов и просадок показала себя эффективной мерой защиты газопроводов.

Библиографический список

1. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П. Карст и пещеры Пермской области // Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992.
2. Катаев В. Н. Гидрогеологические условия Красноясыльского полигона: типы вод, водопроявления и их химизм // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. научн. тр. Перм. ун-т. Пермь, 2000.
3. Килин Ю. А., Минькевич И. И. Полости Красноялыского карстового поля // Пещеры: Межвуз. Сб. науч. тр. Перм. ун-т. Пермь, 1999. С. 52-57.
4. Килин Ю. А., Минькевич И. И. Опыт постановки технического мониторинга на магистральных газопроводах, пересекающих карстовый массив // Проблемы геологии пермского Урала и Приуралья. Матер. регион. Конференции. Пермь, 1998, С. 151-152.

Научное издание

Пермская система земного шара – 180 лет

Сборник научных статей

Издается в авторской редакции
Компьютерная верстка: *П. А. Красильников*

Объем данных 15,4 Мб
Подписано к использованию 21.02.2022

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