



**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**GEOECOLOGY,
ENGINEERING GEODYNAMICS,
GEOLOGICAL SAFETY**



Пермь 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

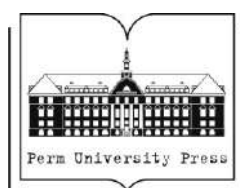
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Печеркинские чтения

Сборник научных статей

Выпуск 8



Пермь 2025

УДК 502/504+55
ББК 20.1+26.3
Г35

- Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность.**
Г35 Печеркинские чтения [Электронный ресурс] : сборник научных статей / под общ. ред. И. С. Копылова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2025. – Вып. 8. – 33,3 Мб ; 455 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2025.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-4307-3

Сборник содержит научные статьи по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения», состоявшейся 19 ноября 2024 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Рассматриваются проблемы геоэкологии, инженерной геологии, геодинамики, гидрогеологии, геологической безопасности городов и объектов недропользования на примерах Приуралья и Урала, Поволжья, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока и других регионов России, а также Венесуэлы, Италии, Казахстана. Для геологов широкого профиля, экологов и других специалистов по исследованию недр Земли и окружающей среды, а также для студентов, изучающих естественнонаучные дисциплины.

УДК 502/504+55
ББК 20.1+26.3

*Издается по решению кафедры инженерной геологии и охраны недр
Пермского государственного национального исследовательского университета*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д-р геол.-минерал. наук **И. С. Копылов** (главный редактор),
д-р геогр. наук **С.А. Бузмаков**, канд. геол.-минерал. наук **В. В. Голдырев**, PhD **О. Н. Ковин**,
канд. геол.-минерал. наук **С.М. Костарев**, канд. техн. наук **А. В. Коноплев**,
д-р геол.-минерал. наук **П. А. Красильников**, д-р геол.-минерал. наук **В. А. Наумов**,
д-р геол.-минерал. наук **О. Б. Наумова**, канд. геол.-минерал. наук **В. П. Тихонов**

Рецензенты: д-р техн. наук, зам. директора по науке – начальник отдела геофизических исследований ООО Научно-исследовательское, проектное и производственное предприятие по природоохранной деятельности «Недра» **А. В. Татаркин**;

д-р геол.-минерал. наук, и.о. зав. лаб. геохимии и рудообразующих процессов, ведущий научный сотрудник Института геологии и геохимии УрО РАН **А. Ю. Кисин**

ISBN 978-5-7944-4307-3

© ПГНИУ, 2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"PERM STATE UNIVERSITY"

GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS, GEOLOGICAL SAFETY

Pecherkinskie reading

Series of scientific article

Issue 8



Perm 2025

UDC 502/504+55
LBC 20.1+26.3

Geoecology, engineering geodynamics, geological safety. Pecherkinskie reading [Electronic resource] : Series of scientific article / Ed. I. S. Kopylov ; Perm State University, Perm, 2025. – 33.3 MB ; 455 p. – URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2025.pdf>. – Title from screen.

ISBN 978-5-7944-4307-3

This collection contains scientific articles based on the proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, "Geoecology, Engineering Geodynamics, Geological Safety. Pechorkin Readings," held on November 19, 2024, at Perm State University.

This collection examines issues in geoecology, engineering geology, geodynamics, hydrogeology, and the geological safety of cities and subsurface resources, using examples from the Urals and Urals, the Volga region, Western and Eastern Siberia, the Far East, and other regions of Russia, as well as Venezuela, Italy, and Kazakhstan. It is intended for general geologists, ecologists, and other specialists in the study of the Earth's interior and the environment, as well as for students studying the natural sciences.

UDC 502/504+55
LBC 20.1+26.3

Published is confirmed by the Scientific Board of the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection Perm State University

EDITORIAL BOARD

D.Sc. **I.S. Kopylov** (editor-in-chief),
D.Sc. **S.A. Buzmakov**, Cand. **V.V. Goldyrev**, PhD **O.N. Kovin**,
Cand. **S.M. Kostarev**, Cand. **A.V. Konoplev**, D.Sc. **P.A. Krasilnikov**,
D.Sc. **V.A. Naumov**, D.Sc. **O.B. Naumova**, Cand. **V.P. Tikhonov**

Reviewers: Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Science – Head of the Geophysical Research Department of the Research, Design and Production Enterprise for Environmental Protection “Nedra” LLC
A. V. Tatarkin;

Doctor of Geol.-Mineral. Sciences, Leading researcher, acting head of the laboratory of geochemistry and ore-forming processes at the Institute of Geology and Geochemistry named after Academician A.N. Zavaritsky Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
A. Yu. Kisin

ISBN 978-5-7944-4307-3

© PSU, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ	13
И.С. Копылов Основы концептуального мышления в геологических науках.....	13
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ	21
В.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov, L.I. Kopylova Geocological mapping of Kazakhstan: data synthesis for sustainable development.....	21
А.А. Белогубкин Техногенный радионуклид цезий Cs-137 в гидроморфных и автоморфных почвах Тюменской области.....	26
И.С. Копылов Эколого-геологическая обстановка Среднего Урала (лист О-40-XVI).....	36
Г.И. Лежнин Применение подхода DPSIR в целях повышения экологической эффективности предприятия АО «Вишневогорский ГОК».....	53
А.А. Прокопьева Объекты накопленного вреда окружающей среде Зюзельского медноколчеданного рудника.....	60
А.А. Самаркина Реконструкция природных условий осадконакопления оз. Новожилово в позднем плейстоцене и голоцене.....	67
В.А. Стороженко Геоэкологический анализ Ханты-Мансийского района.....	76
А.В. Черемных Геоэкологический анализ территории Маракайбского нефтегазоносного бассейна (Венесуэла).....	89
В.В. Четыркина Региональный геоэкологический анализ Сицилии.....	97

М.М. Шайхутдинова Поглощение углерода растениями поселка Верхняя Сысерть.....	111
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	119
С.Н. Беляевская Моделирование напряженно-деформированного состояния грунтового массива для геотехнического обоснования опор путепровода в городе Перми.....	119
Е.Д. Бондаренко Инженерно-геологические условия месторождения строительного камня в контуре Ковыктинского лицензионного участка.....	127
Т.Г. Ковалёва Опыт растворения ангидрита при разной скорости потока.....	142
И.С. Копылов Геоморфология Среднего Урала (лист О-40- XVI).....	147
И.С. Копылов Гидрогеология Среднего Урала (лист О-40-ХVI).....	165
И.С. Копылов Стратиграфия кайнозоя и карта четвертичных образований Среднего Урала (лист О-40-Х).....	184
А.Н. Кузнецова Инженерно-геологические изыскания на земельных участках, сформированных под развитие застроенных территорий в мкр. №1 пгт Белый Яр.....	203
М.А. Суханов Моделирование инженерно-геологических условий территории Ленинского района г. Пермь.....	211
Д.С. Тепленин Оценка карстоопасности участка проектируемой трассы высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва на участке Крюково (Алабушево) – Обухово.....	217

К.С. Шохирева

Исследование вещественного состава грунтов для инженерно-экологических изысканий объекта Батырбай..... 230

Д.А. Юрочкин

Изучение тектонической трещиноватости территории магистрального трубопровода подключения Тас-Юряхского и Верхневиллючанского месторождений к МГ «Сила Сибири», Республика Саха (Якутия)..... 238

**РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР.
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

249

А.Е. Бабкина

Результаты мониторинга инженерно-геологических условий подработанной территории на Березниковском участке Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей..... 249

С.И. Вилесов

Протерозойские отложения Камско-Бельского прогиба по результатам изучения параметрической скважины Восточно-Аскинская-1..... 259

В.Н. Комлев

История Российской правоприменительной практики для глобального геоядерного недропользования в неоднородной природно-хозяйственной зоне Сибири..... 266

В.Н. Комлев

Подземное хранение и захоронение радиоактивных отходов (рецензия на горно-геологическую часть обоснования строительства подземного хранилища радиоактивных отходов)..... 313

В.Н. Комлев

Системность и уникальная задача недропользования (рецензия на монографию)..... 330

И.С. Копылов

Геологическое строение нижнепермского нефтегазоносного комплекса в Косьюинско-Чусовской седловине (стратиграфия, тектоника, рифогенные массивы)..... 344

И.С. Копылов

Проблемы исчисления размера ущерба от загрязнения подземных вод на территории водоносного бассейна при разработке месторождений нефти и газа.....	373

А.И. Черноусов

Сопоставление данных разведки и разработки россыпи золота р. Сусуман (Магаданская область).....	389

ХРОНИКА

395

И.С. Копылов, К.А. Алванян, Д.А. Балахнин Д.А., Т.Г. Ковалева, П.А. Красильников, О.С. Ситева, М.Д. Торопов, М.В. Федоров, Т.Ю. Хлуденева

Памяти профессора В.В. Середина (1951-2025).....	395

И.С. Копылов, К.А. Алванян, Д.А. Балахнин, Т.Г. Ковалева, Ю.В. Рейхардт, В.М. Шувалов

Памяти доцента Ш.Х. Гайнанова (1947-2025).....	427

И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин, А.В. Коноплев

Памяти профессора М.В. Рогозина (1950-2024).....	443

CONTENTS

	Pp
GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION	13
I.S. Kopylov Fundamentals of conceptual thinking in geological sciences.....	13
MODERN PROBLEMS OF GEOECOLOGY	21
B.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov, L.I. Kopylova Geoecological mapping of Kazakhstan: data synthesis for sustainable development.....	21
A.A. Belogubkin Technogenic radionuclide cesium Cs-137 in hydromorphic and automorphic soils of the Tyumen region.....	26
I.S. Kopylov Ecological and geological situation in the Middle Urals (sheet O-40-XVI).....	36
G.I. Lezhnin Application of the dpsir approach to improve the environmental performance of jsc Vishnevogorsk mining and processing plant.....	53
A.A. Prokopeva Objects of accumulated environmental damage of the Zyuzelsky copper mine....	60
A.A. Samarkina Reconstruction of natural conditions of sedimentation of Lake Novozhylovo in the Late Pleistocene and Holocene	67
V.A. Storozhenko Geoecological analysis of the Khanty-Mansiysky district.....	76
A.V. Cheremnykh Geoecological analysis of the Maracaiba oil and gas basin (Venezuela).....	89
V.V. Chetyrkina Regional geoecological analysis of Sicily.....	97

M.M. Shaikhutdinova	
Carbon absorption by plants in the village of Verkhnyaya Sysert.....	111
ENGINEERING GEOLOGY, HYDROGEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY	119
S.N. Belyaevskaya	
Modeling of stress-strain state of soil mass for geotechnical substantiation of overpass supports in Perm city.....	119
E.D. Bondarenko	
Engineering and geological conditions of the building stone deposit in the contour of the Kovykta license area.....	127
T.G. Kovaleva	
Experiment on dissolution of anhydrite at different flow rates.....	142
I.S. Kopylov	
Geomorphology of the Middle Urals (sheet O-40-XVI).....	147
I.S. Kopylov	
Hydrogeology of the Middle Urals (sheet O-40- XVI).....	165
I.S. Kopylov	
Cenozoic stratigraphy and map of quaternary formations of the Middle Urals (sheet O-40-X).....	184
A.N Kuznetsova	
Engineering-geological surveys on land plots formed under different built-in territories in mkr. №1 of the settlement of urban type White Yar.....	203
M.A. Sukhanov	
Modelling engineering-geological conditions of the study area in the central part of Perm.....	211
D.S. Teplenin	
Assessment of the karst hazard of the section of the projected route of the high- speed railway railway st. Petersburg - Moscow at the section Kryukovo (Alabushevo) – Obukhovo.....	217
K.S. Shohireva	
Investigation of the material composition of soils for engineering and environmental surveys of the Batyrbai facility.....	230

D.A. Yrochkin	
Study of tectonic fracturing in the territory of the main pipeline connecting the Tas-Yuryakhsky and Verkhnevilyuchansky fields to the power of Siberia MG the republic of Sakha (Yakutia).....	238
RATIONAL SUBSOIL USE AND ENVIRONMENT PROTECTION. RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS	249
A.E. Babkina	
The results of monitoring the engineering and geological conditions of the mined area at the Bereznikovsky site of the Verkhnekamsk deposit of potassium and magnesium salts.....	249
S.I. Vilesov	
Proterozoic deposits of the Kamsko-Belsky trough based on the results of the study of the parametric well Vostochno-Askinskaya-1.....	259
V.N. Komlev	
History of russian law enforcement practice for global geonuclear subsoil use in the heterogeneous natural-economic zone of Siberia.....	266
V.N. Komlev	
Underground storage and disposal of radioactive waste (review for the mining and geological part of the feasibility study for the construction of an underground radioactive waste storage facility).....	313
V.N. Komlev	
Systematicity and unique task of subsoil management (review of the monograph)	330
I.S. Kopylov	
Geological structure of the lower permian oil and gas complex in the Kosvinsko-Chusovskaya saddle (stratigraphy, tectonics, reef massifs).....	344
I.S. Kopylov	
Problems of calculating the amount of damage from groundwater pollution in the territory of an aquifer during the development of oil and gas deposits.....	373
A.I. Chernousov	
The comparison of the data exploration and development gold placers r. Susuman (Magadan region).....	389

CHRONICLE	395
I.S. Kopylov, K.A. Alvanyan, D.A. Balakhnin, D.A., T.G. Kovaleva, P.A. Krasilnikov, O.S. Siteva, M.D. Toropov, M.V. Fedorov, T.Yu. Khludeneva	
In memory of professor V.V. Seredin (1951-2025).....	395
I.S. Kopylov, K.A. Alvanyan, D.A. Balakhnin, T.G. Kovaleva, Yu. V. Reichardt, V.M. Shuvalov	
In memory of associate professor Sh.Kh. Gainanov (1947-2025).....	427
I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin, A.V. Konoplev	
In memory of professor M.V. Rogozin (1950-2024).....	443

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION

УДК 159.955:55

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ОСНОВЫ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУКАХ

Дисциплина «Основы концептуального мышления в геологических науках» направлена на формирование навыков мышления, необходимых для подготовки решений концептуального уровня в науке и проведения теоретико-методологических исследований в геологии. Рассматриваются вопросы и проблемы теоретической геологии при разработке теорий и концепций на основе концептуального мышления. Показана необходимость развития навыков концептуального мышления в образовательной деятельности у студентов геологических и других естественно-научных направлений. Разработана структура курса, включающая: теоретические основы концептуального мышления, методологию концептуального моделирования в геологии и проблемы теоретической геологии при разработке теорий и концепций, методические и практические вопросы и задачи работы над геологическими концепциями и моделями.

Ключевые слова: философия, концептуальное мышление, наука, теория, методология, концепция, геология.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

FUNDAMENTALS OF CONCEPTUAL THINKING IN GEOLOGICAL SCIENCES

The course "Fundamentals of conceptual thinking in geological sciences" is aimed at developing the thinking skills necessary for preparing conceptual-level solutions in science and conducting theoretical and methodological research in geology. The issues and problems of theoretical geology in developing theories and concepts based on conceptual thinking are considered. The need to develop conceptual thinking skills in educational activities for students of geological and other natural sciences is shown. The course structure has been developed, including: theoretical foundations of conceptual thinking, methodology of conceptual modeling in geology and problems of theoretical geology in the development of theories and concepts, methodological and practical issues and tasks of working on geological concepts and models.

Keywords: philosophy, conceptual thinking, science, theory, methodology, concept, geology.

Существуют различные определения понятия *концептуального мышления*.

Концептуальное мышление – это когнитивный процесс, при котором люди способны понимать, организовывать и синтезировать сложную информацию,

проблемы или идеи, обобщая конкретные случаи, выявляя закономерности или связи. Таким образом, выявляются концептуальные структуры для открытия глубины, *сложности* и богатства явлений, событий.

Слово «концептуальный» появилось как минимум еще в 17 веке. Это прилагательная форма слова «концепция», которое имеет латинские корни от «conceptus», означающего нечто задуманное или созданное в уме (С.А. Макиенко, <https://proza.ru/2023/10/19/1301>).

Наиболее полно Концептуальное мышление раскрыто в книгах С.П. Никанорова и его учеников. По С.П. Никанорову [12] «*Концептуальное мышление*», представляет собой разновидность принудительного, нормативного мышления, имеющего существенно инструментальный и технологический характер. Оно принципиально отличается от обыденного мышления, т.е. интеллектуальных процессов (творческих и формальных) тем, что мышление специалиста – предметника «происходит», является непроизвольной поведенческой реакцией («навыком») на ту или иную профессиональную ситуацию, которая почти полностью основана на предыдущем опыте и интуиции, не основана на рефлексивном контроле и оценке, и ими не сопровождается. Основания такого мышления, его структура и его процесс волевым актом не устанавливаются. Концептуальное мышление «включается» субъектом тогда и в такой форме, в какой в этот момент ему необходимо. Оно отличается от «научного» мышления тем, что оно претендует на универсальность и не может следовать познавательным нормативам данной научной дисциплины. Оно отличается от философского мышления тем, что оно конструктивно, всецело ориентировано на получение практически или теоретически значимых результатов. Мышление при концептуализации строится исследователем из отдельных, заранее известных актов, каждый из которых им выбирается и дисциплинированно выполняется. Возникновение концептуального мышления отражает момент исторического развития. Оно возникло как следствие междисциплинарности, сложности и новизны областей, где недисциплинированное и узко дисциплинированное мышление оказывались не эффективными, как следствие осознания развития системотехники, системного анализа, теории систем и системного подхода, наследует некоторые парадигмы диалектической методологии и опыт создания метадисциплин (металогии, метаматематики). Его основой является отделение «мышления о мышлении» от самого мышления. Концептуальное мышление имеет характер культуры, а не индивидуального достижения отдельного лица. Как и всякую культуру, его можно передавать, распространять и осваивать, и его можно совершенствовать» [12].

Концептуальное мышление – это основная связь мозга человека между Физическим миром реальности, нашим Психическим внутренним миром и Символьным миром слов и понятий. Посредством концептов мы преобразуем и обобщаем наши сенсорные, чувственные данные в ментальные феномены, которым мы все знаем как «слова» и за счет которых происходит все наше

ежедневное общение, передача информации, ее накопление и модификация. Мышление человека является концептуальным – мы думаем с помощью слов. С помощью слов мы описываем свои внутренние состояния, мысли, желания, строим планы на будущее и воспринимаем мир. Концепт – это опыт (сенсорный опыт), заархивированный в символичный код, слово (<https://neuroconcept.info/kontseptualnoe-myshlenie>).

Концептуальное мышление – методология анализа и проектирования сложных систем. Особенность подхода состоит в том, чтобы для описания любого объекта очень дисциплинированно использовать крайне ограниченный круг понятий, глубоко осмысливая каждое из них, другими словами, отражая смысл и содержание понятия в некоторой системе других взаимосвязанных понятий (<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/205313>).

Концептуальное мышление – способность мыслить в терминах концепций, отношений и абстракций; способность формировать и организовывать абстрактные и обобщенные представления о мире, основываясь на общих принципах, идеях и понятиях; является ключевой составляющей системного, критического и творческого мышления и позволяет: развивает способность абстрагироваться от конкретных фактов и образов, и видеть более общие понятия и идеи; исследовать причинно-следственные связи, анализировать и устанавливать общие закономерности; видеть глубже, понимать сложные проблемы, находить новые подходы к их решению; помогает генерировать новые идеи, создавать новые модели и предсказывать возможные последствия.

Концептуальное мышление включает в себя следующие характеристики: абстрактное мышление: способность выделять общие принципы и понятия, не привязываясь к конкретному контексту; обобщение: способность выделить общие характеристики и свойства объектов или явлений и создать на их основе общую концепцию; категоризация: способность классифицировать объекты и явления в соответствии с их общими характеристиками; аналитическое мышление: способность разбивать сложные проблемы на составные части и анализировать их в отдельности; за счет концептуального мышления создаются модели, теории и концепции, которые помогают понять и объяснить сложные явления и процессы в мире.

В геологии, как и в других науках, *концептуальное мышление* обуславливает решения концептуального уровня, проведение теоретико-методологических исследований; позволяет: разрабатывать новые теории, модели, объясняющие сложные геологические явления и процессы, проводить их классифицирование, системный природно-геологический анализ, ретроспективный анализ геологической истории, прогнозировать геологические события (в т.ч. – и образование месторождений полезных ископаемых), давать системную характеристику мира, выстраивать Общую Теорию Земли.

В образовательной деятельности у студентов геологических и других естественно-научных направлений необходимо развитие навыков

концептуального мышления для формирования основ геологических теоретико-методологических исследований.

Цель дисциплины «Основы концептуального мышления в геологических науках»:

Формирование навыков мышления у студентов, необходимых для подготовки решений концептуального уровня в науке и проведения теоретико-методологических исследований в геологии.

Задачи курса:

- изучить теоретические и методические основы концептуального мышления,
- изучить различные виды геологических теорий, концепций, систем, классификаций,
- сформировать современные представления о философских, теоретико-методологических аспектах геологии,
- получить практические навыки продуктивного концептуального мышления, для обоснования научных идей и концепций.

Дисциплина включает три части. Теоретический блок разделён на две смысловые части.

Первая часть посвящена основам концептуального мышления, изучению концептов и принципов формирования концептуальной модели реальности.

Во второй части рассматриваются проблемы теоретической геологии при разработке теорий и концепций на основе концептуального мышления.

Третья часть курса – практическая, в ней рассматриваются методические и практические вопросы и задачи работы над геологической концепцией.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные инструменты концептуального мышления,
- техники истолкования реальности,
- методы концептуализации предметных областей в геологии;

уметь:

- работать с геологической информацией, необходимой для решения научных и профессиональных задач (в том числе на основе системного подхода),
- вести исследовательскую деятельность, включая анализ геологических проблем, постановку целей и задач, выделение объекта и предмета исследования, выбор способа и методов исследования,
- анализировать, структурировать, обоснованно излагать геологическую информацию;

владеть навыками:

- концептуального мышления, необходимых для подготовки решений концептуального уровня в науке и проведения теоретико-методологических исследований в геологии,
- организации и систематизации геологической информации,
- публичных выступлений (дискуссионных, презентационных и экспертных).

Структура курса

1. Теоретические основы концептуального мышления

1.1. Основные понятия и процессы в научном познании

- понятие концепта, концептуальной модели и системы,
- когнитивные процессы в научном познании (анализ, синтез, абстрагирование, аналогия).
- логические и интуитивные компоненты мышления в геологии.

1.2. Базис концептуального мышления

- ступени и свойства продуктивного мышления,
- возможности концептуального мышления,
- системные основания концептуального мышления,
- основные инструменты концептуального мышления,
- техники истолкования реальности,
- методы концептуализации предметных областей [13].

2. Методология концептуального моделирования в геологии и проблемы теоретической геологии при разработке теорий и концепций

- методология концептуального моделирования в геологии,
- принципы построения концептуальных моделей геологических объектов и процессов,
- формализация геологических знаний (схемы, классификации, онтологии).

2.2. Проблемы теоретической геологии при разработке теорий и концепций на основе концептуального мышления

- геологическая наука как объект исследования,
- проблемы познания общих планетарных закономерностей взаимодействия человеческого общества с окружающей природной средой в т.ч. – геологической средой,
- геологическая форма движения материи,
- состояние геологической науки и проблема ее теоретизации,
- геологический язык, терминология, понятийная база геологии,
- соотношение конкретно-научных, методических, методологических и философских исследований в геологии,
- задачи теоретико-методологических исследований в геологии.

2.3. Методологические аспекты теоретической геологии и ее концептуализация

- интенсивность теоретизации геологического знания,
- соотношение эмпирического и теоретического знания в геологии,
- система методов геологического исследования,
- исходные принципы построения геологических теорий,
- о требованиях к геологическим теориям.

2.4. Примеры построения геологических теорий, концептуальных моделей, систем

- геонимическая теория,
- геологические теории в связи с задачами ретросказания,
- теория литосферных плит,
- теория минералообразования,
- теория типов литогенеза,
- теории органического и неорганического происхождения нефти,
- теории рудообразования,
- концепции поисков месторождений полезных ископаемых,
- ноосферная концепция,
- концепция экологической оценки геологической среды и геоэкологического картографирования,
- концепция инженерно-геологической безопасности городов, территорий, объектов,
- географические, геологические, экологические системы,
- системы оценки геодинамической активности – геофизические, геохимические, гидрогеологические, неотектонические,
- концепция аэрокосмогеологических исследований и анализа и др.

Некоторые теоретические и методологические модели приведены в работах [1-11, 14-16].

3. Методические и практические вопросы и задачи работы над геологическими концепциями и моделями

3.1. Особенности инструментального способа разработки концепций:

- обосновывается необходимость разработки серьезных в социальном плане концепций концептуальными средствами,
- определяются эти средства как методы концептуального проектирования решений,
- дается характеристика способа разработки концепций с помощью концептуальных методов,
- приводится пример задействования этого способа,
- демонстрируются возможности, сделанной концепции,
- обсуждаются трудности способа и предлагаются новые решения.

3.2. Концептуальный способ (алгоритм) разработки концепций:

- постановка исследовательской задачи,
- обоснование предметной области,
- концептуализация предметной области,
- выведение конструктивных следствий,
- интерпретация концептов,
- оформление концепции.

3.3. Применение концептуального мышления в современных геологических исследованиях

- компьютерное моделирование и искусственный интеллект в геологии;
- междисциплинарные подходы (геофизика, геохимия, геоинформатика, аэрокосмогеология, геотектоника и геодинамика, минералогия и петрография, региональная и нефтегазовая геология, геология твердых полезных ископаемых, гидрогеология, инженерная геология, геоэкология),
- прогнозирование природных ресурсов и опасностей на основе концептуальных моделей.

4. Практические задания

- анализ и построение концептуальных схем геологических процессов,
- решение задач на выявление логических связей в геологических данных,
- разбор реальных научных публикаций с точки зрения концептуального подхода.

5. Итоговый контроль

- проект по разработке концептуальной модели геологического объекта / процесса,
- презентация и защита своей модели,
- тестирование по ключевым аспектам дисциплины.

6. Критерии оценки

- глубина анализа – учет множества факторов (не только геологии, но и экономики, экологии и др.),
- логическая стройность – отсутствие противоречий в модели,
- креативность – нестандартные решения (например, применение методов машинного обучения),
- визуализация – четкие схемы и графики.

Библиографический список

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 261 с.
2. Груза Г.Г. Методологические проблемы геологии. Л.: Недра, 1977. 181 с.

3. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.
4. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
5. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа*. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
6. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности*. Пермь, 2019. 131 с.
7. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.
8. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ*. Saarbrücken, 2012. 152.
9. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
10. Круть И.В. *Введение в общую теорию Земли. Уровни организации геосистем*. М.: Мысль, 1978. 367 с.
11. Моисеев Н.Н. Современный антропогенез и цивилизационные разломы Эколого-политологический анализ // *Вопросы философии*. №1. 1995. С. 3-30.
12. Никаноров С. П. Концептуализация предметных областей. Серия «Концептуальный анализ и проектирование» Методология и технология. М.: Концепт, 2009. 268 с.
13. Теслинов А.Г. Концептуальный способ разработки концепций. На примере Концепции непрерывного образования взрослых. М.: ДиБиЭй Концепт, 2014. 144 с. (Прикладные концептуальные исследования).
14. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Аверкина Т.И. и др. *Теория и методология экологической геологии* / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.
15. Фролов В.Т. *Наука геология: философский анализ*. М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.
16. Хаин В.Е., Рябухин А.Г. Наймарк А.А. *История и методология геологических наук: учебное пособие*. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 416 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ MODERN PROBLEMS OF GEOECOLOGY

УДК 502/504

B.N. Bakytzhanova¹, I.S. Kopylov², L.I. Kopylova²

¹OJSC «KAZAKHSTANKIPISHOLF», Atyrau, Republic of Kazakhstan

²Perm State University, Perm, Russia

GEOECOLOGICAL MAPPING OF KAZAKHSTAN: DATA SYNTHESIS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The article examines the role and current state of geoecological mapping in the Republic of Kazakhstan. The key areas of this scientific field are analyzed, including assessment, inventory and forecast mapping. Particular attention is paid to the use of modern GIS technologies and Earth remote sensing data for monitoring environmental problems such as land degradation, pollution in oil and gas regions and the consequences of the drying up of the Aral Sea. The main challenges and prospects for the development of geoecological mapping as a fundamental basis for Kazakhstan's transition to a sustainable development model are identified.

Keywords: geoecological mapping, remote sensing, environmental monitoring, sustainable development, geoinformation technologies, Kazakhstan.

Б.Н. Бакытжанова¹, И.С. Копылов², Л.И. Копылова²

¹ОАО «КАЗАХСТАНКАСПИЙШЕЛЬФ», г. Атырау, Республика Казахстан

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАЗАХСТАНА: СИНТЕЗ ДАННЫХ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В статье рассматривается роль и современное состояние геоэкологического картографирования в Республике Казахстан. Анализируются ключевые направления этого научного направления, включая оценочное, инвентаризационное и прогнозное картографирование. Особое внимание уделяется применению современных ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга экологических проблем, таких как деградация земель, загрязнение в нефтегазовых регионах и последствия высыхания Аральского моря. Определены основные вызовы и перспективы развития геоэкологического картографирования как фундаментальной основы для перехода Казахстана к модели устойчивого развития.

Ключевые слова: геоэкологическое картографирование, дистанционное зондирование, экологический мониторинг, устойчивое развитие, геоинформационные технологии, Казахстан.

Introduction

Kazakhstan, with its vast territory (area – 2,724,902 km², ranks 9th in the world) and the richest diversity of natural conditions [], simultaneously faces a range of serious environmental challenges. The development of hazardous geological

processes (earthquakes, karst, landslides, rockfalls in mountainous areas, etc.), land degradation, water shortages, air and soil pollution in industrial centers and the historical legacy of nuclear tests – all of this requires a systematic approach to the study and management of the environment [1-7, 18, 19, 22-32].

A key tool in solving these problems is geoecological mapping – a scientific discipline that creates complex spatial models of the interaction between nature and society.

The nature and goals of geoecological mapping

Geoecological mapping goes far beyond the simple application of environmental data to a map. It is a synthesizing direction, the purpose of which is to display on a cartographic basis:

- the ecological state of the geological environment (groundwater, soils, endogenous and exogenous geological processes);
- the structure and state of geosystems (landscapes) of different ranks;
- the current ecological situation caused by both natural and anthropogenic factors;
- the burden on the environment from various types of economic activity (industry, agriculture, transport);
- environmental risk and disaster zones;
- directions and prospects for optimizing nature management.

The main objective of such maps is to provide government bodies, scientists and businesses with scientifically based information for making management decisions in the field of environmental protection and ensuring sustainable development.

The methodology of geoecological mapping is set out in regulatory documents and scientific developments [8-16].

Key directions and types of maps

Several main directions of geoecological mapping are developing in Kazakhstan:

1) Evaluation mapping:

- maps of the environmental situation: large-scale maps of industrial regions (Karaganda, Pavlodar, East Kazakhstan regions) and oil and gas provinces (Atyrau, Mangistau regions). They display the levels of pollution of the atmosphere, soils, and water bodies;
- maps of the stability of geosystems to anthropogenic impacts: show how vulnerable a particular natural system (for example, desert or mountain) is to anthropogenic loads. They are especially relevant for predicting the consequences of deposit development.

2) Mapping risks and hazards:

- maps of environmental risks: highlight areas with a high probability of emergency situations (for example, oil pipeline ruptures in the Caspian region) and assess possible damage;

- maps of natural and anthropogenic hazards: display areas of desertification, flooding of territories, salt transfer from the dried bottom of the Aral Sea, radiation pollution at the Semipalatinsk Test Site (STS).

3) Inventory and monitoring mapping:

- maps of the location of pollution sources: point objects (factories, mines, thermal power plants) and linear (pipelines, highways);
- maps of the state of specially protected natural areas (SPNA): National parks, reserves and their buffer zones.

4) Predictive and advisory mapping:

- maps of natural environment optimization: offer options for economic use of territories taking into account their ecological capacity [20, 21];
- maps of reclamation of disturbed lands: show directions for land restoration in mining areas.

Modern methods and technologies

Modern mapping in Kazakhstan is based on a powerful arsenal of methods:

- geographic information systems (GIS): are the core of the entire process. Allow you to integrate, analyze and visualize spatial data from different sources (maps, space images, databases);

- remote sensing of the Earth (ERS): data from satellites (Landsat, Sentinel, KazEOSat) provide operational monitoring of environmental changes: the dynamics of the Aral Sea, forest fires, floods, emissions of pollutants;

- digital elevation models (DEM): used to model erosion, flooding, and the spread of pollutants;

- global navigation satellite systems (GNSS): Provide accurate referencing of all objects on the ground.

Challenges and development prospects

Despite significant progress, geoecological mapping in Kazakhstan faces a number of problems:

- data fragmentation: information is often disjointed by departments (Kazhydromet, the Ministry of Ecology, subsoil users), which complicates the creation of a single comprehensive picture;

- the need to update: many fundamental maps need to be updated based on the latest data;

- personnel shortage: training of specialists at the intersection of ecology, cartography and IT technologies is required.

Development prospects for this area are related to:

- the creation of a National Geoportal of Environmental Data, which combines all available information in the open (where possible) access;

- development of a decision support system (DSS) based on GIS, allowing to model economic development scenarios and their environmental consequences;

- in-depth study of transboundary problems (water resources, pollution transfer) together with neighboring countries using cartographic methods.

Conclusion

Geoecological mapping is an indispensable tool for Kazakhstan's transition to a "green" growth model. By transforming huge amounts of disparate data into visual cartographic images, it allows us to see the complexity and severity of the country's environmental problems, identify their causes and predict their development. Further digitalization and integration of this scientific direction into the state planning process is a key factor in ensuring environmental safety and a sustainable future for future generations.

References

1. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С. *Geoecological conditions of development of oil and gas fields of Kazakhstan* // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения.* Пермь. Пермь, 2021. С. 64-72.
2. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С. *Особенности геологического строения и экологические проблемы при разработке газонефтяного месторождения Жанаталап (Казахстан)* // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения.* Пермь, 2020. С. 53-62.
3. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Даль Л.И., Сейтеков Т.Т. *Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии.* Пермь, 2019. С. 48-54.
4. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Копылова Л.И., Пичкалев В.В. *Региональный геоэкологический анализ Казахстана* // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения.* Пермь, 2023. С. 72-91.
5. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Сейтеков Т.Т. *Перспективы поисков нефти и газа в Прикаспийской нефтегазоносной провинции Казахстана с применением дистанционных методов* // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала.* 2017. № 17. С. 75-79.
6. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. I квартал 2023 года. file:///C:/Users/user/Downloads/4019cd399318a66d2221e894f70c3d65_original.1567038.pdf.
7. Коноплев А.В., Ибраминов Р.Г., Копылов И.С. *Инженерно-геологические условия Жилынского калийного месторождения (Казахстан)* // *Современные проблемы науки и образования.* 2014. № 5.
8. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края.* Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. 501 с.
9. Копылов И.С. *Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы.* Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
10. Копылов И.С. *Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов* // *Перспективы науки.* 2011. № 8 (23). С. 126-129.
11. Копылов И.С. *Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий* // *Современные проблемы науки и образования.* 2011. № 6.
12. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография* / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
13. Копылов И.С. *Результаты детального дешифрирования космических снимков для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков города Кентау (Южный Казахстан)* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии.* Пермь, 2020. С. 284-291.
14. Копылов И.С. *Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья* // *Вестник Пермского университета. Геология.* 2014. № 3 (24). С. 30-47.
15. Копылов И.С. *Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми* // *Вестник Пермского университета. Геология.* Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.
16. Копылов И.С., Ковин О.Н., Накысбек С. *Инженерно-геодинамический анализ территории на стыке России, Китая, Казахстана и Монголии для строительства магистральных*

трубопроводов // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 197-203.

17. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.

18. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: история изучения, обзор методов определения // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 2. С. 42-47.

19. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: классификации подходов и критериев оценки // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 4. С. 66-71.

20. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2020 год. [Электронный ресурс] URL: https://www.gov.kz/uploads/2022/1/21/195d4245b75123a2c2aeece3ed1ccb39_original.38998496.ppd. Дата обращения: 15.11.2022.

21. Тилекова Ж.Т., Тонкопий М.С. Экологическая оценка антропогенного воздействия на экосистемы Центрального Казахстана // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 11-1. С. 180-182.

22. Указ Президента Республики Казахстан от 16.05.2003 №1095. Государственная программа освоения Казахстанского сектора.

23. Чигаркин А.В. Геоэкология Казахстана (географические аспекты природопользования и охраны природы). Алматы: Қазақ университеті, 2006. 414 с.

24. Bakytzhanova B.N, Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. Geoecology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection // European Journal of Natural History. № 4. 2016. С. 17-21.

25. Bakytzhanova B.N, Kopylov I.S., Satekov T.T. Regional environmental risk assessment of geosystems of Kazakhstan // Теория и методы исследований в естественных науках. 2016. С.154-162.

26. Kopylov I.S. Estimation of geodynamic activity and its effect on mining-geological conditions and flooding of potassium mines // Mine Water: Technological and Environmental Challenges. Proceedings of International Mine Water Association Conference. Perm State University, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of RAS. 2019. С. 16-22.

27. Kopylov I.S., Bakytzhanova B.N., Dal L.I., Seytekov T.T. Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // Aerospace methods in geology. 2019. P. 48-54.

28. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.

29. Map of Fuel and Energy Resources of North, Central and Eastern Asia. Scale 1: 2 500 000 / Editors-in-Chief: Li Tingdong (China), S.Z.Daukeev (Kazakhstan), B.C.Kim (R.O.Korea), O. Tomurtgoo (Mongolia), O.V.Petrov (Russia), 2014.

30. <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo?lang=ru> Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан.

ТЕХНОГЕННЫЙ РАДИОНУКЛИД ЦЕЗИЙ CS-137 В ГИДРОМОРФНЫХ И АВТОМОРФНЫХ ПОЧВАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Выполнены экологические исследования почв Тюменской области за 2023 год на предмет содержания в них радионуклидов. Проведено сравнения концентрации радионуклидов в автоморфных почвах и гидроморфных почвах Тобольского района.

Ключевые слова: экологические исследования, почва, радионуклид, Тюменская область.

A.A. Belogubkin

Perm State University, Perm, Russia

TECHNOGENIC RADIONUCLIDE CESIUM CS-137 IN HYDROMORPHIC AND AUTOMORPHIC SOILS OF THE TYUMEN REGION

The article examines the results of soil research for 2023 for the content of radionuclides in them, as well as a comparison of the concentration of radionuclides in automorphic soils and hydromorphic soils of the study area.

Keywords: field practice, soil, radionuclide, Tyumen region.

Введение

Почва – природное тело, формирующееся в результате преобразования поверхностных слоёв литосферы под совместным воздействием воды, воздуха и живых организмов. Состоит из почвенных горизонтов, образующих почвенный профиль; характеризуется плодородием.

Свойства почвы принято делить на физические, физико-химические и биологические. Состав и свойства почвы определяют с помощью почвенного анализа. Физические свойства почвы преимущественно связаны с её гранулометрическим и агрегатным составом. Среди физических свойств изучают реологические – плотность, твёрдость, пластичность, хрупкость, липкость и др.; водные и воздушные свойства почвы – влагопроводность, водоудерживающая способность, влагоёмкость, воздухопроводность и др. Химические свойства почвы включают ряд интенсивных показателей, например кислотность, концентрации элементов, и экстенсивных показателей, например запасы элементов и веществ.

К биологическим свойствам почвы относится её биологическая активность, которая проявляется в обилии всех или определённых групп организмов, интенсивности дыхания почвы, определяемой как суммарное выделение почвой CO₂, свидетельствующее об интенсивности распада

органических веществ, а также ритмичный газообмен между почвой и атмосферой, ферментативной активности и фитотоксичности почвы, а также в биологическом разнообразии в почве [4].

Поступление и накопление радионуклидов в почвенном и растительном покрове главным образом связывается с глобальными выпадениями, которые происходят в результате испытания ядерного оружия, с работой предприятий по добыче, переработке минерального сырья и ископаемого топлива, хранением отходов («хвостов») обогатительных фабрик и металлургических заводов, выбросами АЭС [5].

По мнению Матвиенко Т.И. [3], естественный радиационный фон складывается из излучений от рассеянных в почве, воде, воздухе радионуклидов, возраст которых совпадает с возрастом планеты. К таким радионуклидам относятся калий-40 (K-40), уран-238 (U-238), торий-232 (Th-232), продукты распада тория и урана и др.

Методика и материалы

Изучение почв проводилось с использованием стандартных методов почвенного исследования. Глубина заложения разрезов определялась выявлением горизонта материнской почвообразующей породы. Описание разрезов проводилось по основным морфологическим признакам почв: строение почвенного профиля, мощность горизонтов, окраска, сложение, структура, новообразования, включения, характер перехода между горизонтами, тип границы горизонтов. При описании почв учитывалось состояние влажности горизонтов.

Для закладки и описания разрезов использовалось стандартное снаряжение. Для уточнения морфологических признаков в камеральный период отбирались почвенные образцы из генетических горизонтов с использованием стандартной техники взятия образцов [2].

Определение плотности. В металлический цилиндр насыпают почву из не растертого образца, уплотняя ее по мере наполнения. Измеряют высоту насыпного слоя почвы, диаметр цилиндра и определяют объем почвы. Цилиндр с почвой взвешивают и проводят необходимые расчеты.

Плотность почвы, г/см³, находят по формуле

$$d_v = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m- масса сухой почвы, г.

$$M = \frac{100A}{(100+W)}, \quad (2)$$

где A- масса влажной почвы, г; W- влажность почвы, %,

V- объем цилиндра, см³.

$$V = \pi r^2 h, \quad (3)$$

где r- радиус цилиндра, см; h- высота цилиндра, см.

Для определения актуальной кислотности / щелочности (рН вод) готовят водные суспензии почв. Для приготовления водной суспензии на технических весах в химический стакан берут навеску почвы массой 10 г. К навеске с помощью мерного цилиндра добавляют 25 мл дистиллированной воды. Содержимое стакана тщательно перемешивают с помощью стеклянной палочки в течение 5 мин. В приготовленных суспензиях определяют величину рН вод на иономере «Анион 7051» с комбинированным рН-электродом «ЭСК-10601» (ГОСТ 22261-94).

Отбор почвенных проб производили согласно ГОСТ 17.4.4.02 - 84. Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром.

Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

Удельная активность радионуклидов – Cs-137, K-40, Th-232, Ra-226 (в Бк/кг) в отобранных пробах почв измерена на спектрометрической установке СКС-99 СПУТНИК МГФК.412154.001 (далее СКС–99) с применением блоков детектирования БДФИ–02 и БДФИ–01 в соответствии с Руководством к эксплуатации МГФК.412154.001РЭ и ГОСТ 23923–89 «Средства измерений удельной активности радионуклида. Общие технические требования и методы испытаний». радионуклидов в образцах почв проведена проверка работоспособности гамма– и бета– трактов СКС–99. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измеряемой активности гамма– и бета–излучающих радионуклидов в пробах не превышали $\pm 15\%$. В России на сегодняшний день спектрометрический метод определения удельной активности радионуклидов с применением прибора – СКС–99 является одним из методов, используемых в радиационном контроле.

Почвенные общие усредненные пробы брались не из каждого почвенного горизонта, а из наиболее выраженных в почвенном профиле.

Определение содержания радионуклидов производилось сотрудниками отдела экологических исследований Тобольской комплексной научной станции УрО РАН [1].

Cs-137 – 7,8 Бк/кг

Th-232 – 24 Бк/кг

Ra-226 -20 Бк/кг

K-40 - 400 Бк/кг

Результаты исследования

Проведены исследования по 20 почвенным разрезам. Ниже представлены описания 3-х из них.

Разрез №1 (рис.1).

Административное положение: Тюменская область, Тобольский район.

Географические координаты: (центр площадки): N 58,61742° E 68,58486°.

Географическое положение: Тюменская область, Тобольский район, вблизи деревни Надцы, прирусловая пойма р. Иртыш, ивняк.

Особенности местности: пойма 45 м над ур. м.

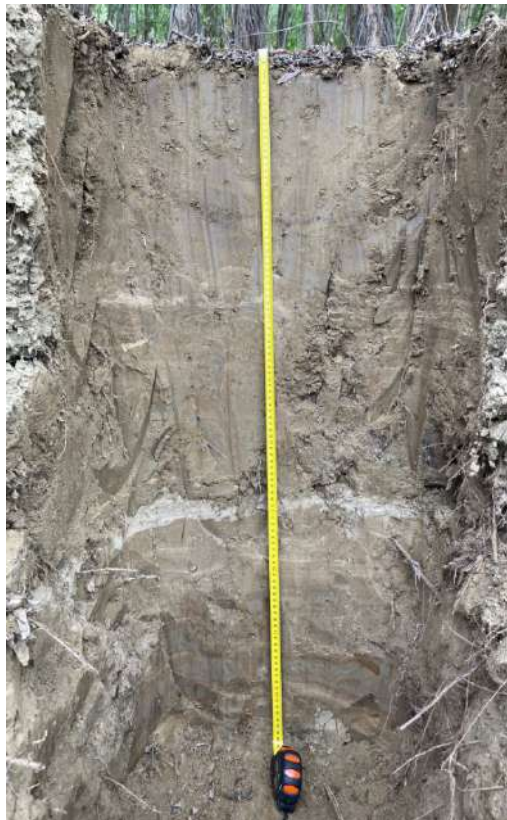


Рис. 1. Аллювиальная серогумусовая глееватая почва. Разрез №1

Плотность / кислотность: по полученным данным (табл. 1) почва характеризуется низкой изменчивостью pH. Плотность на протяжении глубин не сильно изменяется. Во фракции гранулометрического состава преобладает песок на глубине 0-67 см, а на глубине 67-107 см пыль. Почва – нейтральная.

Дата заложения 15.06.2023.

Полевое определение почвы: аллювиальная серогумусовая глееватая почва (табл. 1).

АУ-АУС-Сg (Серогумусовый-переходный к породе-глееватая почвообразующая порода).

Интервал 0-37 см. Цвет песочный-коричневый с сизыми прожилками; структура призматически-пластинчато-комковатая; включения и новообразования: черные вкрапления, длинные ржавые охристые пятна, корни; по состоянию влажности 27,01%.

Интервал 37-67 см. Цвет светло коричневый с сизыми прожилками; структура пластинчато-комковатая; включения и новообразования: ржавые охристые вертикальные и горизонтальные полосы, черные вкрапления, корни; по состоянию влажности 17,88%.

Интервал 67-84 см. Цвет белесоватокоричневый; структура пластинчатая-комковатая; включения и новообразования: песчаная слоистость, корни; по состоянию влажности 16,66%.

Интервал 84-107 см. Цвет коричневый с белесоватыми вкраплениями и прожилками; структура пластинчатая-крупно-призматическая; включения и новообразования: горизонтальные ржавые и серые линии, пятна, корни; по состоянию влажности 26,81%.

Карбонаты: нет качественной реакции, карбонаты не обнаружены, но при добавлении кислоты—зеленая окраска в чашке.

Количество Th – 232 на глубине 0-37 см подходит к фоновому значению, но не превышает его. Содержание радиоактивного CS-137 не превышает значения нормы в исследуемых горизонтах.

Таблица 1

Краткая характеристика разреза №1

Глубина отбора проб, см	Плотность, г/см ³	рН – солевой	Фракции гранулометрического состава по методу Рудковского		
			Песок, %	Глина, %	Пыль, %
0-37	1,06	6,27	55	6,2	38,8
37-67	1,04	6,45	55	4,5	40,5
67-84	1,1	6,66	45	5,1	49,9
84-107	1,09	6,66	30	5,4	64,6

Таблица 2

Содержание радионуклидов в глубинах разреза №1

Дата и место отбора проб	Масса пробы (г)	Cs-137		Th-232	
		Конц. (Бк/кг)	Погр. (%)	Конц. (Бк/кг)	Погр (%)
1 разрез	506	0,00	7,43	15,40	17,81
0-37 см	-	0,00	7,49	15,86	17,91
	-	0,00	7,49	20,71	18,59
37-67 см	512	2,30	7,64	12,61	17,25
	-	4,01	7,77	18,83	18,00
	-	0,00	7,24	8,96	16,64
67-84 см	507	1,01	7,50	12,20	17,32
	-	0,00	7,34	14,56	17,67
	-	0,00	7,39	19,04	18,25
84-107 см	512	0,17	7,32	18,29	18,06
	-	5,56	7,90	18,92	18,08
	-	1,04	7,33	16,67	17,80

Разрез №2 (рис. 2).

Административное положение: Тюменская область, Тобольский район.

Географические координаты: (центр площадки): N 58,63174° E 68,58061°.

Географическое положение: Тюменская область, Тобольский район, вблизи деревни Надцы.

Особенности местности: лес хвойный, возвышенность 113 м над ур. м.



Рис. 2. Дерновоподзолистая турбированная почва со вторым гумусовым горизонтом.
Разрез №2

Плотность / кислотность: По полученным данным (табл. 3) почва характеризуется низкой изменчивостью pH. Плотность на протяжении глубин не сильно изменяется. Во фракции гранулометрического состава преобладает пыль, она на первом месте в данных глубинах. Почва – сильноокислая (табл. 3).

Дата заложения 29.06.2023

Полевое определение почвы: дерново-подзолистая турбированная почва со вторым гумусовым горизонтом (рис. 2)

[AY-EL]tr-EL[hh]-BEL-BT-C (Перемешанные серогумусовый и элювиальный горизонты-второй гумусовый горизонт-субэлювиальный-текстурный карбонатсодержащая почвообразующая порода).

Интервал 0-7 см. Цвет серо-черный; структура бесструктурная; включения и новообразования: корни.

Интервал 7-15 см. Цвет серовато-черный; структура крупно-комковатая; включения и новообразования: засохшие остатки растительности, корни; по состоянию влажности 38,46%.

Интервал 15-37 см. Цвет светло-коричневый; структура крупно-комковатая; включения и новообразования: белесые пятна, корни; по состоянию влажности 24,69%.

Интервал 37-60 см. Цвет серовато-коричневый; структура сланцевая-комковато-ореховатая; включения и новообразования: белые налеты, черные точечные пятна, корни; по состоянию влажности 23,71%.

Интервал 60-100 см. Цвет светло-коричневый; структура комковато-среднеореховатая; включения и новообразования: белесые пятна, корни; по состоянию влажности 14,7%.

Таблица 3

Краткая характеристика разреза №2

Глубина отбора проб, см	Плотность, г/см ³	рН – солевой	Фракции гранулометрического состава по методу Рудковского		
			Песок, %	Глина, %	Пыль, %
7-15	0,95	4,77	40	5,7	54,3
15-37	1,19	3,19	25	11,3	63,7
37-60	1,04	3,14	27,5	5,7	66,8
60-100	0,87	3,38	25	13,6	61,4

Карбонаты: нет реакции, карбонаты не обнаружены.

Количество Th – 232 превышает фоновое значение на глубине 15-100 (табл. 4). Содержание радиоактивного CS - 137 не превышает значения нормы в исследуемых горизонтах (табл. 4).

Таблица 4

Содержание радионуклидов в глубинах разреза №2

Дата и место отбора проб	Масса пробы (г)	Cs-137		Th-232	
		Конц. (Бк/кг)	Погр. (%)	Конц. (Бк/кг)	Погр (%)
2 разрез	403	0,00	9,01	20,97	21,88
7-15 см	-	0,00	8,91	15,93	21,22
	-	0,62	9,19	32,62	22,77
15-37 см	510	3,62	7,85	32,31	19,59
	-	1,82	7,62	28,85	19,20
	-	8,21	8,41	18,64	17,87
37-60 см	507	0,00	7,49	27,13	19,39
	-	0,00	7,44	22,64	18,85
	-	0,00	7,41	34,61	20,19
60-100 см	515	0,83	7,42	34,89	19,66
	-	4,22	7,50	31,36	19,07
	-	7,63	8,17	33,11	19,29

Разрез №3 (рис. 3).

Административное положение: Тюменская область, Тобольский район.

Географические координаты: (центр площадки): N 58,11843° E 68,58885°.

Географическое положение: Тюменская область, Тобольский район, вблизи села Абалак.

Особенности местности: у подножия высокой террасы Иртыша, равнина, пойма, 43 м над ур. м.



Рис. 3. Аллювиальная серогумусовая почва. Разрез №3

Плотность / кислотность: по полученным данным (табл. 5) почва характеризуется низкой изменчивостью pH. Плотность на протяжении глубин не сильно изменяется. Во фракции гранулометрического состава преобладает песок на глубине 2-25 см, а на глубине 25-115 см пыль. Почва – нейтральная.

Дата заложения 07.07.2023

Полевое определение почвы: аллювиальная серогумусовая почва (рис. 3)

АУ-АУС-С (Серогумусовый-переходный к породе- слоистая аллювиальная почвообразующая порода).

Интервал 0-2 см. Цвет черный; структура бесструктурная; включения и новообразования: корни.

Интервал 2-25 см. Цвет черный; структура комковатая; включения и новообразования: остатки растительности, ржавые охристые пятна, темные черные, коричневые подтеки, корни; по состоянию влажности 24,44%. Карбонаты есть.

Интервал 25-52 см. Цвет светло-коричневый; структура сланцевая-комковато-ореховатая; включения и новообразования: ржавые охристые пятна, черные линии, подтеки, черно-серые подтеки, корни; по состоянию влажности 14,32%. Карбонаты есть.

Интервал 52-80 см. Цвет светло-коричневый; структура сланцевая-комковато-ореховатая; включения и новообразования: в центре желто-коричневое пятно, черные подтеки, ржавые охристые пятна, черные точечные пятна, серые белесоватые подтеки, корни; по состоянию влажности 19,03%. Карбонаты есть.

Интервал 80-115 см. Цвет песчаный; структура структура столбовидная-комковатая; включения и новообразования: ржавые охристые пятна, черные точечные пятна, корни; по состоянию влажности 9,63%.

Таблица 5

Краткая характеристика разреза №3

Глубина отбора проб	Плотность, г/см ³	рН – солевой	Фракции гранулометрического состава по методу Рудковского		
			Песок, %	Глина, %	Пыль, %
2-25	0,81	5,84	55	7,9	37,1
25-52	1,2	5,76	40	4	56
52-80	1,05	6,88	35	4,5	60,5
80-115	1,09	6,55	50	5,7	44,3

Карбонаты: карбонаты обнаружены на глубине 2-115 см. (табл. 6).

Таблица 6

Содержание карбонатов разреза №3

Глубина отбора проб, см	Карбонаты, %
2-25	1,99
25-52	0,97
52-80	1,63
80-115	1,29

Количество Th – 232 превышает фоновое значение на глубине 2-80 см. Содержание радиоактивного CS – 137 превышает фоновое на глубине 2-52 см. Эффективная удельная активность в норме (табл. 7).

Таблица 7

Содержание радионуклидов в глубинах разреза №3

Дата и место отбора проб	Масса пробы (г)	Cs-137		Th-232	
		Конц. (Бк/кг)	Погр. (%)	Конц. (Бк/кг)	Погр (%)
3 разрез	506	25,99	10,38	32,98	19,39
2-25 см	-	31,42	10,95	26,69	18,50
	-	30,20	10,74	37,22	19,86
25-52 см	510	12,26	8,58	44,77	20,71
	-	8,92	8,21	26,56	18,40
	-	0,00	7,67	0,00	16,39
52-80 см	510	0,00	7,39	25,57	19,44
	-	0,00	7,37	0,00	16,01
	-	2,99	7,58	22,59	18,26
80-115 см	548	2,52	6,99	16,13	16,35
	-	0,31	6,73	22,99	17,15
	-	3,31	7,04	22,67	17,06

Заключение

Современный уровень содержания Th-232, Cs-137 в большинстве исследованных почв выходит за пределы фоновых значений (24 Бк/кг, 7,8 Бк/кг).

У гидроморфных почв количество Th-232 и Cs-137 в основном подходит к фоновому значению, но не превышает его, на верховых глубинах количество превышает фоновое значение. За исключением аллювиальной серогумусовой почвы (разрез 3), в которой содержание данных радионуклидов практически на всех глубинах превышает фоновое значение. У автоморфных почв чаще всего Th-232 превышает фоновое значение, а у Cs-137 показатели превышают норму как правило на верховых глубинах.

Библиографический список

1. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарева В.Г., Егорова В.А., Жигарева Т.Л. и др. // *Сельскохозяйственная радиология. Экология*. 1992. С. 68–105.
2. Еремченко О.З., Кайгородов Р.В., Москвина Н.В. *Учебно-методическое пособие. Полевая практика по почвоведению*. Пермь: ПГНИУ, 2005. 51 с.
3. Матвеев Т.И., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М. *Оценка радиационного состояния почв и растительности в зоне влияния теплоэлектростанции*. Хабаровск: изд-во ИГД ДВО РАН. 2006. 114 с.
4. Почва. URL: <https://bigenc.ru/c/pochva-a23782> (дата обращения: 10.01.2024).
5. Стадницкий Г.В. *Экология*. СПб.: Химиздат. 2001. 287 с.

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА СРЕДНЕГО УРАЛА (ЛИСТ О-40-XVI)

Приводится геоэкологический анализ территории листа О-40-XVI, расположенного на Среднем Урале в восточной части Пермского края. Рассмотрены природные и техногенные факторы геоэкологических условий и их воздействие на окружающую среду. Приведена характеристика природных и техногенных ландшафтов. Определена геодинамическая и геохимическая устойчивость и защищенность подземных вод. Выполнена комплексная оценка эколого-геологической опасности.

Ключевые слова: геоэкология, природная среда, геологическая среда, ландшафты, подземные воды, техногенная нагрузка, геодинамическая устойчивость, геохимическая устойчивость, геоэкологический анализ, геоэкологическая оценка, Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL SITUATION IN THE MIDDLE URALS (SHEET O-40-XVI)

A geoecological analysis of the territory of sheet O-40-X XVI, located in the Middle Urals in the eastern part of the Perm Territory. Natural and technogenic factors of geoecological conditions and their impact on the environment are considered. The characteristic of natural and technogenic landscapes is given. The geodynamic and geochemical stability and protection of groundwater has been determined. A comprehensive assessment of the environmental and geological hazard was carried out

Keywords: geoecology, natural environment, geological environment, landscapes, groundwater, technogenic load, geodynamic stability, --geochemical stability, geoecological analysis, geoecological assessment, Urals.

Средний Урал является одним из старейших горно-промышленных и индустриальных регионов России. На западном склоне Среднего Урала основные геоэкологические проблемы связаны с природно-техногенными факторами формирования экологических условий. Из природных факторов главными являются повышенная геодинамическая активность, трещиноватость пород, развитие карстовых процессов). Техногенные факторы обусловлены ведущими отраслями промышленности: металлургической, топливно-энергетической, лесной. Спецификой района в северной части являются экологические последствия разработки Кизеловского угольного бассейна, а в южной части — экологические последствия, связанные с разработкой месторождений нефти и газа [2, 4, 8, 9, 26, 34, 37, 43].

В основе статьи материалы ГДП-200 листов О-40-X (Кизел) и О-40-XVI

(Лысьва), проведенных в 2006–2009 гг., объяснительной записки к Госгеолкарте-200/2 [3] в которых автор принимал непосредственное участие в качестве ответственного исполнителя по разделам: стратиграфия (квартер), геоморфология, гидрогеология, экологическая геология, а также был автором и составителем соответствующих карт в данных разделах (геологическая карта четвертичных образований масштаба 1:200 000; геоморфологическая, гидрогеологическая, эколого-геологическая карты), сопровождающихся базами данных. Составлены в соответствии с требованиями методических руководств и инструкций [5]. Также анализировались материалы геоэкологических, гидрогеологических, геохимических съемок, картографирования и экологическая информация из опубликованных и фондовых источников [3, 4, 10, 33].

Общая характеристика территории

Административное положение территории листа О-40-XVI (Лысьва): РФ; Приволжский федеральный округ; Пермский край; Горнозаводский, Добрянский, Лысьвенский, Чусовской и Кунгурский районы, а также территория, подчиненная городской администрации Гремячинска. Площадь работ ограничивается координатами 58°00'–58°40' с. ш., 57°00'–58°00' в. д. и составляет 4 349 км².

В структурно-геологическом плане территории располагается на стыке Предуральского краевого прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости (рис. 1). На площади распространены стратифицированные толщи широкого возрастного диапазона от нижневендских до квартера. Магматические образования представлены дайками усьвинского габбродолеритового комплекса нижнего девона.

Рельеф территории холмисто-увалистый, со средними абсолютными отметками, колеблющимися от 109–250 м на западе до 400–500 м на востоке, что отражает общий подъем местности по направлению к Уралу. Абсолютные высотные отметки колеблются от 108 м (урез р. Чусовой) до 499 м (ур. Верх. Копи).

Климат территории континентальный. Среднегодовая температура –0,9 °С, средняя месячная температура января –17,2 °С (абсолютный минимум –52 °С), температура июля +5,4 °С (абсолютный максимум +34 °С). Средняя дата устойчивого наступления мороза 26 октября, прекращения – 27 марта. Продолжительность устойчивых морозов 153 дня. Среднемесячное количество осадков в июне–сентябре составляет 89–93 мм. Среднегодовое количество осадков 977 мм. Количество осадков по месяцам распределяется неравномерно. Большая часть осадков выпадает в теплое время года с максимумом в октябре (100 мм), а самым «сухим» по осадкам является февраль (31 мм). Образование снежного покрова происходит в среднем 23 октября, разрушение – 27 апреля. Наибольшая высота снежного покрова достигает 147 см. Преобладающее направление ветров западное и юго-западное. Весеннее половодье на реках начинается в конце второй–начале третьей декады апреля и заканчивается в среднем во второй половине июня. Летняя межень продолжается до конца

августа–начала сентября, сменяясь осенними паводками продолжительностью от 10 дней до 2 месяцев и более. Средняя продолжительность осеннего ледохода составляет 10–15 дней. Реки замерзают в конце октября–начале декабря.

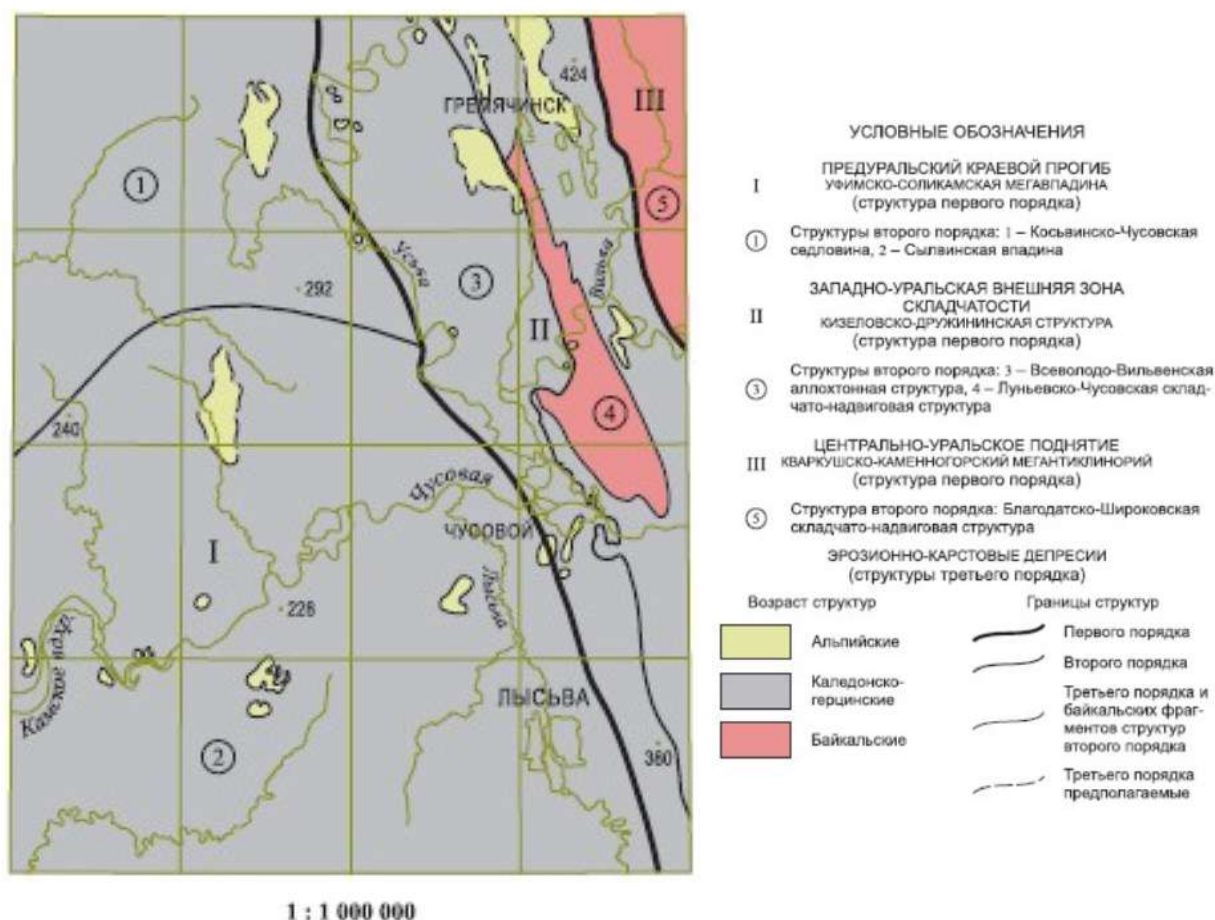


Рис. 1. Схема тектонического районирования [3]

Гидрография. Главная река площади – Чусовая. Ее долина и долины притоков врезаются на 150–200 м, создавая расчлененный рельеф местности, изобилуют выходами коренных пород. Река Чусовая пригодна для судоходства, является основным водотоком площади и протекает с востока на запад в южной половине листа О-40-XVI. За счет подпора вод, созданного Камским водохранилищем, она судоходна для небольших судов до г. Чусовой. Влияние подпора Камского водохранилища сказывается до Верхнечусовских Городков. Выше река протекает в естественном русле. Главным притоком р. Чусовой является р. Усьва с притоками – р. Вильвой и р. Вижай. Протяженность основных водотоков в пределах площади: р. Усьва – 102 км, р. Вильва (приток Усьвы) – 62 км, р. Вильва (приток Косьювы) – 42 км, р. Вижай – 20 км, р. Чусовая – 92 км, р. Лысьва – 55 км.

Площадь находится в зоне таежных лесов с преобладанием хвойных пород (ель, пихта, редко кедр, сосна). Лиственные породы представлены березой, осиной, рябиной, по долинам рек – черемухой, ольхой, ивой.

Вырубленные пространства, которые преобладают, представляют труднопроходимую местность из-за плохой очистки лесосек и сплошных зарослей кустарника и осиново-березового молодняка. Вершины и склоны холмов и увалов покрыты пихтово-еловой тайгой. В межгорных понижениях, горных долинах и нижней части склонов тайга состоит в основном из ели с примесью пихты, кедра, березы, с моховым покровом и с развитием заболачивания. Леса отсутствуют вокруг городов, рабочих поселков и шахт.

Население района сосредоточено в основном в гг. Гремячинск, Лысьва и Чусовой. Остальное население проживает в поселках: Верхнечусовские Городки, Скальный, Комарихинский, Калино и др. [1, 3].

Характеристика природных и техногенных ландшафтов

Природные ландшафтные подразделения выделены по комплексу признаков (рельеф, литологический состав субстрата, характер четвертичных образований и др.), ведущим из которых является геоморфологический фактор – рельеф [32].

Рассматриваемая территория представляет собой в целом увалисто-грядовую территорию с абсолютными отметками 108–455 м. По геоморфологическому районированию [1, 10] включает в себя две геоморфологические области: денудационную равнину Предуралья и остаточные горные массивы западного склона Среднего Урала. Эти структуры легли в основу ландшафтного районирования и построения схемы эколого-геологических условий (рис. 2, 3).

По ландшафтно-климатическому районированию [46] вся территория относится к бореальной таежной зоне, южнотаежной подзоне платформенных равнин и подзоне низкогорных среднетаежных ландшафтов. Таежные и горнотаежные ландшафты характеризуются пермацидным (промывным) режимом, где преобладают атмосферные осадки над испарением и преимущественным развитием пользуются подзолообразовательные процессы. Промывной режим способствует выносу химических элементов над процессом накопления. Значительную роль играют вторичные аккумуляторные ореолы, приуроченные к пониженным частям рельефа.

По особенностям водной миграции ландшафты относятся к классу кислых и кислых глеевых. Ведущее значение в рассматриваемой биогенной миграции элементов в сочетании с физико-химическими и механическими процессами. Немаловажную роль играет техногенная миграция, в которую вовлекается все больше рассеянных элементов (выбросы предприятий, стоки, работа автотранспорта).

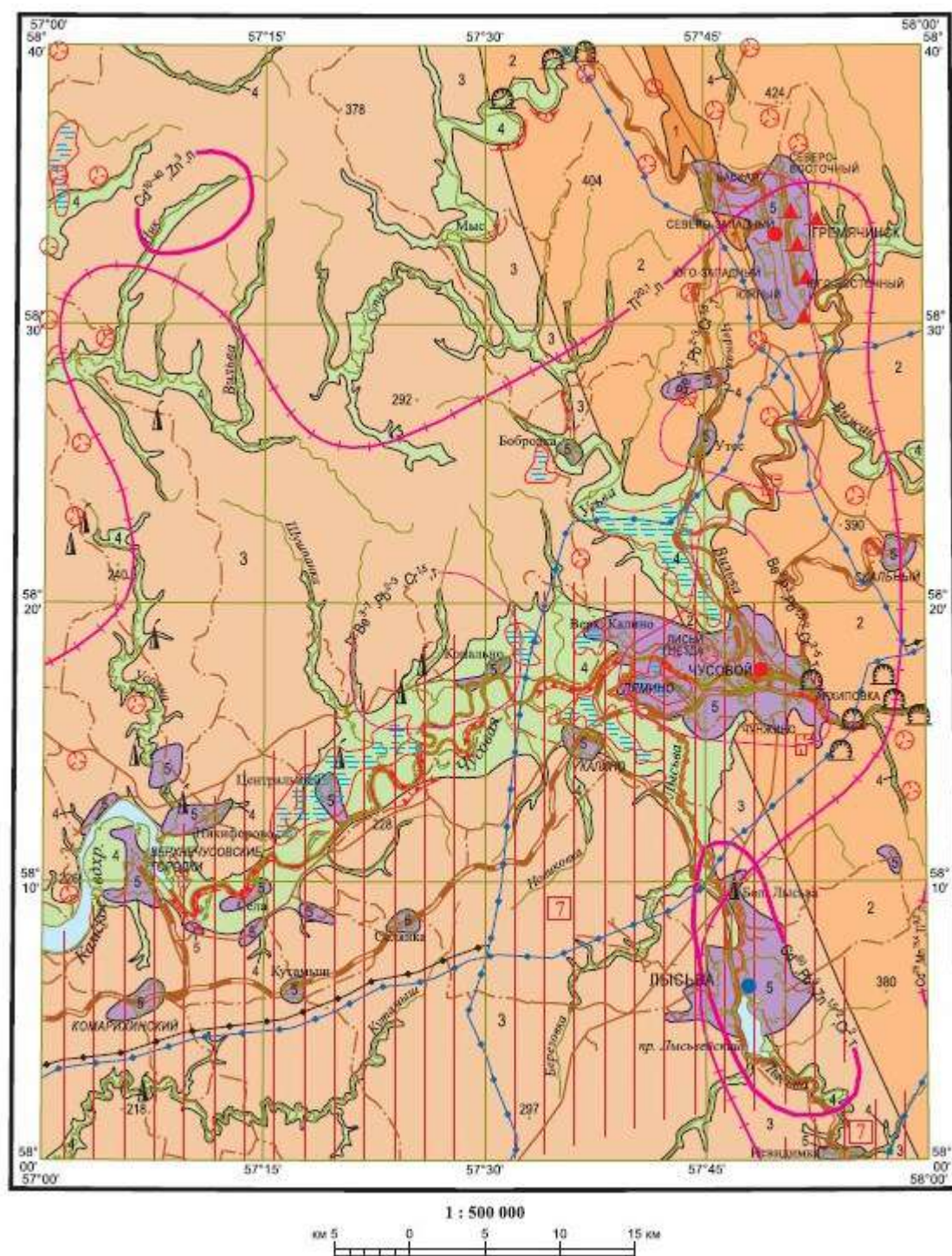


Рис. 2. Схема эколого-геологических условий [3]

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЛАНДШАФТЫ

Группа	Отдел	Тип	К Л А С С	
			Индекс	Макрорельеф, литология коренных пород, четвертичных отложений, почвы, растительность
П Р И Р О Д Н Ы Е				
Бореальная, континентальная	Среднетаежные горные пояса	Увалисто-грядовые предгорья	1	Низкогорный. Залесенные низкие горы на терригенных отложениях с абсолютными отметками до 500 м. На склонах и вершинах элювиальные и делювиальные глинисто-щебнистые отложения. Почвы горно-таежные, подзолистые. Леса пихтово-еловые с примесью березы. По старым вырубам развиты вторичные мелколиственные леса
			2	Предгорный эрозионно-денудационный. Залесенные увалы и гряды на терригенных и карбонатных породах с абсолютными отметками до 400 м. Почвы таежные, подзолистые. Леса хвойные с березой и осиной
	Южнотаежные равнины	Возвышенные равнины	3	Равнинно-возвышенный. Денудационная равнина на слабодиспозированных карбонатных и терригенных породах с абсолютными отметками до 200-260 м. Мощность четвертичных образований до 5 м. Почвы сильноподзолистые и дерново-сильноподзолистые. Леса мелколиственные и хвойно-мелколиственные вторичного происхождения
			4	Эрозионно-аккумулятивный. В долинах крупных рек фрагментарно выделяются участки высококоральных террас, и практически везде четко прослеживается комплекс террас и поймы. Пойма и низкие террасы нередко заболочены. Осадки представлены галечниками, песками, глиной. Преобладают луговые и лугово-болотные почвы, разнотравные и осково-кочкарные луга
Т Е Х Н О Г Е Н Н Ы Е				
Техногенный рельеф			5	Промышленные зоны городов и поселков

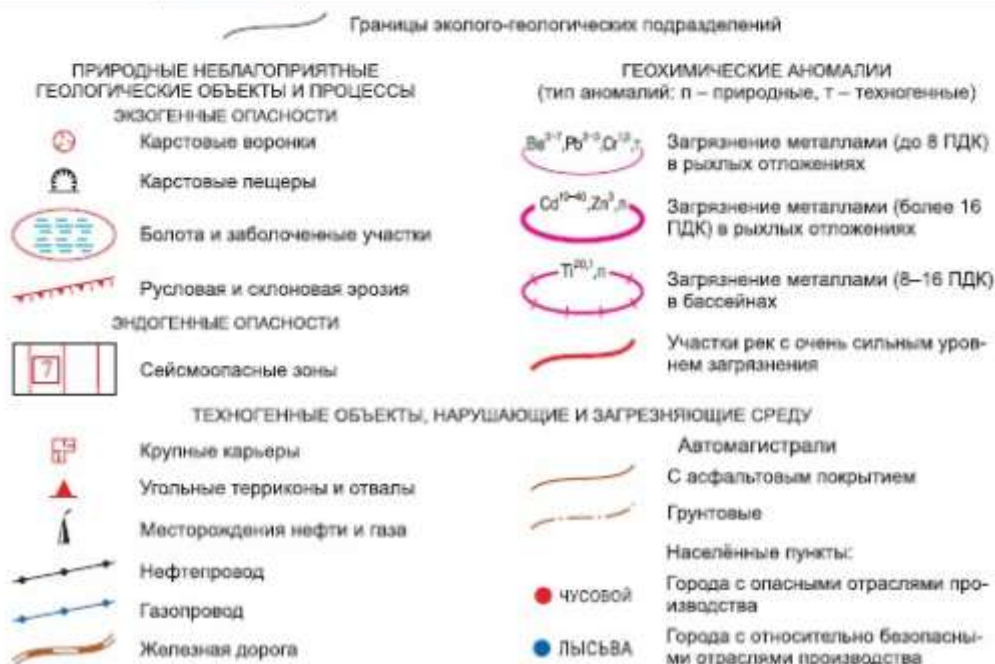


Рис. 3. Условные обозначения к Схеме эколого-геологических условий [3]

Описываемой территории свойственно многообразие и сложное сочетание природных, техногенных и переходных ландшафтов, которые сформированы на пестром по составу комплексе горных пород широкого возрастного диапазона от позднего протерозоя до квартера включительно.

Скальные выходы древних пород наблюдаются, как правило, на гребнях горных останцов и по долинам рек. Комплекс кайнозойских отложений представлен в основном четвертичными образованиями, которые сплошным, но маломощным чехлом перекрывают более древние породы. Выделяется до 40 различных видов и разновидностей ландшафтов [14, 36, 38, 42, 48].

Из основных морфогенетических типов природных ландшафтов в пределах площади выделены три: увалистые грядовые предгорья, возвышенные равнины, долины рек. Из техногенных ландшафтов выделены: промышленные зоны городов и поселков [10].

Увалистые грядовые предгорья. Ландшафт западного склона Среднего Урала представлен двумя подтипами: *предгорным эрозионно-денудационным* (индекс 2) на абсолютных отметках до 400 м и *низкогорным денудационным* (индекс 1) – на абсолютных отметках увалов и гряд до 455 м. Крутизна склонов до 35°. Коренные породы представлены известняками, доломитами, алевролитами, аргиллитами, песчаниками, редко вулканитами. Мощность четвертичных отложений редко превышает 5 м, в пределах эрозионно-структурных депрессий – до 20–30 м. Поднятие территории за неоген–четвертичный период составляет 250–300 м. Почвы горные подзолистые, реже горнолесные бурые. Леса пихтово-еловые с примесью березы. По старым вырубам развиты вторичные мелколиственные леса.

Возвышенные равнины. Ландшафт денудационной равнины Предуралья (индекс 3) представлен террасированными, волнистыми, увалистыми и холмистыми равнинами на палеозойских слабодислоцированных карбонатных и терригенных породах с абсолютными отметками до 200–300 м (в пределах Лысьвенско-Тулумбасской возвышенной равнины) и до 340–380 м (в пределах Косьюинско-Чусовской возвышенности). Мощность четвертичных отложений редко превышает 5 м. Амплитуды неотектонических поднятий территории редко превышают 150–200 м. Почвы преимущественно сильноподзолистые и дерново-сильноподзолистые. Леса преимущественно мелколиственные и хвойно-мелколиственные вторичного происхождения.

Долины рек. Ландшафт (индекс 4) с эрозионно-аккумулятивным и аккумулятивно-эрозионным рельефом включает комплекс террас и склонов современной гидросети. Приурочен к абсолютным отметкам 108–230 м. В долинах крупных рек (рр. Чусовая, Усьва) фрагментарно выделяются участки высокоцокольных террас (исетская, уфимская, кустанайская и наурзумская) и практически всюду (на крупных и малых реках) четко прослеживается комплекс террас (камышловская и режевская) и поймы. Осадки представлены галечниками, песками, глиной. Преобладают луговые и лугово-болотные почвы, разнотравные и осоково-кочкарные луга.

В результате хозяйственной деятельности человека происходит исчезновение естественных природных комплексов или их отдельных компонентов, возникают антропогенные ландшафты, которые сохраняют отдельные черты коренных ландшафтов и часто включают фрагменты естественных экосистем. Природные (естественные) или малоизмененные

ландшафты представлены преимущественно лесными, луговыми и болотными разновидностями, сохранившимися в удалении от городских и промышленных территорий и испытывающими минимальное техногенное воздействие. Из этих ландшафтов первичные леса занимают 25 % территории; вторичные леса – 50 %, выруба – 10 %. Сельскохозяйственные комплексы являются трансформированными антропогенными модификациями природных ландшафтов и характеризуются заменой естественной растительности на сельскохозяйственные культуры, к ним относятся пашни. Сельскохозяйственные земли распространены фрагментарно и занимают небольшую площадь – до 7 %.

Техногенный рельеф. Ландшафт (индекс 5) пространственно приурочен к селитебным и промышленным зонам, линейным промышленным объектам (железные, шоссейные и грунтовые дороги; линии электропередач; нефте- и газопроводы) и существенным нарушениям природных зон (угольные терриконы, отвалы пород, отстойники, свалки, дражные отвалы и др.) [3].

Геодинамическая и геохимическая устойчивость и защищенность подземных вод

Природные ландшафтные подразделения обладают различной геодинамической и геохимической устойчивостью к физико-механическим воздействиям и геохимическому заражению [35]. Наиболее высокой геодинамической и геохимической устойчивостью (1а) обладают водораздельные пространства и приводораздельные склоны. Средняя степень геодинамической и геохимической устойчивости (2б) характерна, в основном, для придолинных склонов. Низкая степень геодинамической и малая – геохимической устойчивости (3в) характерны для речных долин и заболоченных участков. В целом на площади преобладают среднеустойчивые ландшафты (рис. 4).

Подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов весьма слабо защищены от поверхностного загрязнения. Особенно это касается аллювиальных отложений речных террас, где прослеживается тесная гидравлическая связь русловых вод с подземными водами древних толщ, поэтому загрязнение водоносных горизонтов весьма реально. По степени защищенности [10] выделяется две категории подземных вод: слабозащищенные – распространены незначительно в западной и южной части территории и незащищенные – распространены на большей части территории.

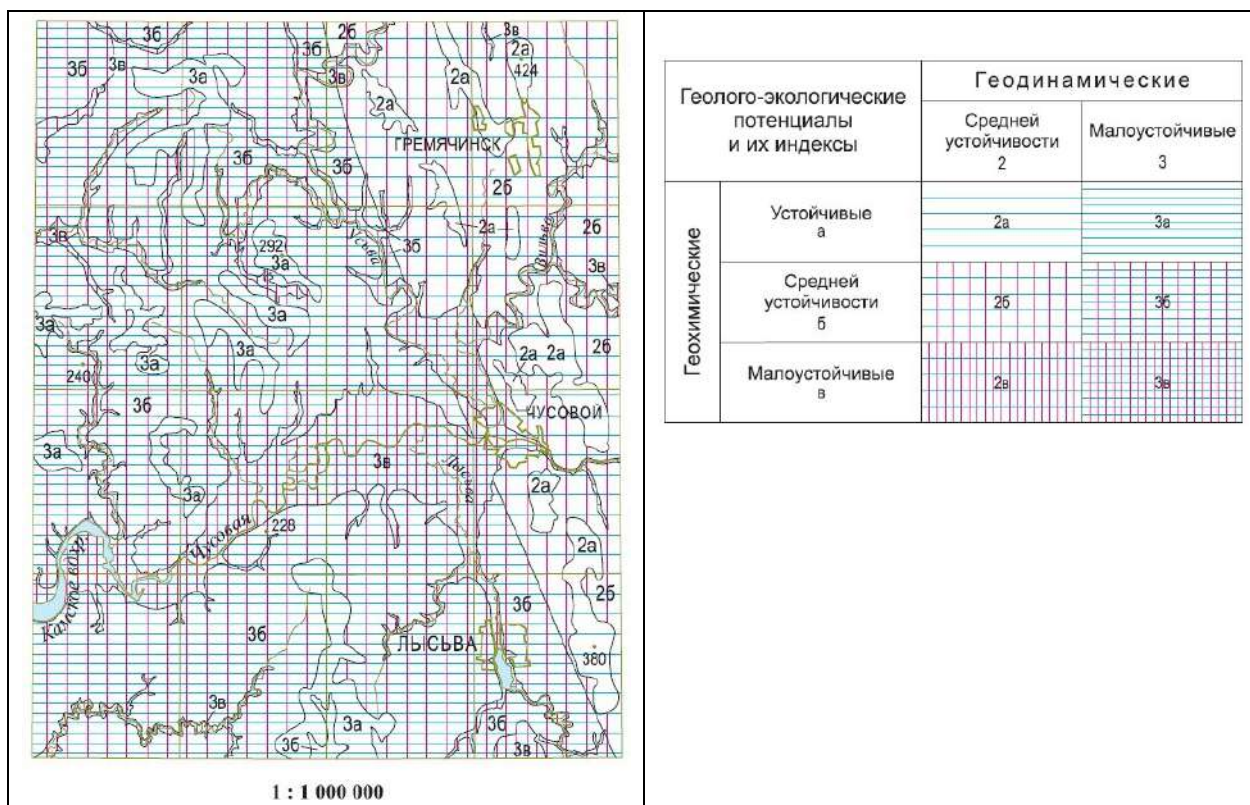


Рис. 4. Схема геодинамической и геохимической устойчивости ландшафтных подразделений [3]

Основные техногенные факторы и их воздействие на окружающую среду

Большую часть территории занимает Лысьвенско-Чусовской промышленно-экономический район (ПЭР) Пермского края, и небольшая часть на северо-востоке относится к Кизеловско-Губахинскому ПЭР (Гремячинский район). Эти районы имеют специфические экологические проблемы. Описание приводится по [4, 10, 44].

Селитебные зоны представляют 162 населенных пунктов, крупнейшие из них: гг. Чусовой, Лысьва, Гремячинск, пгт. Верхнечусовские Городки, Комарихинский, Калино, Лямино, Скальный и др. Ведущими отраслями в структуре экономики данного промышленно-экономического района являются черная металлургия, машиностроение, металлообработка, промышленность стройматериалов, легкая и пищевая промышленность. Черная металлургия представлена предприятиями: АО «Лысьвенский металлургический завод», АО «Чусовской металлургический завод», производящие чугун, доменные ферросплавы, сталь, прокат, феррованадий, литье, металлоконструкции, товары бытового назначения. Чусовской металлургический завод – единственное в крае металлургическое предприятие полного цикла «чугун-сталь-прокат». К машиностроительному комплексу с металлообработкой относятся АО «Привод», АО «Чусовской завод металлоизделий» и более мелкие. На них производятся турбогенераторы, электродвигатели для насосов, сварочные

электроды, электромашины и многое другое. Угледобывающая промышленность развивалась до 1997 года, добыча угля осуществлялась ОАО «Кизел-уголь» (шахты Гремячинская, Западная, Таежная, Скальная). Другие виды промышленности в большей части обеспечивали производство, ремонт и обслуживание горношахтного оборудования. В настоящее время все шахты законсервированы и закрыты. Промышленность стройматериалов представляют предприятия, добывающие камень строительный, щебень, гравий (Чусовской каменный карьер); предприятия, производящие строительные материалы – АО «ЖБК-6», ЗАО «Стройдеталь», АО «Строма», Калининский кирпичный завод. Ведутся заготовки леса предприятиями: Чусовской ЛПХ, Комарихинский ЛПХ, МУП Скальнинский леспромхоз и др. Имеются предприятия по переработке древесины: Ляминский ДСК, МУП «Чусовской дерево-обработывающий комбинат». Местное значение имеет сельскохозяйственная, пищевая, хлебо-пекарная и легкая промышленность. Дорожная сеть довольно хорошо развита. Чусовой – крупный транспортный узел, образовавшийся на стыке Горнозаводской магистрали Пермь–Ниж. Тагил и железной дороги г. Соликамск. Через район проходит автодорога краевого значения Кунгур–Соликамск, усовершенствована автодорога Полазна–Чусовой.

На территории Лысьвенско-Чусовского ПЭР объем отходов в последние годы по статистическим данным экологов [4] составлял 948–1 028 тыс. т/год. Модуль техногенной нагрузки (по количеству отходов на 1 км² площади) составляет в целом по району 137–149 т/км². По этому показателю Лысьвенско-Чусовской ПЭР (за счет Чусовского района) относится к территориям с очень высоким уровнем суммарной антропогенной нагрузки. По уровню антропогенной нагрузки на атмосферный воздух район в целом относится к высокому уровню (при этом территории г. Гремячинск – с умеренным уровнем, Лысьвенский район – со средним уровнем, а Чусовской – с очень высоким уровнем). Сброс сточных вод в водные объекты, составляет более 50 млн м³ в год с массой ЗВ – 14–15 тыс. т. Значительную опасность представляют трансграничное загрязнение р. Чусовой шестивалентным хромом, поступающим в реку со сточными водами объединения «Хромпик» от г. Первоуральск Свердловской области.

Оценка эколого-геологической опасности

Геодинамическая и сейсмическая активность. Вся рассматриваемая территория по ОСР-97-С относится к территориям 7 – балльной сейсмической опасности по шкале MSK-64. По схеме сейсмического районирования Среднего Урала масштаба 1:1 000 000 [6] на рассматриваемой площади выделены зоны потенциально сейсмоопасные, протягивающиеся в северо-западном направлении: первой категории опасности (через г. Лысьву) и второй категории опасности (через г. Чусовой).

Значительную часть территории в центральной и восточной частях занимает крупная Косьвинско-Чусовская геодинамическая активная зона, выделенная при неотектоническом картировании [7-10, 54]. Расположена в

бассейнах среднего и нижнего течения рек Чусовой и Усьвы. Пространственно ориентирована в субмеридиональном направлении. В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Предуральского краевого прогиба и Западно-Уральской зоной складчатости; пересекается несколькими глубинными разломами преимущественно субмеридионального направления. Имеет сложное строение гравиметрического поля – с преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести в северной и южной части, и преимущественно положительными аномалиями силы тяжести в центральной части. По данным аэрокосмогеологических исследований [16, 17, 19, 25, 45] эту зону пересекает несколько линейных региональных мобильных геодинамических зон северо-западного простирания, а самая крупная аномальная зона по плотности линеаментов и мегатрещин «разбивается» на ряд более мелких геоактивных зон с площадями 100–300 км². Косьвинско-Чусовская геоактивная зона пространственно совпадает с геохимическими и гидрогеохимическими аномальными зонами (АЗ), выделенными при геоэкологическом и ландшафтно-геохимическом картировании [12, 13, 18, 21]. Выделяются крупные водообильные зоны высокодебитными родниками на участках тектонических нарушений.

Экзогенные геологические процессы. Наибольшее распространение на рассматриваемой территории получили просадки, связанные с суффозионно-карстовыми процессами; оползневые и эрозионные процессы [10, 53]. Наиболее опасный из них, имеющий катастрофические последствия – карст.

Рассматриваемая территория расположена в пределах Уральской карстовой страны; занимает часть Предуральской и Западно-Предуральской карстовых провинций, находится в пределах Чусовского района карбонатного карста [1, 38]. Карстовые явления развиваются преимущественно в известняках и доломитах. Наиболее закарстованы доломиты верхнего девона, химически чистые визейские известняки, затем известняки верхов среднего карбона, менее – верхнекаменноугольные. Карстовые формы приурочены к эрозионным формам, зонам тектонических нарушений и контактов карбонатных пород с некарстующимися. Наиболее характерными карстовыми формами являются воронки, суходолы, исчезающие реки, мощные родники и пещеры. На склонах долин и междуречий встречаются слепые карстовые и эрозионно-карстовые лога.

Наиболее распространены воронки в полях распространения карбонатных пород. Плотность воронок в пределах районов карбонатного карста от менее 1 до 10–20 шт/ км² [10].

Подземные формы представлены пещерами, каналами, кавернами. В пределах рассматриваемой территории установлено 37 небольших пещер протяженностью до 240 м. Современный и древний карст проявляется на поверхности в образовании мульд оседания, расширенных участков долин, нередко заполненных водой или заболоченных. Отмечается проявление техногенного карста. Данный природно-антропогенный процесс в Чусовском районе малоизучен, специфика этой разновидности карста – его развитие в зоне

непосредственного воздействия технической деятельности. Происходят процессы оседания земной поверхности над отработанными горными выработками.

Эколого-гидрогеологические условия. На рассматриваемой территории выделены 14 водоносных комплексов и горизонтов [11, 20, 22]. На территории установлена крупная гидрогеохимическая аномальная зона (АЗ) – Чусовская [10, 13, 28-31].

Чусовская гидрогеохимическая АЗ расположена в южной и центральной части листа О-40-XVI, в низовье р. Чусовой. Изоминеры соответствуют значениям от 0,2 до 2,0 г/дм³. Выделена в основном по Ti (до 20,1 ПДК), другие аномалии являются точечными: Br (до 8,0 ПДК), В (до 8,0 ПДК), Ва (до 3,3 ПДК), Sr (до 2,7 ПДК), Mn (до 2,4 ПДК), Cr (до 1,0 ПДК).

Эколого-геохимические условия. На рассматриваемой территории установлено большое количество различных геохимических аномалий в почвах и донных осадках, которые группируются в крупную аномальную геохимическую зону – Среднечусовскую АЗ [10, 27, 30]. Она занимает юго-восточную часть листа О-40-XVI, в бассейне р. Чусовой, среднем течении р. Лысьвы. Включает 4 комплексные аномалии с площадями 100–150 км² и ряд небольших. Выделяется как площадная аномалия по: Pb (1–3,3 ПДК, 70 % площади АЗ), Be (1–6,0 ПДК, 90 % площади АЗ), Ni (1–1,5 ПДК, 50 % площади АЗ), Cr (1–5,3 ПДК, 50 % площади АЗ), Cu (1–9,1 ПДК, 30 % площади АЗ), Mn (1–2,7 ПДК, 35 % площади АЗ), Ti (1–2,0 ПДК, 30 % площади АЗ), Ga (1–2,0 ПДК, 95 % площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Zn (1,4–1,8 ПДК, 10 % площади АЗ), Cd (10–30 ПДК, 25 % площади АЗ), V (1–4,7 ПДК, 5 % площади АЗ), Ba (1–1,6 ПДК, 5 % площади АЗ), Zr (1–3,3 ПДК, 25 % площади АЗ).

Генетическая природа Среднечусовской АЗ в целом комплексная, с различной долей двух групп факторов – природной и техногенной. Отмечается приуроченность отдельных аномалий к населенным пунктам, автомобильным и железнодорожным магистралям, промышленным, сельскохозяйственным и селитебным зонам; при этом значительные их части в пределах промзон классифицируются как природно-техногенные. Собственно техногенные аномалии имеют в плане локальный мозаичный характер, к ним относятся техногенные загрязненные участки в пределах любых территорий и зон [10].

На территории Чусовского и Лысьвенского промузла из химических элементов наиболее опасными, формирующими крупные или небольшие по площади, но токсичные техногенные аномалии, установлены: кадмий (до 50,0 ПДК), бериллий (до 5,0 ПДК), свинец (до 3,3 ПДК), фосфор (до 3,5 ПДК), цинк (до 1,8 ПДК), хром (до 5,3 ПДК), медь (до 1,4 ПДК), никель (до 1,3 ПДК), марганец (до 2,7 ПДК), титан (до 2,6 ПДК), барий (до 1,7 ПДК). Кадмий, бериллий и хром формируют крупные аномалии практически по всей территории. Свинец формирует аномалии в г. Лысьва, на железнодорожных станциях Калино, Лямино, на севере района, локально – по автодорогам; цинк –

в промышленной зоне г. Лысьва и на северо-востоке; никель – в промышленной зоне г. Чусового и на юго-западе; медь – локально по всей территории.

Радиационная обстановка территории довольно спокойная. Величина экспозиционной дозы (МЭД) редко превышает 15 мкР/ч. По данным ГГП «Зеленогорскгеология» (1996 г.) на рассматриваемой территории по материалам гамма-каротажа на глубинах 381–2232 м в нижнекаменноугольных и нижнепермских отложениях была выявлена Чусовская аномальная зона, выходящая за пределы рассматриваемой площади (площадь 1 800 км², радиоактивность 102–170 мкР/ч), с полигенным урановым оруденением [3, 10].

Комплексная оценка эколого-геологической опасности

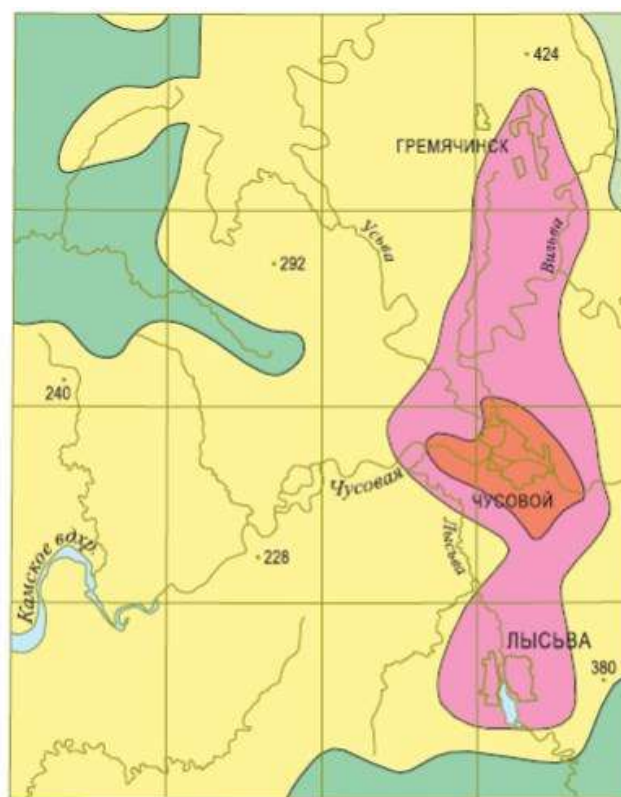
Оценка экологического состояния природной среды рассматриваемой территории произведена на основании геоэкологического анализа по комплексу критериев и методики оценки состояния геологической среды включающих: загрязнение почвогрунтов, естественная и техногенная радиоактивность, степень развития экзогенных и эндогенных геологических процессов, геоморфологических и почвенных ландшафтов, качество подземных и поверхностных вод [15, 23, 24, 34, 39, 47, 49–52]. Интенсивность влияния того или иного фактора оценена в баллах. Критерием оценки территорий по степени эколого-геологической опасности служит суммарный балл. Ранжирование состояния проведено по 5 градациям [5]. Участки, в пределах которых суммарная величина опасностей не превышает 3 баллов, относятся к категории территорий с благоприятной обстановкой; 4–7 баллов – удовлетворительной; 8–12 – напряженная; 13–18 – кризисная и более 18 – катастрофическая (рис. 5).

Территории с *благоприятными экологическими условиями* выделены локально в крайней северо-восточной и юго-восточной частях площади. К ним отнесены площади с природными условно-естественными лесными или природно-антропогенными (вторичными лесными, частично вырубками, луговыми) ландшафтами и в целом имеют благоприятную (допустимую) степень нарушенности среды. Эти площади характеризуются редким развитием слабых по интенсивности и локальных по распространенности природных (в основном это заболоченности) процессов; геохимические аномалии либо отсутствуют (из-за низкого фона или слабой изученности), либо локальны, характеризуются допустимой степенью загрязнения и не превышают ПДК. Занимают площадь около 2 %.

Территории с *удовлетворительными эколого-геологическими условиями* выделены фрагментарно на участках, отдаленных от промышленных территорий, характеризуются природными и слабоизмененными ландшафтами и незначительной пораженностью ЭГП. Геохимические аномалии, незначительно превышающие ПДК, имеют локальный характер, техногенная нагрузка незначительна или отсутствует. Занимают площадь до 13 %.

Наибольшее распространение (70 %) имеют территории с *напряженной степенью эколого-геологической опасности*. Определяющими ЭГП являются карст, заболачивание, овражная эрозия. Техногенная нагрузка – селитебные

зоны, предприятия в основном лесозаготовительного и реже сельскохозяйственного и другого профиля. Локальные геохимические аномалии: отмечается загрязнение почвогрунтов и подземных и поверхностных вод до уровня 8 ПДК, реже – выше.



1 : 1 000 000

Суммарная оценка эколого-геологической опасности

Степень опасности	Благоприятная	Удовлетворительная	Напряженная	Кризисная	Катастрофическая
Суммарный балл влияния факторов	0–3	4–7	8–12	13–18	более 18

Границы территорий с различной оценкой опасности

Рис. 5. Схема оценки эколого-геологической опасности [3]

Участки с кризисными геоэкологическими условиями приурочены главным образом к территориям, где развиты различные промышленные комплексы, в т. ч. связанные с разведкой, добычей и транспортировкой нефти и газа, а также селитебные ландшафты, занятые обслуживанием железнодорожных магистралей. Для них характерно значительное изменение природных ландшафтов, а также механическое и химическое загрязнение естественной среды. Занимают площадь до 12 %.

Выделен участок с катастрофическими геоэкологическими условиями – район г. Чусового. Близки к этому уровню гг. Лысьва и Гремячинск. В этих районах сказывается влияние всех факторов, с явным преобладанием техногенного. Установлены обширные геохимические аномалии по всем средам с ореолами и потоками с чрезвычайно опасной степенью загрязнений, достигающих 32 ПДК (иногда более). Эти районы классифицируются как территории с катастрофическим экологическим состоянием природной (в том числе и геологической) среды. Занимают площадь 3 %. Имеют минимальную экологическую емкость [40, 41].

Потенциальными зонами экологического риска в пределах территории следует считать участки, прилегающие к трассам нефте- и газопроводов, высокая степень изношенности которых приводит к частым авариям с тяжелейшими последствиями для окружающей среды.

В настоящее время достаточно сложно оценить региональную направленность изменения природной среды в целом и геологической – в частности. Достоверность этой оценки должна основываться на длительных мониторинговых и режимных наблюдениях по всем компонентам природной среды на всей территории с характеристикой различных ландшафтно-геологических систем.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Под общей ред. А.М. Тартаковского. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: Уральский рабочий, 2012. 124 с.
2. Бачурин Б.А. Экологические проблемы горнопромышленных районов Пермского края // *Экология и промышленность России*. 2006. № 4. С. 32-35.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Лист О-40-XVI (Лысьва). Объяснительная записка / Под ред. Б. К. Ушкова. Научный редактор В.Р.Вербичский. Составители: Г.П. Снитко и др. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», Минприроды России, Управление по недропользованию по Пермскому краю, ОАО «Геокарта-Пермь». 2017. 150 с.
4. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края. Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь (за 1995-2024 гг.) <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад>.
5. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (Роскомнедра). М.: ВСЕГЕИ, 1995. 244 с.
6. Кащубин С.Н. и др. Схема сейсмического районирования Среднего Урала масштаба 1:1 000 000 («Баженовская геофизическая экспедиция»). Екатеринбург, 1998.
7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
8. Копылов И.С. Геодинамические и геохимические ландшафты: систематизация, районирование, аномалии // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2019. № 22. С. 345-352.
9. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
10. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. 501 с.
11. Копылов И.С. Гидрогеологическая карта и подземные воды Кизеловского угольного

- бассейна // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 92-101.
12. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
13. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.
14. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.
15. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
16. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
17. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. №. 3. С. 18-32.
18. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2 (15). С. 16-34.
19. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
20. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
21. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. №. 1. С. 26-37.
22. Копылов И.С. Подземные воды западного склона среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6-3. С. 460-464.
23. Копылов И.С. Прикладная геоэкология. Пермь: Пермский гос. нац. исслед. университет, 2023. 247 с.
24. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
25. Копылов И.С. Проведение аэрокосмогеологических исследований для выявления геодинамических активных зон территории трасс магистральных газопроводов ООО «Газпром Трансгаз Чайковский» (Гремячинск - Чусовой - Пермь - Кын) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2022. С. 205-216.
26. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177
27. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
28. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47.
29. Копылов И.С. Эколого-геологическая обстановка Среднего Урала (Кизеловский угольный бассейн, лист О-40-Х) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 128-145.
30. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.
31. Копылов И.С., Алексеева Л.В., Даль Л.И. Региональный геоэкологический и гидрогеоэкологический анализ Пермского края // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 72-79.
32. Копылов И.С., Алексеева Л.В., Копылова Л.И. Составление ландшафтно-геохимической карты Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет о НИР. 2004.
33. Копылов И.С., Алексеева Л.В., Лычникова А.В., Ерофеев Е.А., Баранов Е.В., Хвостова Ю.А., Зонина Е.Б. Составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет о НИР. 2000.
34. Копылов И.С., Гавриков М.Ю., Наполов О.Б. Разработка критериев и методики оценки

состояния геологической среды и прогнозирования ее изменений, являющихся основой для разработки мероприятий по охране и рациональному использованию недр // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 351-360.

35. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 92-110.

36. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1.

37. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 113-122.

38. 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.

39. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.

40. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: классификации подходов и критериев оценки // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 4. С. 66-71.

41. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: история изучения, обзор методов определения // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 2. С. 42-47.

42. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.

43. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.

44. Копылов И.С., Пьянков С.В., Михалев В., Коноплев А.В. Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями // В сборнике: Состояние и охрана окружающей среды Пермского края в 2006 году. Пермь, 2007. С. 229-231.

45. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.

46. Ландшафтная карта СССР масштаба 1 : 4 000 000 / Под ред. А. Г. Исаченко. М.: ГУГК, 1988.

47. Методические указания по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:1000000–1:500000 / В.Н. Островский, Л.А. Островский, Р.К. Шахнова. М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. 27 с.

48. Назаров Н.Н. Классификация ландшафтов Пермской области // В сборнике: Вопросы физической географии и геоэкологии Урала. Пермь: ПГУ, 1996. С. 4–10.

49. Наполов О.Б., Копылов И.С. Разработка методики оценки состояния геологической среды и прогнозирования ее изменений, являющихся основой для разработки мероприятий по охране и рациональному использованию недр. Отчет о НИР. М.: Росприроднадзор, ФГБУ «ГосНИИЭНП», 2022.

50. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.

51. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 200 000 – 1 : 100 000 / М.С. Голицын, В.Н. Островский, Л.А. Островский. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 86 с.

52. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:1000000–1:500 000 / М.С. Голицын, В.Н. Островский, Л.А. Островский. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 41 с.

53. Фефилова М.А., Копылов И.С. Изучение инженерно-геологических условий Чусовского городского округа с помощью космических снимков // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Сборник научных статей. Пермь, 2025. С. 333-345.

54. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2012. 91 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДА DPSIR В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ АО «ВИШНЕВОГОРСКИЙ ГОК»

В данной статье рассматривается применение подхода DPSIR (Движущие силы – Давление – Состояние – Воздействие – Реакция) для повышения экологической эффективности предприятия АО «Вишневогорский горно-обогатительный комбинат».

Ключевые слова: экологическая политика, анализ окружающей среды, рудник, Вишневогорск.

G.I. Lezhnin

Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

APPLICATION OF THE DPSIR APPROACH TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF JSC VISHNEVOGORSK MINING AND PROCESSING PLANT

This article discusses the application of the DPSIR (Driving force-Pressure-State-Impact-Response) approach to improve the environmental performance of JSC Vishnevogorsk Mining and Processing Plant.

Keywords: environmental policy, environmental analysis, mine, Vishnevogorsk.

Введение

Одним из подходов к измерению экологической информации является DPSIR (*Driving force – Pressure – State – Impact – Response*), ее структура была предложена Европейским агентством по окружающей среде [9] и принята многими национальными и европейскими институтами [1] (рис. 1).

DPSIR – это пятиступенчатый это подход к анализу и управлению окружающей средой и решению экологических проблем, который помогает организациям определить свои экологические воздействия и разработать стратегии для улучшения своей экологической эффективности [1, 2, 4-7].

АО «Вишневогорский ГОК» является одним из крупнейших горнодобывающих и обогатительных предприятий в России. Предприятие занимается добычей полевошпатowego концентрата. Однако, как и многие другие промышленные предприятия, Вишневогорский ГОК сталкивается с проблемами экологического характера, связанными с загрязнением воздуха, почвы и водных ресурсов [3, 8].



Рис. 1. Структура DPSIR [1]

Для предприятия АО «Вишневогорский ГОК» подход DPSIR может быть применен следующим образом:

- 1) определение движущих сил: Движущими силами для предприятия являются технологические процессы добычи и переработки руды, техносфера и социо-сфера расположения района предприятия;
- 2) оценка давления: Давление климатические факторы оказывают выбросы пыли, сточные воды, а также законодательные требования в области охраны окружающей среды;
- 3) анализ состояния: Состояние окружающей среды в районе предприятия включает качество атмосферного воздуха, воды и почвы;
- 4) оценка воздействия: Воздействие предприятия на окружающую среду включает загрязнение атмосферного воздуха пылью, водных объектов сточными водами, а также истощение природных ресурсов;
- 5) разработка ответных мер: Ответные меры включают внедрение новых технологий добычи и переработки руды, улучшение систем управления выбросами и отходами, а также разработку мер по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

1. Драйверы (Driving forces)

Географическая справка поселка городского типа Вишневогорск

Вишневогорск – это небольшой рабочий поселок, находящийся в Челябинской области. Он расположен у озера Сунгуль на склоне Вишнёвых гор и находится в 104 километрах к северо-западу от города Челябинска [3].

Общие сведения и исторический контекст:

- В 1943 году возле озера Сунгуль был создан рудник Вишневогорский, который занимался добычей вермикулита.
- В связи с этим рудником был возведен рабочий поселок, который изначально назывался "Вермикулит".
- Однако это название не прижилось, и поселок стали просто называть "Рудник".

- В 1949 году по указу властей страны поселок "Вермикулит" был переименован в "Вишневогорск" и получил статус поселка городского типа.

Промышленные предприятия: В поселке Вишневогорск функционируют различные промышленные предприятия, включая Вишневогорский горно-обогатительный комбинат, кондитерскую фабрику.

Климат

В Вишневогорске преимущественно умеренный климат, который проявляется в холодных и продолжительных зимах. Лето в этом регионе теплое хоть и короткое. Июль считается самым теплым месяцем.

Осадки

Осадки могут оказывать важное влияние на выбрасываемые вещества при работе шпатодобывающего предприятия. Это влияние зависит от нескольких факторов, включая климатические условия, типы выбрасываемых веществ и методы управления выбросами. Вот как осадки могут влиять на выбросы на шпатодобывающем предприятии:

- разбавление и размывание выбросов,
- перенос веществ,
- воздействие на выбросы газов,
- воздействие на управление выбросами.

2 Давление «Pressure»

Данные по климатическим характеристикам и фоновым концентрациям

Промышленные площадки Вишневогорского Горно-обогатительного комбината расположены в Челябинской области, Каслинском районе п. Вишневогорск. Рассматриваемая территория в природном отношении соответствует лесостепной природной зоне с нормальной влажностью. Климат лесостепи, как правило, умеренно континентальный. Примерное годовое количество осадков - 600 мм.

Зона смешанных лесов начинается там, где переплетаются характеристики лесостепи и леса. Зимой в этой зоне может быть как сильные морозы, так и более мягкие зимы, с абсолютным минимумом температуры в пределах от -36° до -40°C.

Давление на окружающую среду

Предприятия, занимающиеся добычей шпата, могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду через несколько путей:

1) выбросы в атмосферу: при добыче шпата могут выделяться различные вредные вещества в атмосферу, такие как пыль, газы и химические вещества. Это может привести к загрязнению воздуха и воздействию на здоровье человека и экосистему;

2) загрязнение водных ресурсов: Процессы добычи могут приводить к сливу химических веществ и отходов в прилегающие водные системы, что может загрязнять воду и вредить местным экосистемам;

3) изменение ландшафта: Добыча шпата может требовать выемки больших объемов почвы и горных пород, что может изменить ландшафт и привести к утрате природной среды;

4) загрязнение почвы: Добыча шпата может привести к изменению состава почвы и её загрязнению химическими веществами, что может повлиять на сельское хозяйство и растительный покров.

3. Состояние «State»

Состояние атмосферного воздуха

Приоритетными направлениями деятельности АО «Вишневогорский ГОК» являются:

1) производство качественного конкурентоспособного материала полевошпатового, соответствующего современным и перспективным требованиям потребителей;

2) сохранение долгосрочных партнерских отношений с потребителями и поставщиками;

3) освоение новых и развитие существующих рынков сбыта материала полевошпатового за счет увеличения объема выпуска материала полевошпатового, в том числе качественных сортов (ПШС 1,05-21, ПШС 0,20-21, ПШС 0,30-21);

4) снижение издержек производства, проведение технического перевооружения предприятия с целью улучшения технологических и экономических показателей, достижение оптимального соотношения «цена – качество».

4. Воздействие «Impact»

Анализ состояния заболеваемости массовыми неинфекционными (отравлениями) и приоритетными заболеваниями в связи с вредным воздействием

За последние 5 лет медико-демографическая ситуация в Челябинской области характеризуется низкой рождаемостью, увеличением смертности и ежегодно нарастающей естественной убылью населения

В 2021 году (по данным Челябинскстат) в структуре причин смерти, на первом месте, как и в предыдущие годы, болезни системы кровообращения – 30,4%, на втором месте новая короновирусная инфекция, вызванная вирусом COVID-19 (далее COVID-19) – 21,1%, на третьем месте новообразования – 12,3%, далее «внешние причины» (транспортные несчастные случаи, случайные отравления, самоубийства, убийства, утопления и т. д) – 6,9%, и болезни системы пищеварения – 5,4%

5. Реакция «Response»

Предложения по снижению выбросов маркерных веществ:

1) инвестиция в современное оборудование для фильтрации пыли. Установка эффективных систем фильтрации поможет снизить выбросы пыли и улучшить качество воздуха на фабрике;

2) разработка строгих правил и процедуры по обеспечению безопасности и снижению выбросов пыли. Обучение сотрудников соблюдать эти правила и проверять их выполнение регулярно;

3) анализ процессов производства и оптимизация их для снижения выбросов пыли. Идентификация основных источников пыли и разработка плана действий для их устранения или снижения;

4) поддержка регулярного обслуживания и чистка оборудования на фабрике. Регулярная очистка помогает снизить образование и выбросы пыли;

5) рассмотрение возможности использования влажной уборки вместо сухой. Влажная уборка помогает удерживать пыль и предотвращать ее распространение в воздухе;

6) внедрение программы по переработке и утилизации отходов. Разработка специальных контейнеров для сбора пыли и остатков обработки. Переработка или утилизация пыли, для предотвращения ее выброса в атмосферу;

7) сотрудничество с местными органами власти и экологическими организациями для разработки и внедрения более строгих норм и правил по снижению выбросов пыли на обогатительной фабрике;

8) проведение регулярного мониторингового исследования качества воздуха вокруг фабрики, для оценки эффективности предпринятых мер и внесение необходимой корректировки в процессы производства, если требуется.

Рециклинг выбрасываемой пыли

Существует несколько способов рециклинга пыли на предприятии по добыче полевого шпата. Вот некоторые из них:

1) использование фильтров. Расположите специальные фильтры на местах, где образуется пыль, например, на пылеуловителях или вентиляционных системах. Фильтры должны быть способны задерживать мельчайшие частицы пыли. После этого собранную пыль можно отправить на переработку;

2) рециркуляция пыли. Используйте системы вентиляции, которые позволяют возвращать пыль обратно в производственный процесс. Для этого можно установить систему сбора пыли с последующей фильтрацией и очисткой. Отфильтрованная пыль будет повторно использована в производственном цикле;

3) использование влажной очистки. Вода может быть эффективным средством для сбора и последующей очистки пыли. Разработайте систему влажной очистки в нужных местах на предприятии, чтобы собрать пыль. После этого пыльную воду можно отделить от полезных компонентов и направить на переработку;

4) сотрудничество с компаниями по переработке отходов. Наймите специализированную компанию, которая занимается переработкой промышленных отходов. Предоставьте им собранную пыль, чтобы они могли

переработать ее вторичным образом. Это поможет уменьшить экологическую нагрузку и использование новых природных ресурсов;

5) важно установить и поддерживать надлежащие системы сбора и очистки пыли на предприятии, а также следить за их работоспособностью и эффективностью. Это поможет минимизировать выбросы пыли в окружающую среду и снизить воздействие на экосистему.

Положения экологической политики

После анализа драйверов автором были выдвинуты предложения по модернизации экологической политики, представленные в таблице (табл.).

Таблица

Предложения по модернизации экологической политики

Проблема	Положение экологической политики	Срок реализации	Организационно-технические мероприятия	Метод стимуляции
Выбросы в атмосферу пыли	Снижение выбросов при буровзрывных работах. Оптимизация систем улавливания и очистки выбросов. Снижение выбросов станционных источников.	В течение 5-7 лет после утверждения	Орошение зоны выпадения пыли. Закрытые сушильные барабаны. Оснащение барабанов вторичными системами отведения газов	Введение системы премий и штрафов техническому директору на основе показателей выбросов веществ
Изменение ландшафтов	Рекультивация нарушенных земель.	В течение 8-12 лет после разработки	Использование отходов при рекультивации. Создание благоприятного корнеобитаемого слоя на территории.	Введение системы премий и штрафов техническому директору на основе оценки продуктивности и биомассы растений рекультивированных участков
Низкие медико-демографические показатели	Система оплачиваемых путевок на оздоровительный курс. Сбор данных о заболеваемости сотрудников.	До 3х лет после соглашения	План финансирования и лимиты на путевки.	Введение премий и штрафов начальнику отдела промышленной безопасности на основе данных о проблемах со здоровьем сотрудников
Экологическая некомпетентность населения	Просвещение детей и молодежи	2024 - 2025 гг.	Беседы с детьми в школах. Контроль материалов, представленных аудитории. Проведение ДНК (Дни научного кино)	Дополнительное стимулирование отдела промышленной безопасности

Организационно-технические мероприятия сформулированные на основе анализа информации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям [5].

Заключение

Таким образом, применение подхода DPSIR и моих предложений по модернизации экологической политики может помочь Вишневогорскому ГОКу повысить свою экологическую эффективность и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Библиографический список

1. Бардаханова Т.Б., Мункуева В.Д. Использование DPSIR для сравнения методологических подходов к измерению эколого-экономической информации // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. № 3. 2020. С.12-21.
2. Батулин Н.И. Применение методологии DPSIR в экологическом планировании: опыт и проблемы // Вестник Российской академии наук. 2013. Т. 83. №. 1. С. 18-26.
3. Вишневогорский рудник: официальный сайт. – URL: <https://uralmines.ru/vishnevogorskij-rudnik> (дата обращения: 10.06.2023).
4. Дажкова Е.А., Турдаков Д.А. Анализ и оценка экологического состояния акватории на основе модели DPSIR // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2014. Т. 13. №. 1. С. 96-105.
5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Добыча и обогащение руд цветных металлов. НДТ - 2; 17; 20; 22; 34; 35; 36; 37; 38. Москва. Бюро НДТ. 2015-2017.
6. Казаков Р.В. Модель DPSIR в экологическом менеджменте // Актуальные проблемы экономического развития. 2015. Т. 65. С. 126-132.
7. Оксужан В.В., Солдатов В.И. Использование методологии DPSIR в формировании индикаторов устойчивого развития территорий // Вестник Университета (государственный университет управления). 2016. №. 4. С. 42-47.
8. Почел Поселок Вишневогорск: официальный сайт. – URL: <http://pochel.ru/c/article/4655-poselok-vishnevogorsk> (дата обращения: 10.09.2024).
9. Smeets E., Weterings R. Environmental Indicators: Typology and Overview // Technical Report No. 25; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark, 1999. P. 19.

ОБЪЕКТЫ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ЗЮЗЕЛЬСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО РУДНИКА

При осмотре выработанного Зюзельского рудника были выделены основные объекты накопленного вреда, расположенные на его территории. К таким относятся не рекультивированные отвалы и изливы кислых шахтных вод. Для дальнейшей ликвидации данных объектов необходима оценка их негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: геоэкология, объекты накопленного вреда, оценка негативного воздействия, отвалы, изливы кислых шахтных вод, Средний Урал.

A.A. Prokopenva

Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

OBJECTS OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE OF THE ZYUZELSKY COPPER MINE

When inspecting the developed Zyuzelsky mine, the main objects of accumulated harm located on its territory were identified. These include non-aultivated heaps and acid mine water. Further destruction of these facilities requires an assessment of their negative environmental impact.

Keywords: geoecology, objects of accumulated harm, assessment of negative impact, heaps, streams of acid mine waters, Middle Ural.

Введение

Средний Урал является старейшей минерально-сырьевой базой России. На его территории сосредоточены горнодобывающие, горноперерабатывающие, металлургические и другие предприятия. Большое количество предприятий приводит к большим объемам отходов. Особо опасны горнопромышленные отходы (ГПО), образующиеся при горной промышленности. С течением времени территории размещения ГПО превращаются в источники негативного воздействия на окружающую среду [2, 4, 6].

В связи с этим, после выработки месторождения предприятие обязано провести рекультивацию территории, однако данные условия вступили в силу не так давно, когда многие месторождения уже были закрыты. Как известно, территории горных предприятий, не прошедшие рекультивацию, а соответственно являющиеся объектами накопленного вреда окружающей среде, оказывают большее негативное воздействие, чем, к примеру, несанкционированные свалки [10].

Объекты накопленного вреда, расположенные на территориях размещения ГПО, влияют не только на компоненты природной среды, но и на здоровье населения. Решением проблемы объектов накопленного вреда является их ликвидация. Однако для проведения ликвидации объекта необходимо провести оценку его негативного воздействия.

Одним из примеров нерекультивированного месторождения является Зюзельский медно-колчеданный рудник.

Современное состояния рудника

Зюзельский рудник расположен в северной части поселка Зюзельский. В 6 км к северо-западу от Полевского (рис.1). Площадь месторождения относительно небольшая и составляет 12,4 га.

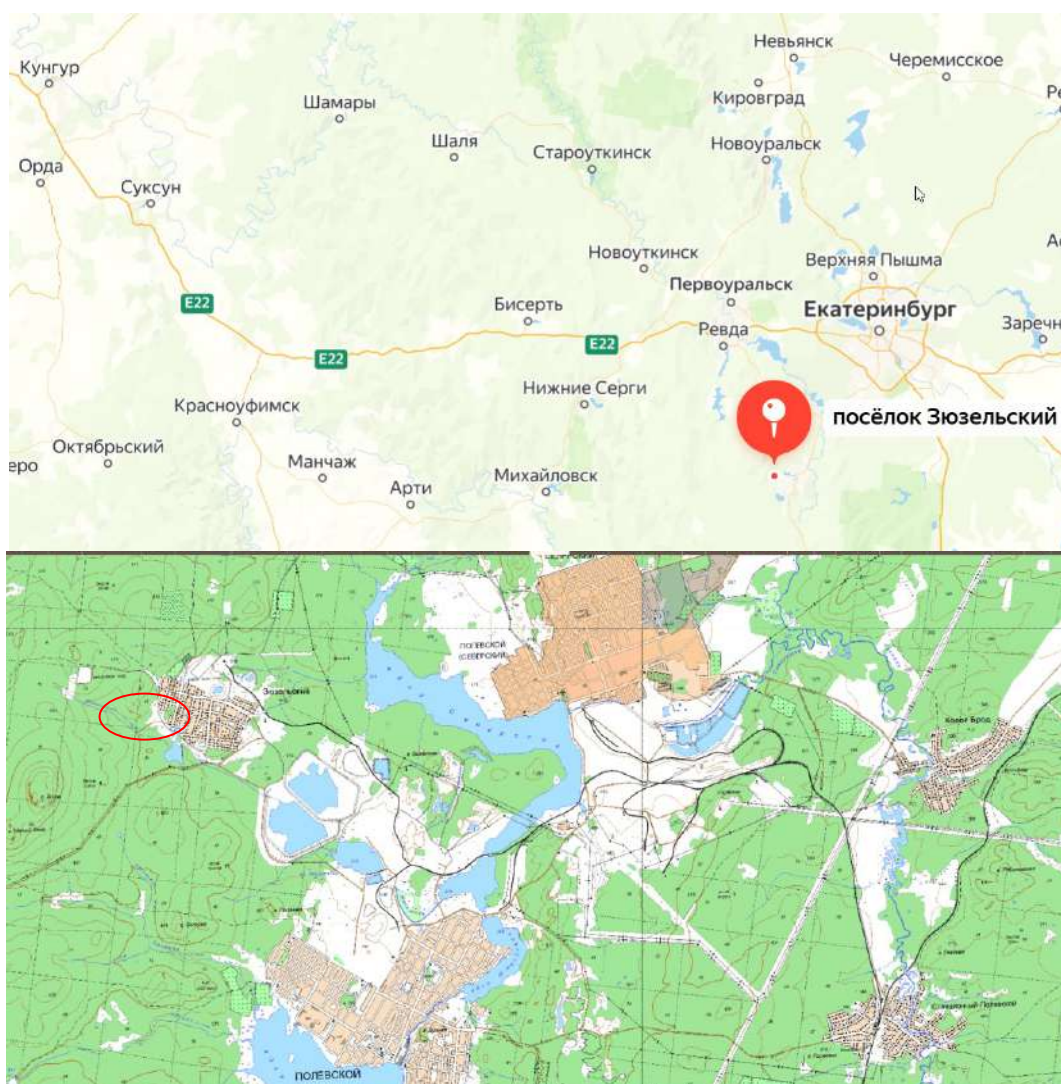
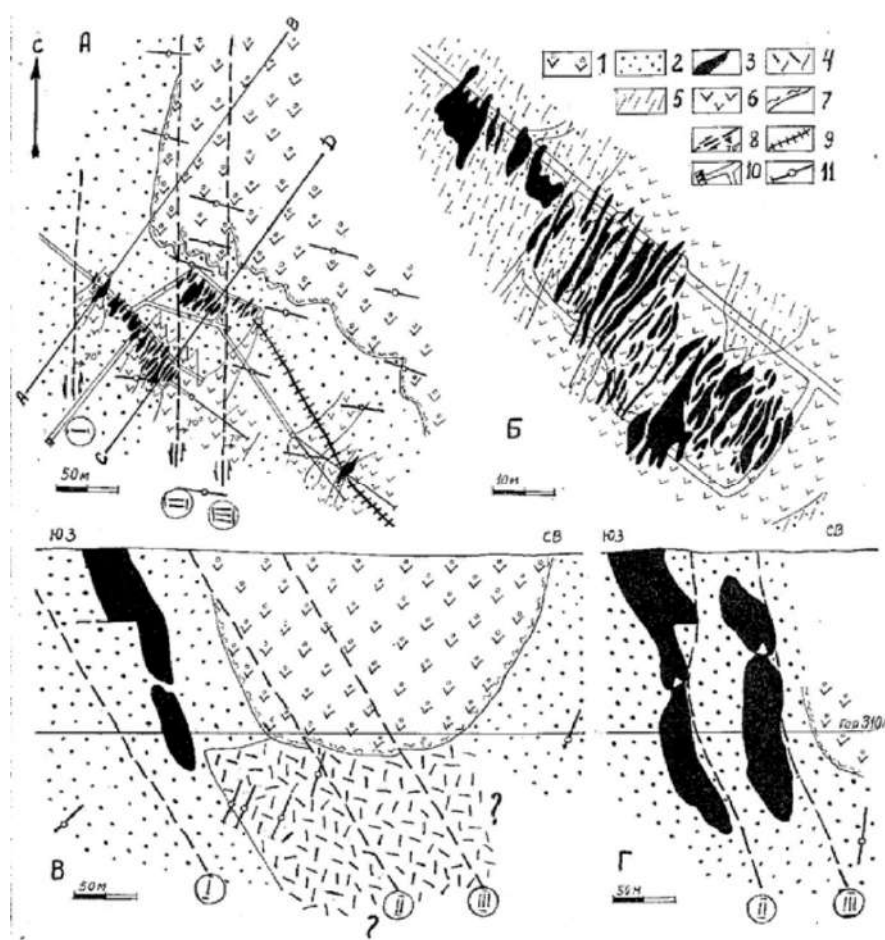


Рис. 1. Местоположение рудника Зюзельский [14]

Территория пос. Зюзельский и находящегося на ней рудника расположена в Среднеуральском низкогорном районе с таежными ландшафтами горных хребтов, представлена почвами шорных лесов, а именно горными дерновоподзолистыми в сочетании с горными буроземами [3].

Территория рудника находится в пределах крупной природной и техногенной геохимической зоны комплексного загрязнения природной среды с постоянным превышением ПДК вредных веществ, как в атмосферном воздухе, в почве, подземных и поверхностных водах и которые могут оказывать трансграничное загрязнение среды на соседние регионы на Среднем Урале [6, 8, 9].

В геологическом отношении Зюзельский рудник расположен в шовной зоне главного уральского глубинного разлома, в Тагильском-Магнитогорском прогибе Уральской палеозойской складчатой системы. Интенсивный базальтоидный магматизм характеризует образование залежей медной руды и колчеданов. Территория рудника сложена горными породами силурийской системы, представленной известняками, глинистыми сланцами вулканогенными и осадочно-вулканогенными породами [7, 13] (рис. 2).



- 1 – «Верхняя» толща. Вулканыты дацит-базальтовой и базальт-андезитобазальтовой формаций.
- 2-5. «Нижняя» толща. 2 – кварц-серицитовые и др. метасоматиты с вкрапленностью пирита.
- 3 – колчеданные рудные тела. 4 – ангидритсодержащие метасоматиты рудоподводящего канала.
- 5 – сланцы кварцево-серицитовые. 6 – дайки диабазов и порфиров. 7 – предполагаемая граница «верхней» и «нижней» толщ. 8 – разрывные нарушения. 9 – предполагаемая линия простирания «рудного уровня».
- 10 – подземные горные выработки. 11 – проекции буровых скважин и точки пересечения их с плоскостью горизонта или разреза

Рис. 2. А – план горизонта 310 м; Б – деталь рис. 1, А; В – разрез по линии А-В; Г – фрагмент разреза по линии С-Д. (По Ю.М. Столярову) [13]

Месторождение представляет собой систему линз серного колчедана, медистого и медного колчедана. Представлены две группы линз: Восточная и Западная. Восточная – небольшая. Богатая медью, Западная – мощная линза с залежами медистых колчеданов и почти чистых серных колчеданов. Падение западной линзы 70 градусов, простирание NNO-SSW. Длина западной линзы 170,7 м., мощность 42,7 м. Восточная линза – система маленьких линз и жилок, длиной 147,2 м, мощностью 1,7 - 13,0 м [14].

Разработка рудника началась в 1906 году и велась открытым и закрытым способом. Богатый медью колчедан отправлялся на Гумешевский медеплавильный завод, а бедные – на сернокислотные заводы. К Октябрьской революции на Зюзельском месторождении насчитывалось около десятка шахт. За время своего существования месторождение пережило консервации с 1917 по 1923 года и с 1929 по 1933 года. После чего добыча руды стала снижаться. И в 1977 году месторождение было признано выработанным, а рудник закрыт. Следующие два года после закрытия прошло заполнение выработанных пустот и рекультивация шахтного поля [12].

Несмотря на проведенную к 1979 году рекультивацию, территория месторождения не была полностью восстановлена. И последующие года рудник самозатоплялся, что привело к изливу шахтных вод на поверхность и обрушению части шахтного поля.

Для изучения современного состояния рудника были проведены полевые исследования с фото- и видео регистрацией.

Результаты исследования

Основными объектами накопленного вреда на территории отработанных рудников являются отвалы и изливы кислых шахтных вод. Ранее исследованиями на примере Уральских объектов была доказана особая токсичность отвалов отрабатываемых колчеданных месторождений [4]. В результате вторичного минералообразования происходит вынос поверхностным и подземным стоком выщелоченных элементов и образование масштабных техногенных геохимических, гидро- и биогеохимических ореолов рассеяния кадмия, цинка и др., выходящих далеко за пределы подработанных территорий.

При осмотре территории рудника весной-летом 2023 года были отмечены два основных объекта накопленного вреда окружающей среде. Так на юго-западе территории рудника расположен сернистый отвал площадью 6,5 км² и средней высотой 3 м. Отвал представлен насыпью серо-белого песка (рис. 3). Под отвал выходит система водоотвода всего поселка, вследствие чего происходят следующие химические реакции:

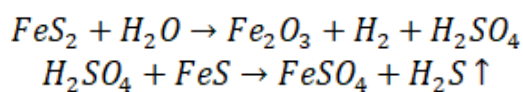




Рис. 3. Часть отвала рудника

О выделении сероводорода в атмосферный воздух можно судить по присутствию характерного запаха. Окисленные подотвальные воды протекают по границе рудника и впадают в излив кислых шахтных вод, образуя запрудыны.

Еще один отвал находится на северо-востоке территории рудника и представлен вскрышными породами. Площадь отвала составляет 13 км². Частично территория отвала подверглась сукцессии – зарастанию территории соснами. Средняя продолжительность жизни сосны на отвале 11 лет.

Еще одним объектом накопленного вреда Зюзельского рудника являются изливы кислых шахтных вод. Особое внимание привлекает затопленная зона обрушения, расположенная в центре рудника. Вода имеет характерный бурый цвет и ярко выраженный запах железа, прозрачная. Дно заилено железистыми отложениями. Склон и берег так же усыпаны крупнообломочными осколками горных пород, бытовым и строительным мусором, автомобильными крышками. На западном и восточном берегах водоема замечена немногочисленная растительность, представленная молодыми березами и кустарниками.

Однако изливы КШВ были также замечены на западе территории. Еще один излив, находится на удалении от рудника, в 120 м на северо-восток. При анализе данных дистанционного зондирования и полевых осмотрах замечено нарушение земель – территория сильно заболочена и загрязнена тяжелыми металлами. Почва на территории излива была покрыта крупными трещинами от 10 до 30 мм. В центре поля четко прослеживается русло реки, по которой происходит излив.

Как утверждает С.Н. Елохина, на территории Зюзельского рудника наблюдается, не только излив шахтных вод, но и загрязнение подземных вод, загрязнение поверхностных вод и образование вторичных образований (в

донных отложениях, на поверхности земли), изменение структуры фильтрационного потока, перебалансировка источников питания со специфической изотопной зональностью, провалы и активизация зон сдвижения и техногенный карстоподобный ландшафт (поверхностный и подземный) [1-3].

Следует отметить, что Зюзельский рудник находится на территории одноименного поселка. Хотя рудник расположен ниже по рельефу, что характеризует образование подотвальных вод, возможно ухудшение качества подземных и поверхностных вод с угрозой питьевым источникам.

Заключение

Объекты накопленного вреда, расположенные на территории Зюзельского медноколчеданного рудника, оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды. Основными источниками негативного воздействия являются изливы кислых шахтных вод, так как способствуют миграции тяжелых металлов в почве и поверхностных и подземных водах. Существует риск загрязнения питьевых источников.

Зюзельский рудник подлежит включению в Государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС). Для заполнения заявки на включение в ГРОНВОС необходимо провести оценку негативного воздействия. Для полноценной оценки негативного воздействия на окружающую среду необходимо произвести анализ проб воды, почвы и донных отложений (рис. 4).



Рис. 4. Точки отбора проб

Библиографический список

1. Елохина С.Н. Гидрогеологические проблемы ликвидации горнорудных предприятий // Сборник: «Экологические проблемы промышленных регионов». Екатеринбург, 2001. С. 127.
2. Елохина С.Н. Техногенез затопленных рудников Урала / дис. на соиск. уч. степ. доктора геол.-мин. наук. Уральский государственный горный университет. Екатеринбург, 2014. 352 с.
3. Елохина С.Н., Арзамасцев А.А. Гидрогеологические условия эксплуатации и ликвидации рудников Урала // Известия ВУЗов: «Геология и разведка». Екатеринбург, 2007, № 4. С. 57- 66.
4. Емлин Э.Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Издательство Уральского университета, 1991. 255 с.
5. Капустина В.Г., Корнева И.Н. Атлас Свердловской области. Екатеринбург: ФГУП «Уральская картографическая фабрика», 2003. 24 с.
6. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.
7. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
8. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
9. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 113-122.
10. Кудряшева Е.Л., Приходько М.А., Рудницкая Н.В. Влияние горнопромышленных комплексов Урала на поверхностные и подземные воды // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий. Мат. междуна. симпозиума. Т.2. Екатеринбург: Аква-пресс. 2001. С. 525-530.
11. Плотников Н.И. Техногенные изменения гидрогеологических условий. М.: Недра, 1989. 268 с.
12. Прокин В.А., Душин В.А. История изучения и освоения рудных месторождений Урала. Екатеринбург: Изд. УГТУ. 2010. 222 с.
13. Столяров Ю.М. Зюзельское колчеданное месторождение, Урал (Новый взгляд на строение и генезис) // Уральский геологический журнал. 2003, № 3 (33), С.85-96.
14. Томилин В.Н. Серноколчеданные рудники Среднего Урала (Краткий обзор) 1916 г. Санкт-Петербург: Типография «Печать», 1917. 40 с.
15. https://yandex.ru/maps/geo/posyolok_zyuzelskiy/53157205/?ll=60.900489%2C56.910541&z=7.62

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОЗ. НОВОЖИЛОВО В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

В колонке донных отложений, отобранной в озере Новожилowo, было проанализировано содержание органического вещества методом измерения потерь при прокаливании. Впервые для Пермского Прикамья получена подробная датированная летопись изменения биопродуктивности озерных экосистем за последние 14 тысяч лет. В керне по динамике содержания органического вещества выделено шесть периодов осадконакопления, имеющих близкие характеристики. Также впервые было изучено хирономидное сообщество озера Новожилowo.

Ключевые слова: донные отложения, хронологические маркеры озерного осадконакопления, хирономидный анализ, озеро Новожилowo.

A.A. Samarkina

Perm State University, Perm, Russia

RECONSTRUCTION OF NATURAL CONDITIONS OF SEDIMENTATION OF LAKE NOVOZHYLOVO IN THE LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE

The organic matter content of a core of bottom sediments collected in Lake Novozhilovo was analyzed using the loss on ignition method. For the first time, a detailed dated record of changes in the bioproductivity of lake ecosystems over the past 14 thousand years was obtained for the Perm Kama region. Six periods of sedimentation with similar characteristics were identified in the core based on the dynamics of organic matter content. The chironomid community of Lake Novozhilovo was also studied for the first time.

Keywords: bottom sediments, chronological markers of lake sedimentation, chironomid analysis, Lake Novozhilovo.

Введение

Расшифровка прошлого — необходимый элемент для понимания настоящего и оценки будущего. Изучение физико-химических особенностей различных седиментационных комплексов и заключенных в них биологических остатков дает возможность реконструкции многих параметров среды (температурного режима, характера растительности, увлажненности, динамики накопления углерода).

Особое внимание исследователей привлекает период перехода от позднего плейстоцена к голоцену.

Проблемы реконструкции ландшафтно-климатических изменений в этот период связаны с активными эрозионными процессами, часто

препятствовавшими накоплению сплошной серии осадков, низким содержанием органического вещества, недостаточным материалом для радиоуглеродного датирования, преобладанием деревьев, дающих обильную пыльцу (березы и сосны), переносимую на большие расстояния. Из-за этих трудностей позднеледниковые (бёллинг-аллерёд, поздний дриас), а также ранний голоцен (пребореал) до сих пор остается наименее изученным интервалом среднеширотной части Восточно-Европейской равнины.

Палеоархивов (седиментационных комплексов с высокой частотой опробования на разные виды анализов), охватывающих позднеледниковые и голоцен на территории Восточно-Европейской равнины не так много. В Предуралье они и вовсе отсутствуют. Нет среди них и архивов донных отложений озер, хотя они, наряду с лессовыми осадками, являются уникальными континентальными природными архивами, которые по своей детальности, широте хронологического охвата и географии распространения не имеют себе равных. В Пермском крае, наряду со старичными и карстовыми, широкое распространение на севере получили озера болотных котловин – реликтов, сохранившихся на месте спиллвеев (путей межбассейновых переливов).

Отсутствие геохронометрических и микропалеонтологических данных по донным отложениям реликтовых водоемов в пределах Камско-Кельтминской низменности мотивировали исследования, направленные на изучение осадков озера.

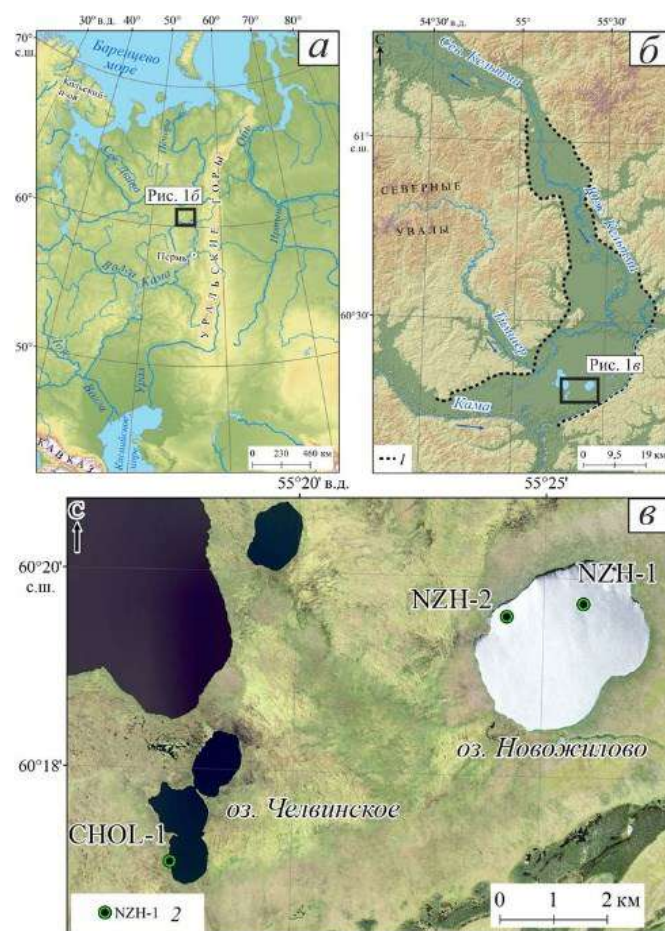
Материалы и методы.

В исследовании рассматривались донные отложения озера Новожилово в пределах Камско-Кельтминской низменности (Кельтминского спиллвея) (рис. 1).

В летний и зимний периоды 2021–2023 гг. на озерах Новожилово и Чёлвинское были измерены глубины эхолотом с лодки и лотом с поверхности льда. Максимальная глубина оз. Новожилово составила 3,7 м, оз. Чёлвинское – 5 м. С помощью поршневого бура Ливингстона в зимнее время получены керны из опорных скважин NZH-1, NZH-2, CHOL-1 (рис. 1 в).

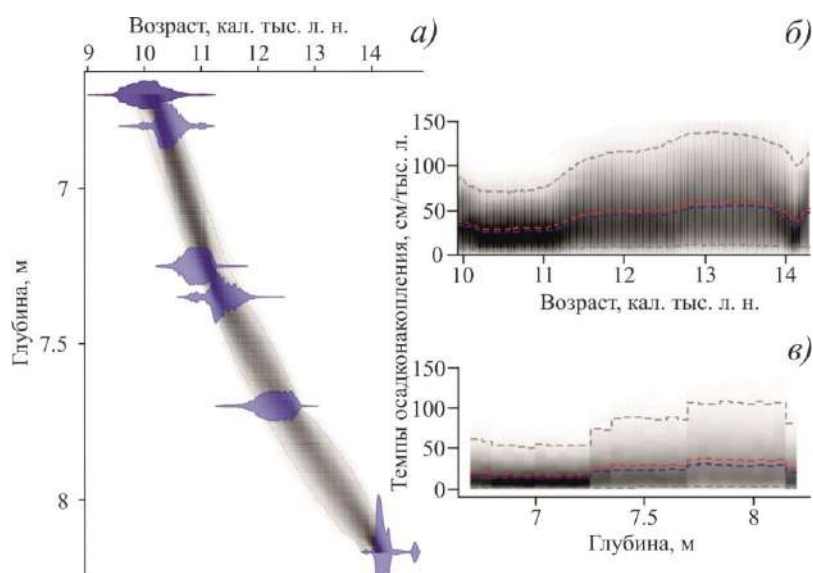
Жидкостно-сцинтилляционным (LSC) и методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) определен радиоуглеродный возраст 14 образцов органогенного, минерального сапропеля и торфа по валовому органическому углероду, а также остатков древесины (рис. 2).

Датирование методом LSC и пробоподготовка образцов для анализа методом AMS произведена в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН, измерение – в Центре изотопных исследований Университета Джорджии (США) [7].



а – положение озер Новожилово и Чёлвинское на карте Восточно-Европейской равнины;
 б – Камско-Вычегодский водораздел; в – местоположение пробуренных скважин
 1 – контур Камско-Кельтминской низменности; 2 – скважины

Рис. 1. Местоположение района исследований



а – график глубинно-возрастной модели; зависимости скорости осадконакопления:
 б – от календарного возраста; в – от глубины

Рис. 2. Глубинно-возрастная модель и скорость накопления отложений, вскрытых скважиной NZH-1

Анализ образцов на ППП выполнен с шагом 5 см в лаборатории фациально-генетических исследований геосистем Пермского университета согласно методике [9]. На первом этапе образцы объемом 5–10 мл, помещенные в фарфоровые тигли, высушивались при температуре 105°C на протяжении 4 ч. Далее производилось последовательное прокаливание при температуре 550°C в течение 2 ч. Потери в весе определялись после каждого этапа путем взвешивания на электронных весах. Результирующие значения вычислялись следующим образом: $ППП\ 550 = ((DW_{105} - DW_{550}) / DW_{105}) \times 100$, где DW – сухой вес. Согласно [9] ППП 550 позволяют оценить содержание ОВ в осадке.

Использование хорошо сохраняющихся в донных отложениях остатков головных капсул хирономид для целей палеоклиматологии становится все более популярным. Хитинизированные головные капсулы хирономид хорошо сохраняются в донных отложениях. Они, как правило, многочисленны и хорошо определяемы. Благодаря космополитному распространению (широкое распространение представителей вида или более крупного таксона, область обитания которых охватывает огромные территории Земли), которое в глобальном масштабе лимитируется температурой, хирономиды являются одними из лучших индикаторов климата и обладают значительным потенциалом для оценки и других экологических изменений [5].

Обработку проб рыхлых отложений проводят по стандартной методике, описанной Бруксом и Бирксом [8].

Отбираются пробы объемом 5 см³. Частота отбора проб зависит от задач конкретного исследования, а также от временного интервала, за которое сформировался осадок, но обычно образцы отбираются каждые 10 см колонки.

Далее образец помещается в химический стакан объемом 250 мл и обрабатывается раствором гидроксида калия (КОН). Далее суспензия нагревается до 70 °С, температура поддерживается 10-15 минут. Если образец глинистый или плохо растворяется (остаются крупные комки или один большой комок), можно оставить чуть более длинное время.

После исходного нагрева суспензии (10-15 минут), в стакан доливается кипящая фильтрованная вода, так чтобы общий объем пробы получился 250 мл.

Затем образец перемещается в сита с ячейей 125 мкм и 95 мкм и аккуратно промывается дистиллированной/фильтрованной водой. При помощи подачи небольшого количества воды (с обратной стороны сита), образец смывается в банку объемом 20-50 мл.

После пробоподготовки образец сливается в чашку Петри и просматривается под стереоскопическим микроскопом под 10-40 кратным увеличением.

Из каждой пробы должно быть отобрано не менее 50 головных капсул, что является минимально необходимым объемом выборки, для достоверного результата при палеоэкологических реконструкциях.

Для определения подсемейства Chironomidae необходимо отбирать головные капсулы с сохраненным ментумом (основная пластинка нижней губы). Ментум представлен зубчатой двуслойной пластинкой, число,

расположение и форма зубов, на которой являются диагностическими признаками (рис. 3) [4].

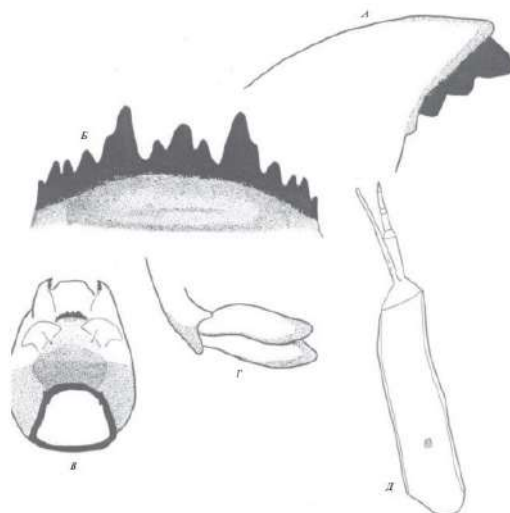


Рис. 3. Детали строения головной капсулы хирономиды: А – мандибула, Б – ментум, В – пигментация вентральной стороны головной капсулы, Г – премандибула, Д – антенна

Результаты исследований

Литологическое строение. В колонке донных отложений последовательно (сверху вниз) вскрыты: 3-7 м – сапропель коричневый, слабо консолидированный, с растительными остатками на глубине 4,5 м; 7–7,65 м – сапропель плотный, зеленовато-желтоватый, минерализованный; 7,65–8,1 м – сапропель серый (буровато-серый), минеральный, с единичными растительными остатками, по всему слою зерна тонкозернистого песка; к низу минерализация увеличивается, и он становится плотнее; на глубине 7,85 м – прослой сильно оторфованный (мощность 3 см); 8,1–8,2 м – песок тонкозернистый с прослоями торфа (до 2–3 см), с фрагментами древесины в торфе.

В текстуре осадков нижней части керна на уровне 7,8–8,2 м прослеживается ритмичная слоистость, проявляющаяся в чередовании плотного минерального буровато-серого и темного оторфованного сапропеля, торфа и светлых опесчаненных слоев. Выше материал постепенно обогащается органическим веществом, становится все более оторфованным, вязким и однотонным.

Содержание органического вещества. Ход кривой содержания органического вещества, основанный на методе измерения ППП, выявил следующие закономерности: максимальное содержание органического вещества наблюдается на глубинах 3,2–5,4, 6,7–6,95, 7,7–7,85 м. Самые высокие значения характерны для верхней части керна, средняя величина составляет 93%, при максимальном значении 97% в придонном слое на глубине 3,2 м.

Фауна хирономид. В сообществах хирономид доминируют тепловодные *Microtendipes pedellus*, *Dicrotendipes nevrosus* (рис. 4). Кроме того, часто встречаются *Sergentia coracina*-type. В целом фауна представлена литоральными

фитофильными таксонами мезо- или эвтрофных водоемов, предпочитающими более теплые условия *Polypedium nubifer*, *Paratanytarsus* sp. (рис. 5).



а, б – *Dicotendipes nevrosus*, в – *Glyptotendipes pallens*, г – *Glyptotendipes pallens*, д – *Paratanytarsus* sp.

Рис. 4. Теплолюбивые виды хирономид

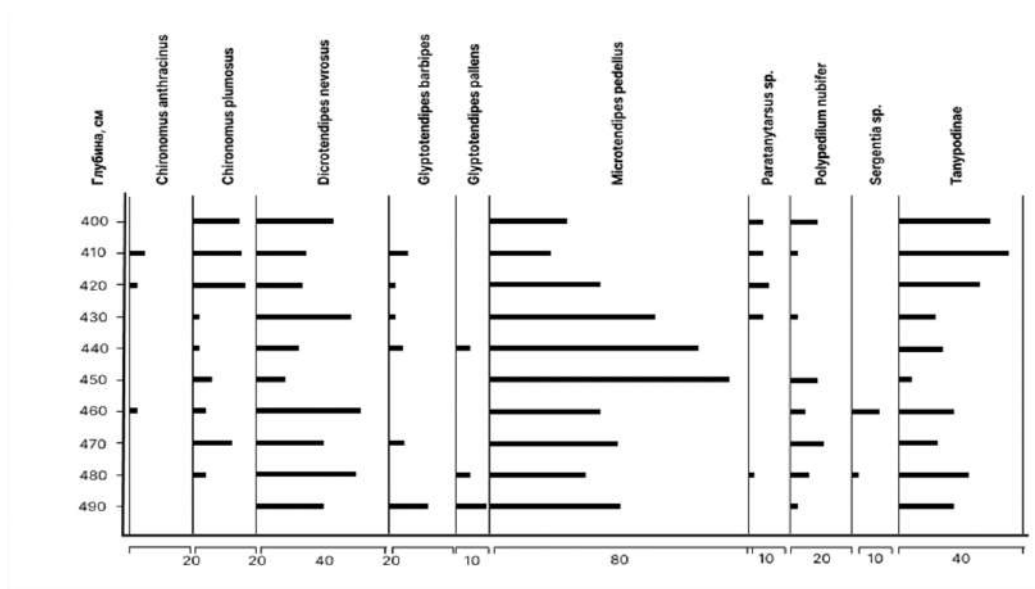


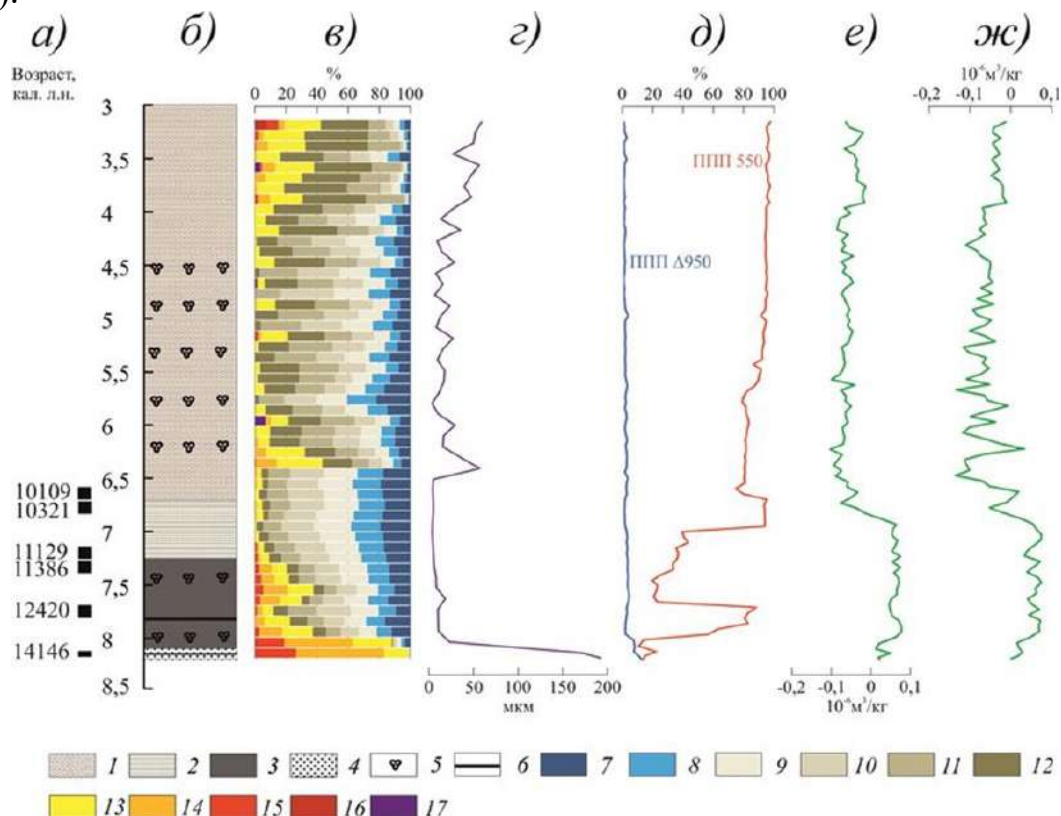
Рис. 5. Стратиграфическая диаграмма хирономидного анализа озера Новожилово. Содержание головных капсул указано в процентах

Обсуждение результатов

На основании полученных данных (радиоуглеродных дат, изменения биопродуктивности, хирономидном анализе) можно сделать предварительный вывод об этапности органогенного осадконакопления в озерах Камско-Кельтминской низменности.

Первый период осадконакопления. Этап длился 14150–13500 кал. л. н., что соответствует по времени позднеледниковую – началу межстадиала бёллинг-аллерёд. Средние значения ППП были низкими и составили 14%, что

соответствует органоминеральному осадку и озерно-аллювиальным условиям (рис. 6).



а – калиброванные радиоуглеродные даты; б – литологическая колонка NZH-1; в – гранулометрический состав; г – медианный диаметр частиц; д – потери при прокаливании при температурах 550° и 950°; удельная магнитная восприимчивость: е – измеренная при низких частотах (500 Hz); ж – измеренная при высоких частотах (4000 Hz)

1 – сапропель коричневый слабоконсолидированный; 2 – сапропель плотный, зеленовато-желтоватый; 3 – ил серый (буровато-серый), минерализованный; 4 – песок; 5 – растительные остатки; 6 – прослои торфа. Гранулометрические фракции, мкм: 7 – ; 8 – очень мелкий алеврит; 9 – мелкий алеврит; 10 – средний алеврит; 11 – грубый алеврит; 12 – очень грубый алеврит; 13 – очень мелкий песок; 14 – мелкий песок; 15 – средний песок; 16 – грубый песок; 17 – очень грубый песок.

Рис. 6. Строение, состав и возраст донных отложений озера Новожилово

В хирономидном сообществе доминируют теплолюбивые, фитофильные виды *Dicrotendipes nevrosus*, *Microtendipes pedellus*. При этом встречается таксон *Corynoscera ambigua*, которая ассоциируется с высокой минерализацией озерных вод. Самое большое таксономическое разнообразие диатомовых водорослей отмечено у пресноводного широко распространенного рода *Encyonema*, обитающий в разнотипных по трофности и pH водоемах [2].

Второй период осадконакопления. Этап характеризуется относительной стабилизацией уровня сформировавшегося водоема и преобладанием органогенного над минеральным осадконакоплением. Согласно возрастной модели, длился этот период 13500–12420 кал. л. н., что соответствует аллерёдскому потеплению. Средние значения ППП на глубине 7,7–8 м составляют 74,8%. Темпы осадконакопления оставались также высокими (120 см/тыс. лет). В литологическом отношении в это время происходило

накопление плотного бурого сапропеля. В изученных палиноспектрах аллерёда отмечается значительное содержание пыльцы *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Roaceae*, *Cyperaceae*, что свидетельствует о широком распространении перигляциальных ландшафтов. При этом фиксируется довольно высокий процент пыльцы древесных пород (25-70%), в основном сосны и ели.

Третий период осадконакопления. Этап продолжительностью 12420–10700 кал. л. н. соответствует глубинам 7–7,7 м. В это время наблюдается достаточно существенное сокращение средних значений ППП (до 30%). Темпы осадконакопления начинают снижаться и к глубине 7 м составляют порядка 50–60 см/тыс. лет. Конец третьего периода ознаменован полным переходом к биогенному осадконакоплению в озере и замедлению интенсивности аккумуляции.

Четвертый период осадконакопления характеризуется увеличением содержания ОВ почти в 3 раза (в среднем до 87%). Этап длился 10700–10000 кал. л. н., что соответствует началу голоцена. Этап был достаточно скоротечным – накопление сапропеля происходило на глубинах 6,5–7 м со скоростью около 50 см/тыс. лет. В сообществах хирономид доминируют тепловодные *Microtendipes pedellus*, *Dicrotendipes nevrosum*. Кроме того, часто встречаются *Sergentia coracina*-type. В целом фауна представлена литоральными фитофильными таксонами мезо- или эвтрофных водоемов, предпочитающими более теплые условия *Polypedilum nubifer*, *Paratanytarsus* sp.. Также распространены таксоны-убиквисты *Chironomus anthracinus*, *Chironomus plumosus*, *Glyptotendipes pallens*, *Tanypodinae* (организмы, для которых характерна широкая экологическая амплитуда).

Пятый период осадконакопления. В это время происходит небольшое снижение показателей ППП – средние значения падают до 80%. Этап продлился 10000–8800 кал. л. н. Замедление роста накопления ОВ при общем повышении темпов аккумуляции отложений вполне могло быть вызвано кратковременным повышением повторяемости высоких половодий в Каме и увеличением ее твердого стока, что неоднократно происходило в раннем голоцене [10].

Шестой период осадконакопления характеризуется стабильно высокими показателями накопления органического вещества. На заключительном этапе развития озеро начало переживать стадию «зрелости» [3] с относительным выравниванием поверхности дна водоема. Длительность этапа оценивается 8000–5000 кал. л. н.

Результаты исследований достаточно хорошо согласуются с выводами исследователей, изучавших озера похожей по своим ландшафтным признакам Молого-Шекснинской низменности [6], а также отложения Ладожского озера [1].

Заключение

В донных отложениях озера Новожилово обнаружено отчетливое сходство в голоценовой динамике накопления органического вещества. В позднеледниковье изменение биопродуктивности было более значительным и

кратковременным. Это позволило выделить шесть периодов органогенного осадконакопления. В колонках отмечено три этапа повышенного накопления ОВ – в межстадиале бёллинг-аллерёд, в начале и середине голоцена. Выделены и эпизоды спада содержания органики – в начале позднеледниковья, позднем дриасе и первой половине голоцена. Наибольшее сходство в содержании ОВ во всех колонках отмечено для завершающей фазы развития озера, когда скорости накопления отложений были стабильно низкими, а водоем переживал стадию «зрелости».

Библиографический список

1. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Голоценовое накопление органического вещества в донных отложениях Ладожского озера // *Геоморфология*. 2021. №52(2). С. 63–71.
2. Куликовский М.С., Глуценко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. *Определитель диатомовых водорослей России*. Ярославль: Филигрань. 2016. 804 с.
3. Лесненко В.К. *Псковские озера*. Л.: Лениздат, 1988. 112 с.
4. Назарова Л.Б. *Методические подходы к использованию биологических индикаторов в палеоэкологии*. Казань: Казан. ун-т, 2011. 280 с.
5. Назарова Л.Б., Брукс С.Д. Хирономиды (Diptera, Chironomidae) в палеоклиматических исследованиях // *Евразийский энтомологический журнал*, 2004. Т.3, № 4. С. 300–306.
6. Садоков Д.О., Сапелко Т.В., Бобров Н.Ю., Меллес М., Федоров Г.Б. Позднеледниковая и раннеголоценовая история озерного осадконакопления на севере Молого-Шекснинской низменности на примере озера Белого (Северо-Запад России) // *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2022. Т. 67. Вып. 2. С. 266–298.
7. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // *Bayesian Anal.* 2011. Vol. 6. No. 3. P. 457–474.
8. Brooks S.J., Birks H.J.B. Chironomidae (Insecta: Diptera) // *Global change in the Holocene*. London: Arnold, 2003. P. 328–341.
9. Heiri O., Lotter A.F., Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results // *J. Paleolimnol.* 2001. No. 25. P. 101–110.
10. Lapteva E.G., Zaretskaya N.E., Lychagina E.L., Trofimova S.S., Demakov D.A., Kopytov S.V., Chernov A.V. Holocene vegetation dynamics, river valley evolution and human settlement of the upper Kama valley, Ural region, Russia // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2023. Vol. 32. P. 361–385.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО РАЙОНА

Описаны природно-геологические и техногенные условия региона. Приведено описание нефтяной промышленности округа. Оценено современное состояние природной среды. Проведена оценка геоэкологических условий Ханты-Мансийского района. По результатам оценки построена карта-схема.

Ключевые слова: геоэкология, окружающая среда, обзор нефтегазоносного региона, загрязнение, экологическое состояние, Ханты-Мансийский автономный округ.

V.A. Storozhenko

Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE KHANTY-MANSIYSKY DISTRICT

The natural-geological and technogenic conditions of the region are described. The description of the oil industry of the district is given. The current state of the natural environment is assessed. An assessment of the geoecological conditions of the western territory of the Khanty-Mansiysky district was carried out. Based on the evaluation results, a schematic map was built.

Keywords: geoecology, environment, overview of the oil and gas region, pollution, ecological condition, Khanty-Mansi Autonomous Okrug.

Введение

Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) – субъект Российской Федерации, который входит в состав Тюменской области. Граничит на севере с Ямало-Ненецким АО, на востоке с Красноярским краем, на юге с Томской и Тюменской областями, на северо-западе и западе с Республикой Коми и Свердловской областью. Площадь автономного округа – 534,8 тыс. км². Ханты-Мансийский район расположен в центре ХМАО. Площадь территории района составляет 46,3 тыс. кв. км (рис. 1, 2).

ХМАО является одним из основных поставщиков нефти и газа. Нефтегазодобывающая промышленность, как правило, оставляет свой негативный след в экологии. В связи, с чем целесообразно выполнить геоэкологический анализ.

Цель настоящей работы – геоэкологическая оценка Ханты-Мансийского района ХМАО.

Рис. 2. Положение Ханты-Мансийского района на карте административного деления ХМАО

Геоэкологический анализ территории проводился методом интегральной оценки геоэкологических условий [8-12]. Критериями оценки являются 7 основных компонентов окружающей среды, характеризующие геоэкологическое состояние природной среды по комплексу показателей. В общей сложности выделено 11 показателей – критериев оценки. Составлена оценочная таблица и карта геоэкологической оценки.

Физико-географические условия

Рельеф. Западная часть ХМАО располагается центральной части Западно-Сибирской равнины и частично на восточном макросклоне Северного

и Приполярного Урала. Большая часть запада находится на Северо-Сосьвинской возвышенности, южная часть территорий пролегает в Кондинской низменности (рис. 3).

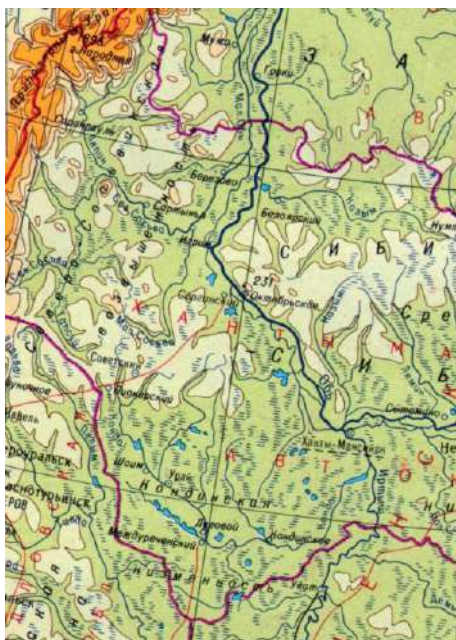


Рис. 3. Физико-географическая карта Ханты-Мансийского района [3]

Территория Ханты-Мансийского района находится частично в пределах Среднеобской низменности. По правому берегу реки Обь пролегает возвышенность Белогорский материк (рис. 4). В геоморфологическом отношении район относится к области холмисто-увалистых и полого-увалистых ледниковых и водноледниковых средне- и верхнечетвертичных равнин, а также к крупным речным долинам.

Климат Ханты-Мансийского района относится к резко континентальному типу, что обусловлено его положением. Зимы суровые и продолжительные, длятся около девяти месяцев, с характерными морозами и сильными северо-восточными ветрами. Средняя температура января достигает $-9,2^{\circ}\text{C}$, однако в самые холодные месяцы температура может опускаться значительно ниже, иногда достигая -30°C и ниже [4]. В таких условиях существенное влияние оказывает многолетняя мерзлота, особенно в северных районах, что приводит к особенностям в почвенном покрове и влияет на строение экосистем региона [19]. Лето в Ханты-Мансийском районе, хоть и короткое, бывает сравнительно теплым, со средней температурой июля около $+18,1^{\circ}\text{C}$ [4]. За счет длинного светового дня в летний период растения успевают пройти полный вегетационный цикл, что поддерживает биоразнообразие. Годовое количество осадков варьируется от 400 до 550 мм, большая часть которых выпадает летом, что поддерживает водный баланс территории. Снежный покров зимой также значительно влияет на экосистемы, создавая условия для термоизоляции почвы и влияя на животный мир.

Гидрография. Территории характерна развитая озерно-речная сеть. Основными водными артериями округа являются реки Обь и Иртыш. Остальные реки относятся к бассейну реки Обь. Питание рек осуществляется за счет сезонных снегов, дождей и подземных вод. Округ характерна сильная заболоченность. Поверхностные воды р. Иртыш гидрокарбонатные с сухим остатком 0,2 г/л. В санитарно-бактериологическом отношении поверхностные воды являются неудовлетворительными. Речным водам характерно превышение установленных нормативов содержания железа, марганца и меди [7].

Геологические условия

Рассматриваемая территория располагается в пределах Западно-Сибирской плиты. В ее пределах выделяются [2] структуры I порядка: своды, мегавалы, впадины, мегапрогибы, моноклинали, мегавыступы, мегатеррасы, котловины; к структурам II порядка относятся: вершины, куполовидные поднятия, валы, прогибы, седловины, мелкие моноклинали и выступы. Всего на территории ХМАО выделяется 8 геоблоков [1, 2] (рис. 4).

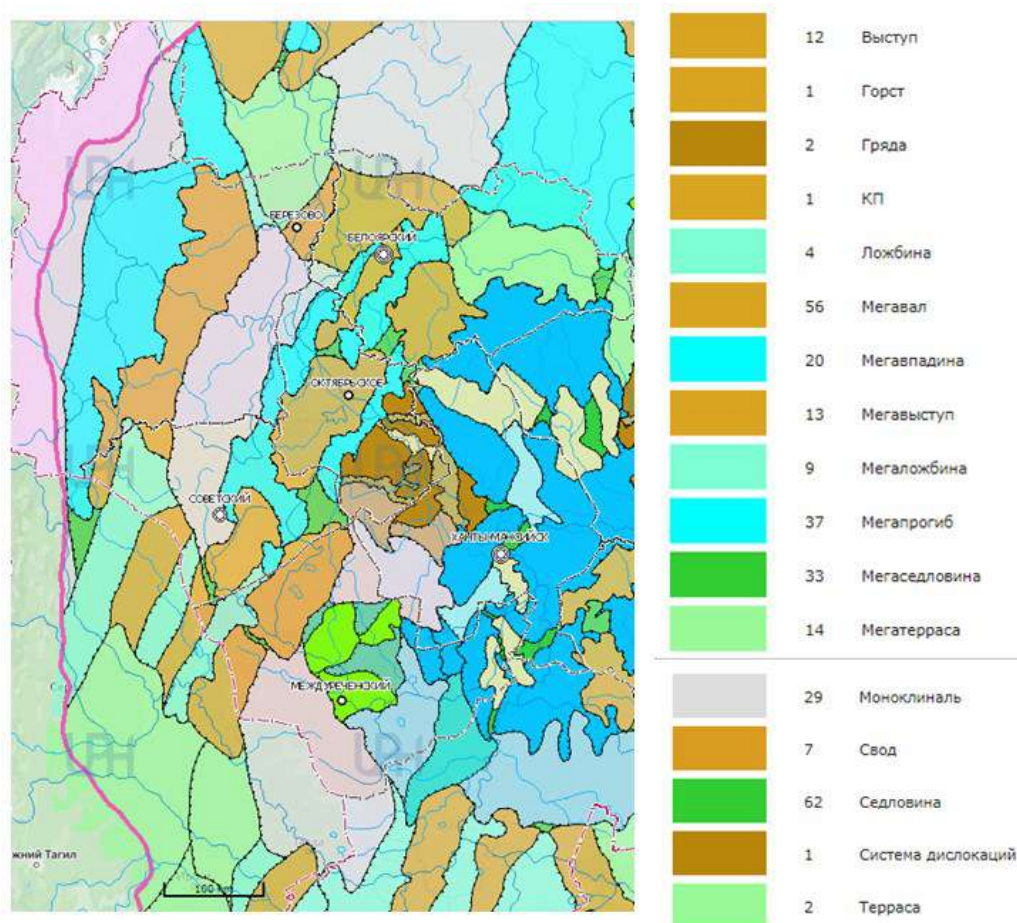


Рис. 4. Тектоническая карта западной территории ХМАО [2]

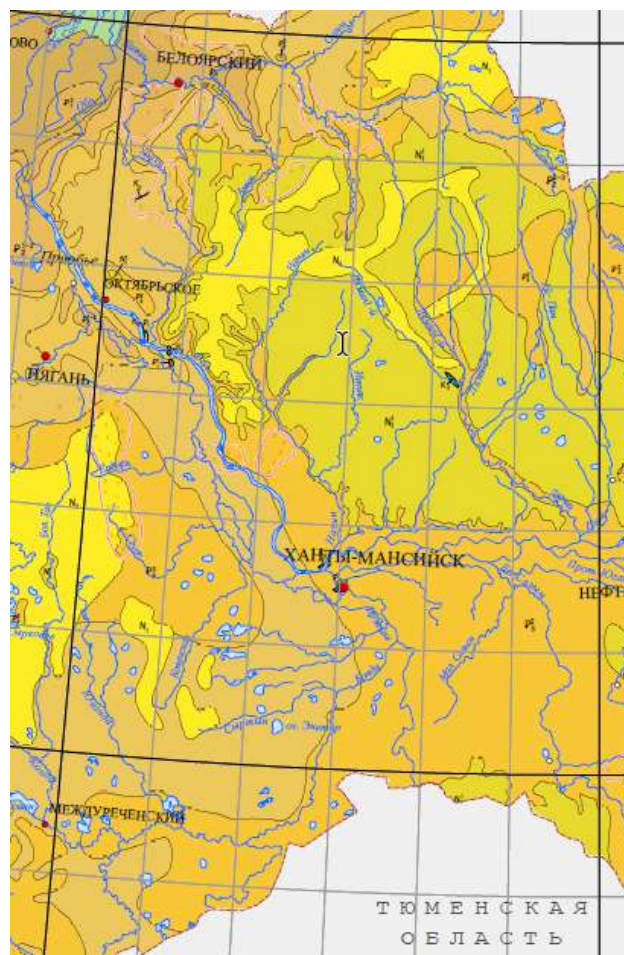


Рис. 5. Геологическая карта Ханты-Мансийского района (фрагмент карты ХМАО) [6]

Осадочный чехол Западно-Сибирской плиты образован рыхлыми породами возраста мезозоя и кайнозоя, мощностью до 1000 м. В Ханты-Мансийском районе чехол сложен в основном породами неогена и палеогена (глины, песчаники, мергели) [6]. В верхней части разреза территория района сложена преимущественно аллювиальными, флювиогляциальными и ледниковыми отложениями, представленными песками, супесями, суглинками и гравием с галькой.

Техногенная нагрузка

Основное направление промышленности в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) – нефтегазодобыча, что связано с богатыми залежами углеводородов в регионе (рис. 6). На его территории активно работают 53 предприятия нефтегазодобывающего сектора, из которых большинство – 39 компаний – принадлежат крупным вертикально-интегрированным нефтяным компаниям (ВИНК). Среди них ПАО "НК "Роснефть", ОАО "Сургутнефтегаз", ПАО "ЛУКОЙЛ", ПАО "Газпром нефть", а также "Салым Петролеум Девелопмент Н.В." и другие значимые игроки в российском нефтегазовом секторе.



Рис. 6. Карта перспектив нефтегазоносности ХМАО [3]

В ХМАО также развита нефтепереработка и газопереработка: здесь действуют 6 предприятий по переработке нефти и 8 предприятий по переработке газа, а также завод стабилизации газового конденсата.

Кроме того, в регионе создан мощный электроэнергетический комплекс. Основную долю выработки электроэнергии на территории округа обеспечивают ОАО “Сургутская ГРЭС-1”, ОАО “Сургутская ГРЭС-2”, ОАО “Нижневартовская ГРЭС” и «Няганская ГРЭС» [19].

Влияние нефтегазового фактора на окружающую среду

После максимального уровня нефтедобычи, достигнутого в ХМАО в 2007 году, территория загрязненных земель постепенно сокращается. Тем не менее, ключевые загрязнители остаются неизменными и включают нефть, минерализованные пластовые воды, буровые растворы, сточные воды и шламы. Особенно негативное воздействие на окружающую среду оказывают разливы нефти и просачивание минерализованных вод в почву и водные системы.

Эксплуатационное бурение в ХМАО продолжается высокими темпами, что приводит к образованию более 5 миллионов тонн отходов в год. Эти отходы включают буровые шламы, которые требуют безопасной утилизации из-за содержания тяжёлых металлов и других опасных веществ. Ежегодно утилизируется и обезвреживается более 84 % отходов, что достигается благодаря развитию технологий переработки, таких как инкапсуляция шламов и использование специальных полигонов для захоронения [15]. Утилизация помогает снизить уровень загрязнения, однако сохраняются риски, связанные с нарушениями в управлении отходами и аварийными выбросами, которые могут оказать долгосрочное воздействие на экосистемы региона.

Ситуация усугубляется особенностями климата и географии ХМАО: суровые зимы, большое количество болот и водоемов усложняют как процесс

бурения, так и утилизацию отходов. Проблема загрязнения подземных и поверхностных вод остаётся актуальной, особенно учитывая распространение болот и поверхностных водоемов, через которые загрязняющие вещества могут мигрировать на большие расстояния.

Геоэкологическая анализ и оценка

Основные геоэкологические критерии

Сейсмичность. Согласно карте сейсмического районирования Российской Федерации – ОСР-97-А, Ханты-Мансийский район относится к зоне с интенсивностью сотрясений менее 5 баллов.

Экзогенные геологические процессы (ЭГП). В районе распространены различные ЭГП. Поскольку территория находится в зоне двухслойного развития многолетних мерзлых пород, здесь характерны такие процессы как многолетние бугры пучения и термокарстовые формы. В речной долине реки Обь распространены оползни.

На Приполярном Урале, по периферии возвышенностей, по склонам рассекающих водоразделы речных долин, уступам разновысотных геоморфологических уровней, широко развиты склоновые гравитационные процессы: обвалы, осыпи, оползни. Осыпи обычно наблюдаются на хорошо дренированных склонах озерно-аллювиальных равнин и надпойменных террас, сложенных песчаными отложениями [1].

Загрязнение почв и донных осадков. В процессе освоения нефтяных месторождений и транспортировке нефтепродуктов оказывается активное воздействие на окружающую среду в пределах территорий самих месторождений, трасс линейных сооружений (промысловых и магистральных трубопроводов), а также в ближайших населенных пунктах (городах, поселках).

На территории ХМАО в 2023 г. случаи высокого содержания углеводородов свыше 1000 мг/кг в почвенных пробах зафиксированы в 133 случаях. Случаи очень высокого содержания углеводородов в почвенных пробах зафиксированы в шести случаях из всего массива наблюдений [4].

Исследования химического состава донных отложений Оби и притоков свидетельствуют о том, что содержание тяжелых металлов в большинстве случаев близко к среднерегionalным показателям и не представляет серьезной экологической опасности [4].

Несколько повышено содержание свинца и цинка, по которым донные отложения можно отнести к категории слабозагрязненных. Загрязнение донных отложений нефтепродуктами носит умеренный характер. В исследованных донных грунтах Оби и притоков содержание нефтепродуктов значительно ниже, чем в донных отложениях малых рек на участках нефтедобычи [15].

Загрязнение подземных вод. Загрязнение подземных вод никелем зафиксировано на пяти водозаборах в Октябрьском, Нижневартовском, Сургутском районах (1,1 -12 ПДК); свинец на верхней границе ПДК выявлен на пяти водозаборах в Нижневартовском, Советском и Сургутском районах [4].

На двух водозаборах Октябрьского района зафиксировано повышенное содержание стронция - 2,1 -2,5 ПДК.

Содержание полифосфатов (1,3-1.4 ПДК) зафиксировано в подземных водах рюпель-серравальского водоносного горизонта на двух водозаборах хозяйственно-питьевого и бытового назначения Нефтеюганского и Октябрьского района. По данным недропользователей превышение питьевых нормативов в 1.1-2,0 ПДК по алюминию было выявлено на трех водозаборах питьевых вод в Нижневартовском и Октябрьском районах.

Загрязнение поверхностных вод. Критическими показателями загрязненности поверхностных вод во всех створах реки Оби являлись соединения железа; в створе с. Белогорье дополнительно критическими показателями загрязненности являлись соединения меди и марганца, в створах пгт. Октябрьское – соединения марганца. Качество поверхностных вод представлено на рис. 7.



Рис. 7. Качество поверхностных вод ХМАО

Загрязнение пестицидами. В силу региональных особенностей ХМАО (территория приравнена к районам Крайнего Севера) выращивание сельскохозяйственных культур с применением минеральных удобрений является незначительным. Пестициды хозяйствами ХМАО не применяются.

Загрязнение воздуха. В 2022 году из 22 муниципальных образований ХМАО (9 районов и 13 городов окружного подчинения) на муниципальные районы приходится 92% от общего объема выбросов, наибольшие из которых зафиксированы в Ханты-Мансийском (20%), Нефтеюганском (19%), Сургутском (18%) и Нижневартовском (13%) районах. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу представлены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс.т. [4]

Муниципальные образования	Всего выброшено в атмосферу загрязняющих веществ						
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022г.	2023 г.	разница 2023 г. и 2022 г., +/-	отношение 2023 г. к 2022 г., %
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	1 373,421	1 270,191	1 142,199	1 231,140	1 141,582	-89,558	0,93
г. Ханты-Мансийск	0,848	0,971	1,616	1,164	1,490	0,33	1,28
г. Когалым	1,995	7,087	6,240	1,670	0,824	-0,85	0,49
г. Лангепас	11,205	14,097	7,406	8,393	8,750	0,36	1,04
г. Мегион	0,748	8,703	6,265	1,676	1,577	-0,10	0,94
г. Нефтеюганск	1,649	0,511	1,167	1,439	0,958	-0,48	0,67
г. Нижневартовск	5,776	5,672	12,664	9,983	6,413	-3,57	0,64
г. Нягань	8,557	8,464	9,177	8,953	9,380	0,43	1,05
г. Покачи	1,017	0,879	0,746	0,653	0,808	0,16	1,24
г. Пыть-Ях	3,883	3,673	27,411	8,286	4,876	-3,41	0,59
г. Радужный	5,211	2,099	11,431	3,639	3,657	0,02	1,00
г. Сургут	47,559	45,306	53,467	34,998	41,482	6,48	1,19
г. Урай	3,536	3,017	7,977	6,742	5,917	-0,83	0,88
г. Югорск	19,418	12,155	7,591	11,512	6,391	-5,12	0,55
Белоярский район	126,001	107,733	89,551	112,682	82,823	-29,86	0,74
Березовский район	32,848	73,733	28,910	34,028	17,460	-16,57	0,51
Кондинский район	30,941	20,820	29,098	73,438	55,280	-18,16	0,75
Нефтеюганский район	169,485	269,038	271,097	246,038	214,682	-31,36	0,87
Нижневартовский район	308,933	217,567	189,126	189,099	144,869	-44,23	0,77
Октябрьский район	73,740	72,898	59,994	81,043	70,153	-10,89	0,87
Советский район	44,229	35,107	33,916	23,016	24,658	1,64	1,07
Сургутский район	219,796	203,540	187,324	225,172	205,303	-19,87	0,91
Ханты-Мансийский район	255,710	156,472	99,866	147,516	233,833	86,32	1,59

Геоэкологическая оценка

Для геоэкологической оценки территория Ханты-Мансийского района была разделена на оценочные участки (таксоны) – квадраты (35 x 35 км), всего выбрано 38 участков (рис. 8).

Согласно методике интегральной геоэкологической оценки И.С. Копылова [8, 10-12], индикаторы геоэкологической оценки территории Ханты-Мансийского района были занесены в таблицу (табл. 2), по данным которой была построена интегральная карта геоэкологической оценки западной территории ХМАО (рис. 9).

Таблица 2

Критерии геоэкологической оценки Ханты-Мансийского района

№	Сейсмичность в баллах	Геодинамическая активность	Пораженность территории ЭПП в %	Степень нарушения ландшафтов	Химическое загрязнение почв	Радиоактивное загрязнение	Химическое загрязнение донных отложений	Химическое загрязнение подземных вод	Химическое загрязнение поверхностных вод	Загрязнение поверхностных вод пестицидами	Комплексное загрязнение воздуха	Сумма	
1	1	1	3	6	8	1	5	1	2	1	2	31	Суммарная оценка
2	1	1	3	6	8	1	5	1	2	1	2	31	Условно благоприятное
3	1	1	3	6	8	1	5	1	2	1	2	31	Условно благоприятное
4	1	1	3	5	5	1	4	1	2	1	4	28	Условно благоприятное
5	1	1	3	5	5	1	4	1	2	1	4	28	Условно благоприятное
6	1	1	5	7	5	1	5	2	2	1	5	35	Условно благоприятное
7	1	1	5	7	5	1	5	2	2	1	5	35	Условно благоприятное
8	1	1	3	5	7	1	5	1	5	1	5	35	Условно благоприятное
9	1	1	3	5	7	1	5	1	5	1	5	35	Условно благоприятное
10	1	1	2	3	4	1	2	1	5	1	4	25	Условно благоприятное
11	1	1	2	3	4	1	2	1	5	1	4	25	Условно благоприятное
12	1	1	4	3	4	1	2	1	2	1	2	22	Условно благоприятное
13	1	1	3	5	5	1	4	1	2	1	4	28	Условно благоприятное
14	1	1	3	5	5	1	4	1	2	1	4	28	Условно благоприятное
15	1	2	4	5	6	1	4	1	2	1	5	32	Условно благоприятное
16	1	1	5	7	5	1	5	2	2	1	5	35	Условно благоприятное
17	1	1	3	5	7	1	5	1	5	1	5	35	Условно благоприятное
18	1	1	3	5	7	1	5	1	5	1	5	35	Условно благоприятное
19	1	1	2	3	4	1	2	1	5	1	4	25	Условно благоприятное
20	1	1	2	3	4	1	2	1	5	1	4	25	Условно благоприятное
21	1	2	2	3	4	1	3	1	2	1	5	25	Условно благоприятное
22	1	2	2	3	4	1	3	1	2	1	5	25	Условно благоприятное
23	1	2	4	5	6	1	4	1	2	1	5	32	Условно благоприятное
24	1	2	4	5	6	1	4	1	2	1	5	32	Условно благоприятное
25	1	2	5	6	4	2	2	2	5	1	5	35	Условно благоприятное
26	1	2	5	6	4	2	2	2	5	1	5	35	Условно благоприятное
27	1	2	2	5	2	1	2	1	5	1	2	24	Условно благоприятное
28	1	3	2	8	8	1	5	1	5	1	5	40	Условно благоприятное
29	1	2	4	5	6	1	4	1	2	1	5	32	Неблагоприятное
30	1	2	5	6	4	2	2	2	5	1	5	35	Условно благоприятное
31	1	2	5	6	4	2	2	2	5	1	5	35	Условно благоприятное
32	1	2	2	5	2	1	2	1	5	1	2	24	Условно благоприятное
33	1	2	2	5	2	1	2	1	5	1	2	24	Условно благоприятное
34	1	2	2	5	2	1	2	1	5	1	2	24	Условно благоприятное
35	1	3	2	8	8	1	5	1	5	1	5	40	Условно благоприятное
36	1	3	2	8	8	1	5	1	5	1	5	40	Неблагоприятное
37	1	3	2	8	8	1	5	1	5	1	5	40	Неблагоприятное
38	1	2	2	5	2	1	2	1	5	1	2	24	Неблагоприятное

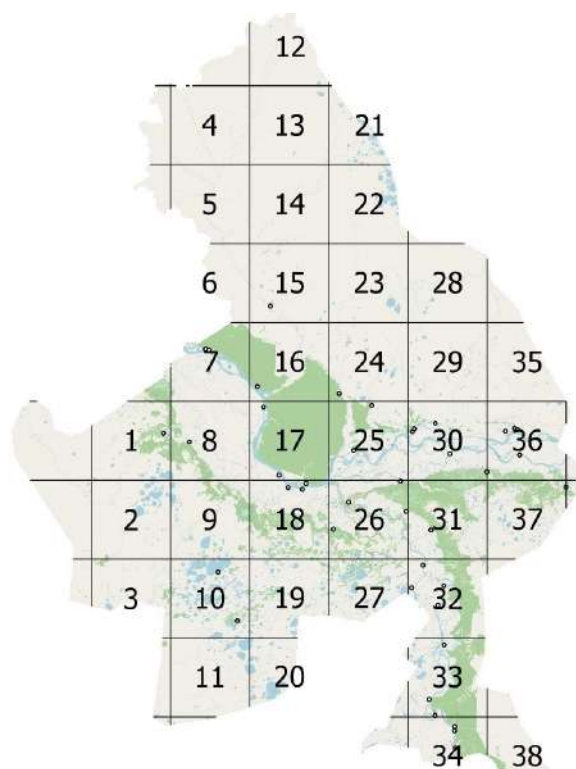


Рис.8. Оценочная структура (таксоны и их номера) Ханты-Мансийского района для геоэкологической оценки

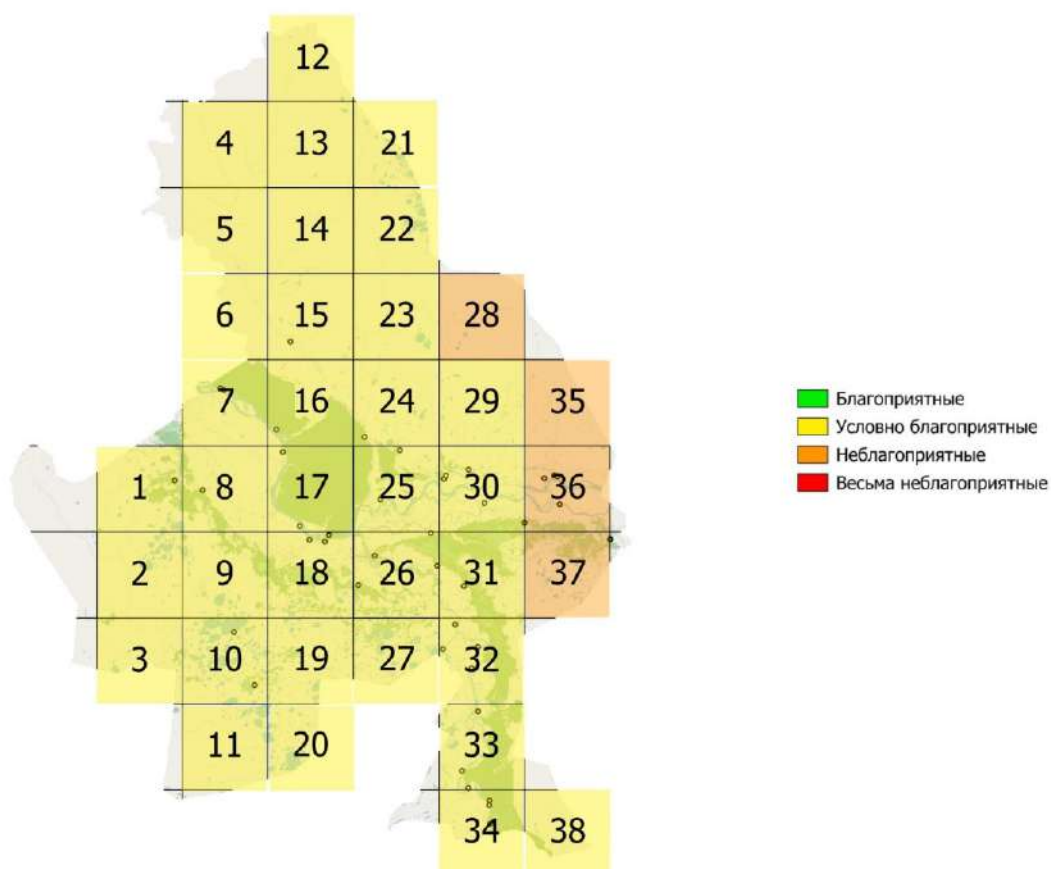


Рис. 9. Карта геоэкологической оценки Ханты-Мансийского района

Заключение

Ханты-Мансийский автономный округ является основным нефтегазоносным регионом России. Основную часть промышленности округа занимает нефтегазодобывающая. Именно она является основным источником антропогенной нагрузки на природную среду округа.

Как показывает геоэкологическая оценка, основная нагрузка идет на почвы. Однако немалую долю составляет загрязнение вод и атмосферного воздуха. Источниками являются сжигание попутного нефтяного газа на факелах, буровые отходы, нефтепродукты при разработке месторождений.

В Ханты-Мансийском районе преобладает условно благоприятное состояние природной среды, что вызвано удалением территории от скопления месторождений нефти и газа. Большая часть нефтегазодобывающих предприятий находится в центральной и восточной части ХМАО. Однако воздействие на западную территорию обусловлено в большей степени миграцией веществ с течением рек Обь и Иртыш.

Для снижения антропогенного воздействия необходимы меры по снижению аварийности на месторождения и трубопроводах, чтобы снизить риск возникновения аварий. Формирование системы экономического стимулирования, экологизации производства станет еще одним инструментом для достижения низких показателей воздействия на природную среду.

Библиографический список

1. Абатурова И.В., Савинцев И.А., Стороженко Л.А., Ковязин И.Г. Условия развития инженерно-геологических процессов (на примере города Ханты-Мансийска) // *Sciences of Europe*. 2016. №9-1 (9). С.23-26.
2. Геологическое строение и нефтегазоносность нижнемеловых отложений Западно-Сургутской структуры / О. В. Тюкавкина и др.. Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. 128 с.
3. Геопортал ЮГРА [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://maps.crru.ru/smaps/cmViewer.php>
4. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе -Югре в 2023 году: информ. бюл. - Ханты-Мансийск: Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений, 2024.
5. Ефимова М.В., Стрих Н.И., Курбанов В.Ш. Воздействие нефтегазового комплекса на экосистемы Ханты-Мансийского автономного округа-Югры // *Региональные геосистемы*. 2011. №3-1 (98). С.110-114.
6. Информационные ресурсы ВСЕГЕИ: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/webmapget/index.php>
7. Китайкина М.Н. Сравнительная характеристика среднегодовой концентрации взвешенных веществ в речных ресурсах Ханты-Мансийского автономного округа // *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. Том 4. № 3. 2018. С. 41-56.
8. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края, Пермь, 2001. 501 с.
9. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.
10. Копылов И.С. Прикладная геоэкология. Пермь: Пермский гос. нац. исслед. университет, 2023. 247 с.
11. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.

12. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 113-122.
13. Липка О.Н., Богданович А.Ю., Андреева А.П., Караваева А.С., Крыленко С.В., Седова А.М. Оценка климатических рисков для территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Фундаментальная и прикладная климатология, т. 9, № 2, 2023. С.178-223
14. Михайлов А.Э., Рубина Т.В. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности ачимовских отложений Юганской мегавпадины ХМАО – Югры // Вестник Недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа №28, 2016.
15. О Стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа - Югры до 2036 года с целевыми ориентирами до 2050 года: Распоряжение правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 3 ноября 2022 года N 679-рп
16. Романова Т.И., Большаник П.В. Характеристика химического состава донных отложений источников г.Ханты-Мансийска // МНИЖ. 2022. №10 (124). DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.33>
17. Тектоническая карта: Сейсмическое районирование Российской Федерации. Общее сейсмическое районирование Российской Федерации ОСР-97-А, В, С, масштаб: 1:8000000, редакторы: Мельников Г.Ф., Страхов В.Н., Уломов В.И. НПП Текарт, 2000.
18. Физическая география и экология региона / П.В. Большаник и др.; под ред. В.И. Булатова, Б.П. Ткачёва. Ханты-Мансийск: Югорское отделение Русского географического общества: Информационно-издательский центр, 2006. 198 с.
19. Ханты-Мансийский автономный округ — Минприроды России [Электронный ресурс] Режим доступа URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/regions/khanty_mansiyskiy_avtonomnyy_okrug/.
20. Шигапов А.М. Гаврилин И.И. Проблема загрязнения почвенного покрова территории Уральского Федерального округа углеводородами нефти // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2 (часть 2).

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ МАРАКАЙБСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА (ВЕНЕСУЭЛА)

Статья посвящена анализу геоэкологической обстановки территории Маракайбского нефтегазоносного бассейна. Дана характеристика природно-геологических и географических условий. Рассмотрена техногенная нагрузка с упором на нефтегазовый комплекс. Описано антропогенное воздействие на территорию нефтегазоносного бассейна. Составлена карта геоэкологической оценки.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка, анализ, Маракайбский нефтегазоносный бассейн.

A.V. Cheremnykh

Perm State University, Perm, Russia

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE MARACAIBA OIL AND GAS BASIN (VENEZUELA)

The article is devoted to the analysis of the geoecological situation of the Maracaiba oil and gas basin. The characteristics of natural geological and geographical conditions are given. The technogenic load is considered with an emphasis on the oil and gas complex. The anthropogenic impact on the territory of the oil and gas basin is described. A geoecological assessment map has been compiled.

Keywords: geoecological assesment, analysis, Maracaiba oil and gas basin.

Введение

Маракайбский нефтегазоносный бассейн расположен в северо-западной части Венесуэлы, занимает акваторию озера Маракайбо, Венесуэльского залива и прилегающую часть суши. Его протяженность оценивается в 47705 км², из которых приблизительно 45505 км² административно по большей части соответствуют штату Сулия, а по меньшей части – штатам Мерида, Тачира и Трухильо, а также приблизительно 2200 км² принадлежат территории Колумбии [10].

Природно-геологические, географические условия

Территория расположена в межгорной тектонической впадине между хребтами Сьерра-де-Периха на западе и Кордильера-де-Мерида на юго-востоке (рис. 1, 2).

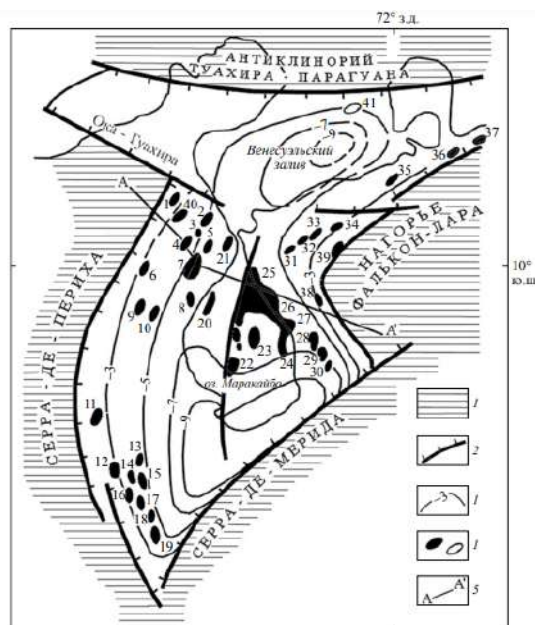


Рис.1. Физико-географическая карта Венесуэлы [16]



Рис.2. Физическая карта района [15]

Нефтегазоносный бассейн Маракайбо приурочен к крупной Маракайбской межскладчатой впадине, заключенной между двумя ветвями альпийского горного сооружения Восточной Кордильеры: на западе Серра де Периха, на юге и юго-востоке Серра де Мерида и примыкающей к ней на северо-востоке складчатой системы Фалькон-Лара. Серра де Периха на севере ограничивается разломами Ока Гуахира и Туахира – Парагуана, вытянутыми в широтном направлении (рис. 3). Этот широтно ориентированный и рассеченный водами Венесуэльского залива антиклинорий образует северное обрамление бассейна [3].



1 – альпийские горные сооружения, 2 – разломы; 3 – изолинии глубин фундамента; 4 – месторождения нефти, газа, 5 – А-А' – линия профиля. Цифры на карте названия месторождений: 1 – Амана; 2 – Мара; 3 – Нетик; 4 – Ла-Пас; 5 – Консепсьон; 6 – Татумо; 7 – Боскан; 8 – Лос-Кларос; 9 – Макоа; 10 – Сан-Хосе; 11 – Рио-де-Оро; 12 – Тибу; 13 – Лос-Мануэлес; 14 – Западная Тара; 15 – Тара; 16 – Сардината; 17 – Петролеа; 18 – Карбонера; 19 – Рио-Сулия; 20 – Урданета; 21 – Сибукара; 22 – Ламарж; 23 – Сентро; 24 – Сеута; 25 – Боливар; 26 – Лагунильяс; 27 – Бокачиро; 28 – Мене-Гранде; 29 – Мотатан; 30 – Баруа; 31 – Мене-де-Мароа; 32 – Медиио; 33 – Пинтадо; 34 – Лас-Пальмас; 35 – Тигуахе; 36 – Эль-Мамон; 37 – Кумаребо; 38 – Интеркампо-Северное; 39 – Кабимас; 40 – Амбросио; 41 – Перла.

Рис.3. Схематическая карта нефтегазоносности бассейна Маракайбо [3]

На территории располагается обширная зона разломной тектоники. Разломы находятся в толще горных пород озера Маракайбо. В восточной части озера установлена зона сейсмической активности, где часто происходят землетрясения различной интенсивности (рис. 4).

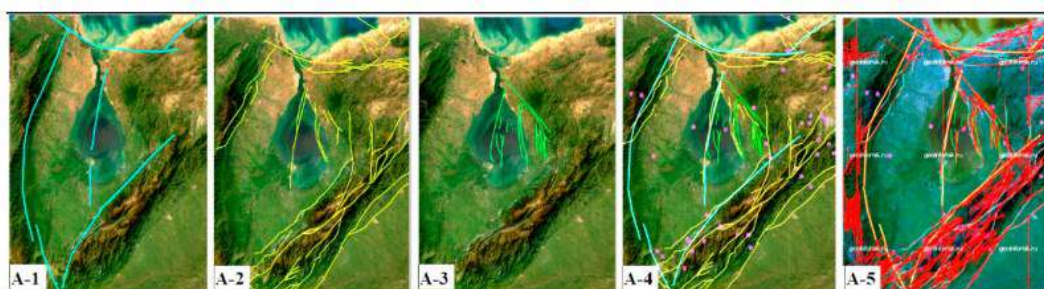


Рис. 4. Тектонические зоны НГБ «Маракайбо» [1]

Для юго-восточной части территории характерно проявление экзогенных геологических процессов, среди которых преобладают оползни, сели и осыпи.

Техногенная нагрузка

Главная отрасль промышленности – нефтяная. Район Маракайбо даёт около 77% добычи нефти в Венесуэле. Вдоль восточного берега озера Маракайбо расположены крупнейшие месторождения нефти, на которых

распространена подводная добыча. Растет добыча и на западном берегу озера Маракайбо, особенно в месторождении Ла-Пас. В Маракайбо размещаются предприятия традиционных отраслей – пищевой, текстильной и кожевенно-обувной. В районе располагаются предприятия: электротехнической, металлообрабатывающей, автосборочной, цементной и химической промышленности. Развивается нефтехимия. Также расположено крупное молочное хозяйство. На озере Маракайбо распространено рыболовство. Порт Маракайбо — крупнейший в стране по грузообороту и один из наиболее важных нефтяных портов мира; после сооружения канала стал доступен для океанских судов [14].

Нефтегазоносный комплекс

Начальные извлекаемые запасы нефти 6,6 млрд. т, газа – 1,7 трлн. м³, в акватории соответственно 5 млрд. т и 1,2 трлн. м³. Потенциальные ресурсы оцениваются в 9,3 млрд. т нефти и 1,9 трлн. м³ газа [10].

Основные нефтяные месторождения бассейна находятся на восточном берегу озера Маракайбо, которые производят в основном кайнозойские залежи, такие, например, как: Кабимас, Тиа Хуана, Лагунильяс, Бачакеро, Мене Гранде и Мотатан. На Западном берегу находятся месторождения важного производства мелового периода, кроме кайнозойского; среди них находится месторождение Урданета (озеро Маракайбо) и месторождения со стороны Периха, а именно с севера на юг: Ла-Консепсьон, Мара, Ла-Пас, Боскан и Альтуритас [10].

Основная добыча нефти сосредоточена в районе лагуны Маракайбо, которая узким проливом соединяется с Венесуэльским заливом. Глубина озера редко превышает 30 м. В бассейне открыто до 85 месторождений. Месторождения обычно многопластовые, залежи приурочены к антиклинальным поднятиям с развитыми разрывными нарушениями. Глубина залегания продуктивных горизонтов 160–5620 м. Углеводороды размещены в широком стратиграфическом диапазоне – от миоцена до мела включительно. Большая доля нефти добывается по существу из одного месторождения – Боливар. Боливар – супергигантское нефтяное месторождение, состоит из более чем 20 слившихся месторождений. Зона нефтенакопления Боливар протягивается по восточному побережью озера на расстоянии более 75 км при ширине местами более 20 км [3].

Характерной особенностью источников нефтяного загрязнения является приуроченность выходов нефти на «дневную» поверхность в зонах тектонических разломов и очагов землетрясений. Аналогичным образом наблюдается связь открытых залежей, в частности, на акваториях озера Маракайбо и прибрежных территориях к зонам разломов. Она отражает приуроченность положения морских платформ и скважин, а также других потенциальных техногенных источников разливов нефти, соответственно, к открытым залежам нефти и существующим зонам разломов [1].

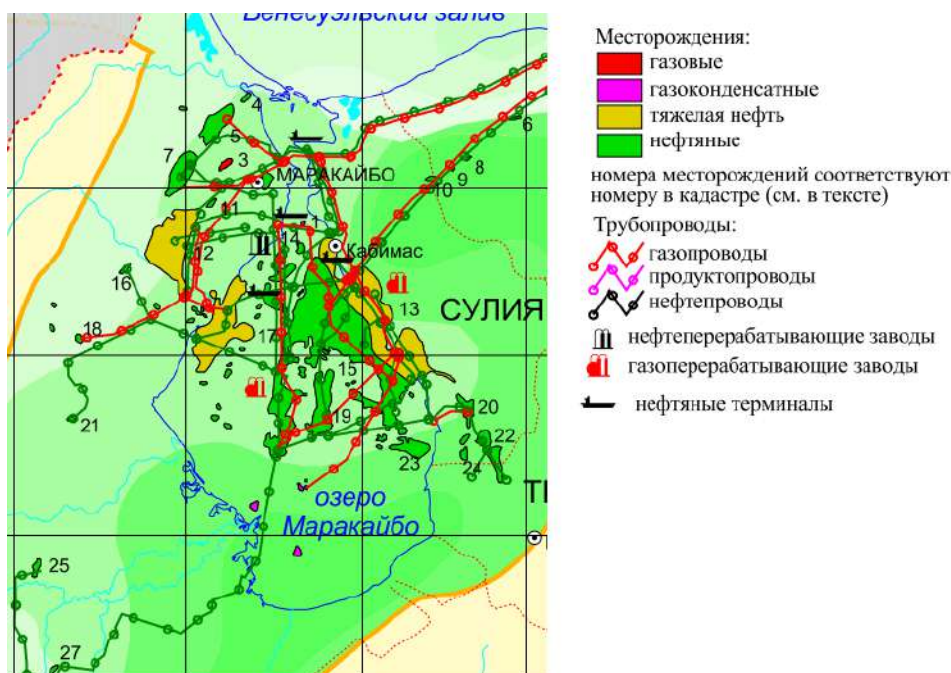


Рис. 5. Карта нефтегазоносности Маракайбского бассейна [10]

Оценка воздействия на окружающую среду.

Водные объекты. Озеро Маракайбо загрязнено сбросами, образующимися при нефтедобыче, утечке промышленных сточных вод. Юго-восточное побережье Венесуэльского залива сильно страдает от разливов нефти [11, 12].

Атмосфера. Выбросы образуются промышленными предприятиями г.Маракайбо. Среди наиболее загрязняющих отраслей промышленности воздуха - нефтяная и нефтехимическая промышленность [6]. Также на атмосферу негативно воздействуют автомобильный и общественный транспорт.

Почва. Участки плодородных земель, используемых в сельском хозяйстве, страдают от загрязнения под воздействием пестицидов, гербицидов и химических удобрений. Также почвы загрязняются нефтепродуктами при добыче и транспортировке [11].

Методика и результаты исследования

Основы регионального геоэкологического анализа и интегральной оценки территорий изложены в методических и региональных работах И.С. Копылова [5-9]. Изложенная в этих работах методика интегральной оценки природно-геологической среды дает возможность провести районирование и охарактеризовать геоэкологическое состояние среды территории по 4 классам: благоприятное, удовлетворительное, неблагоприятное и весьма неблагоприятное состояние.

В результате анализа геоэкологического состояния территории были выделены 7 групп оценочных критериев и составлена таблица критериев (табл.), в которой распределение баллов по критериям выразилось следующим образом:

Критерии геоэкологической оценки территории

№ уч.	Литогенная основа			Ландшафты	Почвы	Подземные воды	Поверхностные воды	Атмосфера	Суммарная оценка состояния
	Эндогенные	Геодинамическая активность	Экзогенные	Степень нарушения	Химическое	Химическое	Химическое	Комплексное загрязнение	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	2	1	1	1	1	1	2	1	10
4	2	5	4	5	4	4	5	5	34
5	3	5	1	4	3	4	5	3	28
6	3	5	2	4	3	2	5	3	29
7	3	5	3	4	4	3	4	4	28
8	5	5	1	5	5	5	5	5	36
9	3	5	5	1	2	1	1	1	19
10	2	5	3	2	3	2	3	3	23
11	1	3	5	1	2	1	1	1	15
12	1	1	5	1	1	1	1	1	12

- эндогенные (сейсмичность), где 1 б. – слабая, 2-3 б. – умеренная, 4-5 б. – сильная;

- геодинамическая активность (разломы), где 1 б. – слабые, 2-3 б. – умеренные, 4-5 б. – сильные; экзогенные (оползни, сели и осыпи), где 1 б. – слабые, 2-3 б. – умеренные, 4-5 б. – сильные;

- степень нарушения территории, где 1 б. – слабая, 2-3 б. – умеренная, 4-5 б. – сильная;

- химическое загрязнение почв, где 1 б. – слабое, 2-3 б. – умеренное, 4-5 б. – сильное;

- химическое загрязнение подземных вод, где 1 б. – слабое, 2-3 б. – умеренное, 4-5 б. – сильное;

- химическое загрязнение поверхностных вод, где 1 б. – слабое, 2-3 б. – умеренное, 4-5 б. – сильное;

- комплексное загрязнение атмосферы, где 1 б. – слабое, 2-3 б. – умеренное, 4-5 б. – сильное.

Суммарные баллы для оценки:

0-10 баллов – благоприятное состояние,

10-20 баллов – удовлетворительное состояние,

20-30 баллов – неблагоприятное состояние,

30-40 баллов – весьма неблагоприятное состояние, не благоприятное.

Оценка проводилась равномерно по оценочным квадратам.

В результате составлена карта геоэкологической оценки территории Маракайбского нефтегазоносного бассейна (рис. 6).

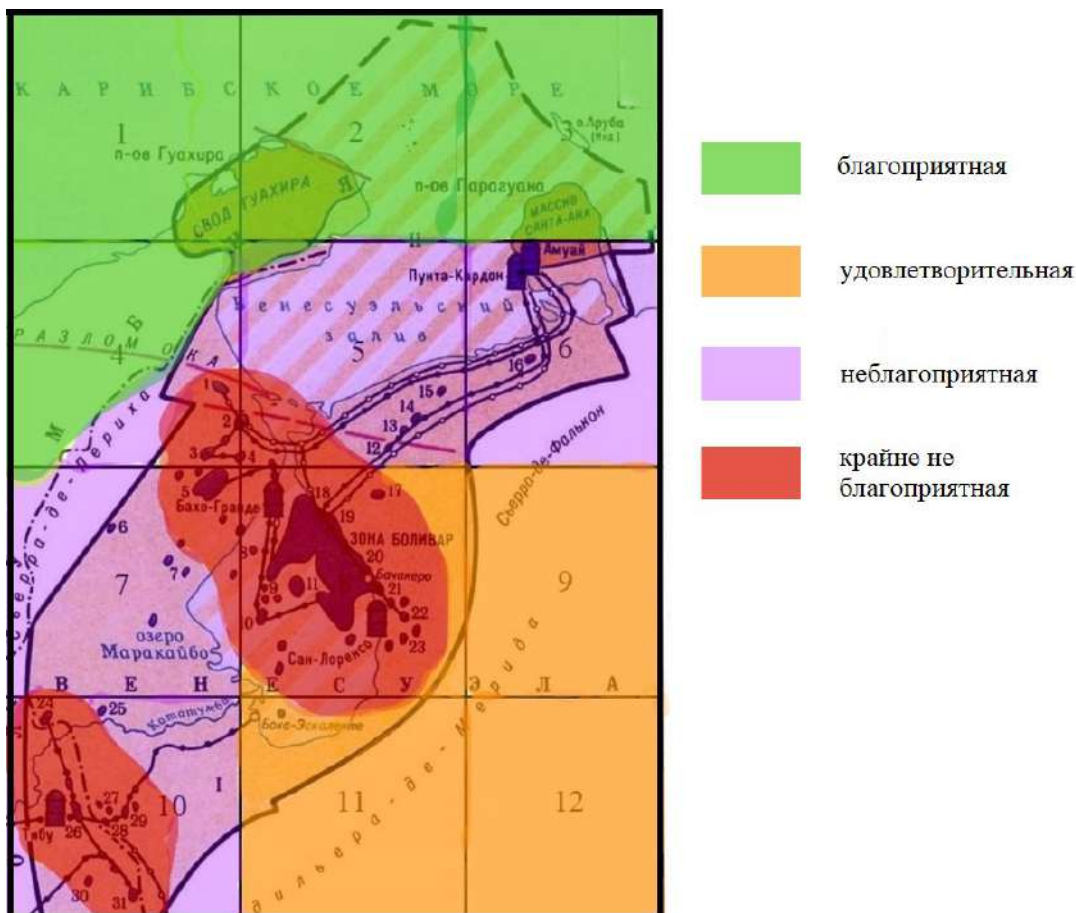


Рис. 6. Геоэкологическая оценка территории Маракайбского нефтегазоносного бассейна

Заключение

Проведенный геоэкологический анализ и оценка территории Маракайбского нефтегазоносного бассейна показывает, что наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает нефтегазовый комплекс, оказывая комплексное воздействие на все компоненты окружающей среды, особенно на водные объекты и почвы. Основной источник воздействия на атмосферу – промышленность и транспорт.

По результатам оценки, можно сделать вывод, что наиболее благоприятная экологическая ситуация на рассматриваемой территории, на севере и северо-западе; удовлетворительная обстановка в районе Кордильера-де-Мерида. Напряженная экологическая обстановка отмечается в городе Маракайбо. Наиболее загрязненные территории находятся в юго-восточной и западной частях озера Маракайбо, а также – на юго-западе исследуемой территории где ведется основная добыча нефти и газа, что оказывает негативное воздействие на все природные компоненты.

Библиографический список

1. Аковецкий В.Г., Афанасьев А.В., Суарес Р.Х.А. Геоинформационная среда в задачах геоэкологического мониторинга нефтегазопроявлений бассейна Маракайбо // В сборнике: *ГеоЕвразия-2023. Геологоразведочные технологии: наука и бизнес. Труды VI Международной геолого-геофизической конференции.* Тверь, 2023. С. 118-121.
2. Гарсия Бальса А. С. Геология апт-альбских пород карбонатной платформы осадочной группы Коголло и последствия аноксидных океанических событий бассейна Маракайбо (северо-западная часть Южной Америки) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* 2019. Т. 330, № 2. С. 138-154. DOI 10.18799/24131830/2019/2/115.
3. Забанбарк А., Лобковский Л.И. Структурные черты и перспективы нефтегазоносности Карибского региона // *Океанология.* 2017. Т. 57, № 5. С. 799-814. DOI 10.7868/S0030157417050148.
4. Карта нефтегазоносности Венесуэлы (электронный ресурс). <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-prilozhenie-1-karta-neftegazonosnosti-venesuely.pdf>
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края, Пермь, 2001. 501 с.
6. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.
7. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Уральский государственный горный университет. 2014. 351 с.
8. Копылов И.С. Прикладная геоэкология. Пермь: Пермский гос. нац. исслед. университет, 2023. 247 с.
9. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования.* 2011. № 6.
10. Орловский С.Л. Геологическое строение нефтяного бассейна Маракайбо (Колумбия) // *Булатовские чтения,* 2017. Т.1.С. 132-133.
11. Лукашова Е.Н. Южная Америка. М.: Учпедгиз, 1958. 465 с.
12. Станис Е. В., Огородникова Е. Н., Ромеро М. Оценка состояния геоэкологических условий долины Р. Турбио (Венесуэла) по интенсивности проявления экзогенных геологических процессов // *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2006. №1.
13. Graf, C., 1969. Estratigrafia Cuaternaria del Noroeste de Venezuela, Asoc. Venez. Geol. Min. y Petr., Bol. Inf. 12 (11): 393–416.
14. Marrero L. y Aztils L., *Venezuela sus recursos,* Caracas, 1964.
15. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/204638>.
16. <http://www.world-globe.ru/countries/venezuela/geography/>

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИЦИЛИИ

В статье рассмотрены геоэкологические условия территории Сицилии Италии. Установлены основные техногенные и природно-геологические факторы. Проведены геоэкологический анализ, оценка, районирование. Составлена карта экологического состояния природной среды.

Ключевые слова: геоэкология, техногенная нагрузка, геоэкологические условия, состояние окружающей среды, Сицилия.

V.V. Chetyrkina

Perm State University, Perm, Russia

REGIONAL GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF SICILY

The article considers the geoecological conditions of the territory of Sicily in Italy. The main technogenic and natural-geological factors have been established. Geoecological analysis, assessment, and zoning were carried out. A map of the ecological state of the natural environment was compiled.

Keywords: geoecology, man-made load, geoecological conditions, state of the environment, Sicily.

Введение

Геоэкологический анализ используется для разработки научно обоснованных программ и мероприятий для сохранения и улучшения состояния городской среды и здоровья населения. Геоэкологический анализ одна из важнейших проблем в странах мира на разных уровнях. Данная проблема рассмотрена на примере Сицилии, как одного из административных районов Италии.

Территория Сицилии имеет длительную историю освоения, которая сопровождалась спонтанными и экологически необоснованными управленческими решениями при решении проблем недропользования.

Важно понимать, что нужно сохранять геосистемы в устойчивом состоянии долго, чтобы сохранить среду обитания для хозяйственной деятельности для нынешних и будущих поколений. Это в свою очередь требует научно обоснованного регулирования антропогенного воздействия на природу. Для этого выполняется системная экспертиза процессов взаимодействия природы и общества, планов освоения и развития региона. Для осуществления этого необходимо проведение комплексного геоэкологического анализа территорий [2, 4, 13].

Методика и материалы

В ходе исследования были использованы метод литературного анализа, системно-структурный анализ, описательный метод, картографический метод, геоэкологический анализ.

Для оценки геоэкологического состояния была использована интегральная оценка, которая включала в себя [16, 20–22]:

- анализ природных (физико-географических и геологических) и техногенных факторов формирования геоэкологических условий;

- выбор показателей. Основными объектами оценки геоэкологического состояния определены компоненты природной среды: литогенная основа, почвы, подземные воды, поверхностные воды и приповерхностная атмосфера, по которым выделены наиболее важные показатели, учитывающих воздействие на литогенную основу (сейсмичность, геодинамическая активность, пораженность территории экзогенными процессами), ландшафты, почвы, подземные и поверхностные воды, приповерхностный воздух;

- классифицирование геоэкологического состояния. Для оценки современного экологического состояния применяется четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем Б.В. Виноградовым [5]. Выделяется четыре уровня экологических нарушений – нормы, риска, кризиса и бедствия, соответствующие классам – благоприятного, условно благоприятного, неблагоприятного и весьма неблагоприятного экологического состояния [4];

- разработку шкалы балльной оценки и технология оценки. Установление значений ингредиентов в баллах. Каждый показатель на участках оценивался по 10 балльной шкале, в соответствии с классами экологического состояния. Учитывались интенсивность проявления каждого показателя по величине и его площадное распространение на участках. Производился расчет картографируемого интегрального показателя по сумме баллов всех критериев на оценочных участках. Затем ранжирование по интегральному показателю состояния природно-геологической среды по 4 классам состояния окружающей среды: благоприятная (до 20 баллов), условно благоприятная (от 20 до 40 баллов), неблагоприятная (от 40 до 60 баллов) и весьма неблагоприятная (более 60 баллов);

- районирование территории по экологическому состоянию природно-геологической среды.

Для составления картографического материала использовались ArcGIS, QGIS и Figma. В QGIS применялись космические снимки Landsat в модули Ersi imagery.

Материалами в исследовании являются научная публицистическая литература, электронные ресурсы, картографический материал и статистические данные.

Физическо-географические и геологические условия

Сицилия имеет близкую треугольную форму, за что и получила название Тринакрия.

На северо-востоке она отделена от Калабрии и остальной материковой части Италии Мессинским проливом шириной около 3 км на севере и около 16 в южной части. Общая протяженность побережья составляет около 1500 км. Общая площадь самого острова Сицилия составляет 25 711 км² [29].

Рельеф Сицилии преимущественно холмистый. Вдоль северного побережья в направлении с востока на запад тянутся горные хребты и отдельные массивы: Пелоританские горы, Неброди и Мадони, вершины которых достигают 2000 м. [10]. На восточном побережье острова в области глубокого разлома земной коры находится один из крупнейших в мире действующих вулканов – Этна. На юго-востоке – Гиблейские горы высотой 1000 м (рис. 1).



Рис. 1. Спутниковое изображение рельефа Сицилии

На Сицилии располагается в зоне субтропического средиземноморского климата с влажным жарким летом и недолгой мягкой зимой. Юго-западное побережье подвержено влиянию африканских течений, поэтому лето бывает знойным.

Большинство рек протекают через центральную часть и впадают в море на юге острова. Крупнейшие реки: Сальсо, Алькантара, Симето, Белице, Платани и др. Имеют преимущественно дождевое питание, летом могут пересохнуть. Крупнейшие озера района – это Помо, Поццилло, Пьяна-дельи-Альбанези. Созданы водохранилища для нужд ирригации и коммунально-бытового водоснабжения [8].

Почвенный покров страны разнообразен. В горах четко выражена высотная поясность почвенно-растительного покрова. Для горнолесного пояса характерны горные буроземы. Широко представлены каменистые и щебнистые

разности почв. На вулканическом плато востока Сицилии сформировались вулканические почвы. В межгорных котловинах Сицилии местами развиты темноцветные слитоземы [8]. На островах для побережий и предгорий наиболее характерны коричневые и красноцветные коричневые почвы. В горах и предгорьях повсеместно активны эрозионные и оползневые процессы, ведущие к существенной деградации почвенного покрова.

Флора Сицилии характеризуется типичными средиземноморскими чертами, благодаря яркому солнцу, способствующему росту некоторых редко встречающихся растений и посевов (рис. 2).

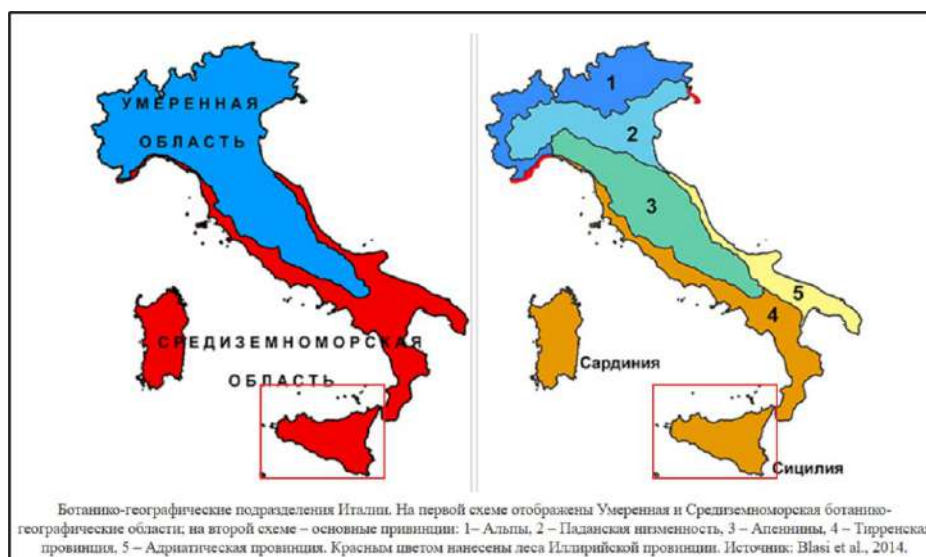


Рис. 2. Ботанико-географическое районирование [27]

Значительные геологические и климатические различия между различными зонами Сицилии привели к большому разнообразию видов флоры даже на соседних территориях. По южным побережьям можно встретить растительность африканского происхождения, а также цитрусовые, виноградники и оливковые деревья, которые произрастают вплоть до высоты 300 м. Большинство плодовых деревьев, занимающих преимущественно равнинную и мелкохолмистую территорию, было привезено на Сицилию сменяющимися друг друга колонизаторами: греки и финикийцы завезли сюда виноград, оливки, инжир и гранат, арабы – лимон и миндаль.

Склоны гор до высоты 600 м покрыты пышной средиземноморской растительностью, образованной в основном из кустарников: дрока, лаванды, розмарина, олеандра, карликовой пальмы, мастичной фисташки и др. Кроме того, здесь растут пробковый дуб, рожковое дерево и тамариск.

Лесные массивы на Сицилии сохранились лишь на вершинах главных горных массивов: Неброди, Мадони, Пелоританских гор и Этне. В лесах растут различные виды дуба, пробковые деревья, каштаны и буки. Довольно редко встречаются сосны и сиккульские ели. Многие леса на острове были вырублены.

Геологическое строение Сицилии имеет сложный характер. Северо-восточный участок Сицилийских Апеннин – Пелоританские горы – сложен

гнейсами, кристаллическими сланцами и филлитами. Остальная полоса Сицилийских Апеннин сложена мезозойскими и третичными породами, с преобладанием эоценовых и миоценовых песчаников, глин, реже известняков. Мезозойские породы – юрские и триасовые известняки и доломиты (мел мало развит) – в Сицилии не образуют значительных по протяженности хребтов, но обычно слагают скалистые изолированные массивы, резко возвышающиеся среди третичных пород [29].

Южная половина Сицилии по преимуществу входит в пояс холмистых предгорий, сложенных неогеновыми напластованиями, с преобладанием миоценовых песчаников, глин, конгломератов, известняков, гипсоносных мергелей. В восточной части Сицилии расположен самый высокий действующий вулкан Европы – Этна (3320 м) [29] (рис. 3, 4).

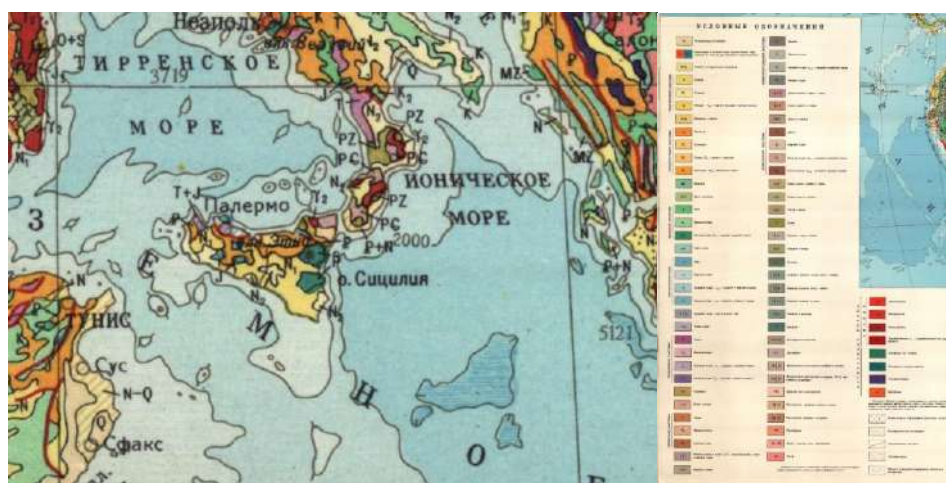


Рис. 3. Геологические условия района Сицилии [7]

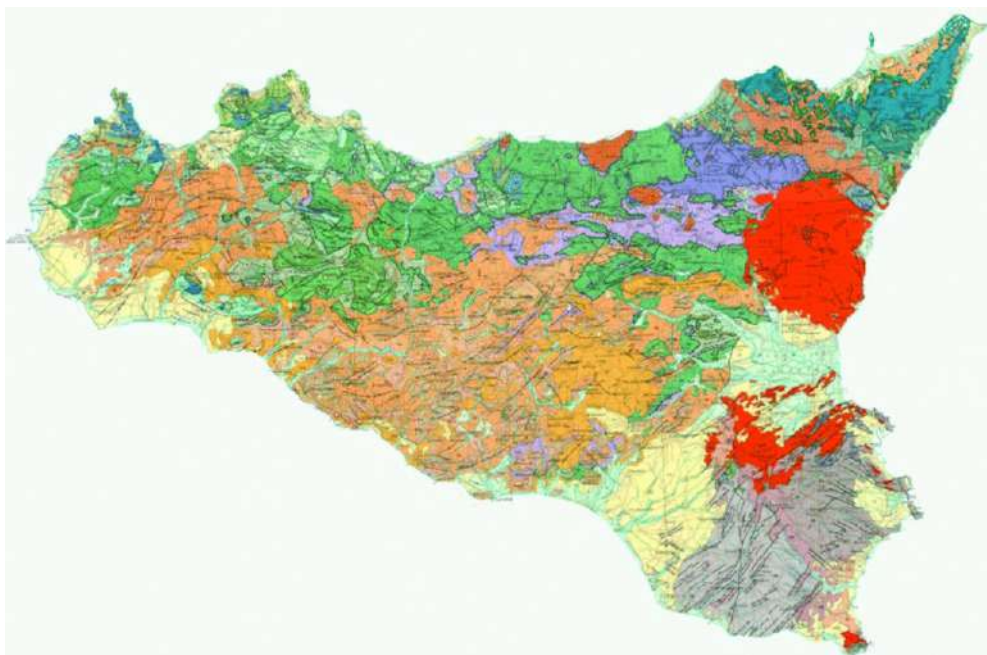


Рис. 4. Геологическая карта Сицилии (упрощенная версия карты 1:250 000, опубликованной ISPRA, UniCT и INGV), с названиями основных горных районов острова [3]

Техногенная нагрузка

Согласно В.В. Вольскому [6], Италию делится на 5 экономических районов: Северо-Восточный, Северо-Западный, Центральный, Юго-Восточный и Юго-Западный. Сицилия входит в Юго-Западный район. Административный центр является город Палермо. Для наглядности представления информации автором была сделана карта с помощью ArcGIS (рис. 5) по данным статистического сайта Италии [30].

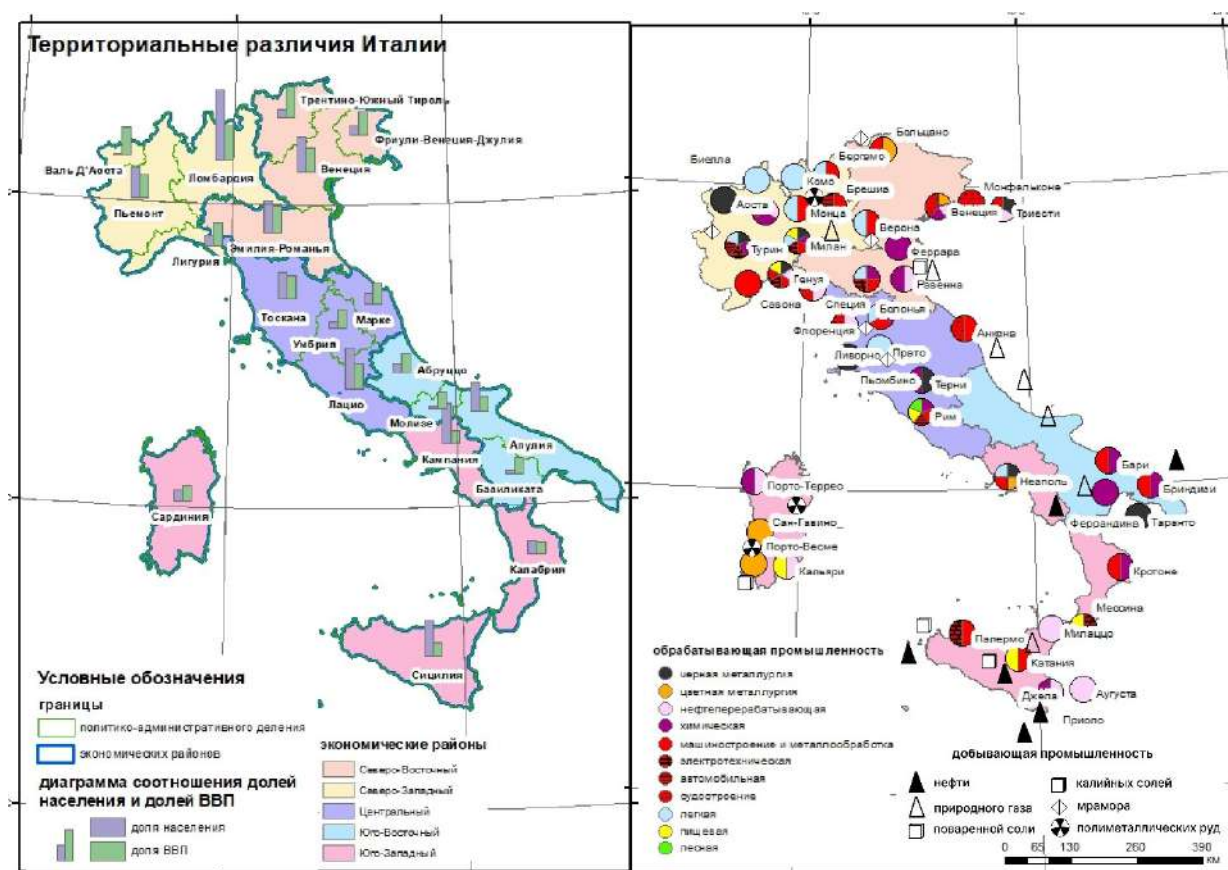


Рис. 5. Экономика Италии (авторская карта на основе [30])

Стоит отметить, что Сицилия является одним из густонаселенных районов Италии. Проживает около 5 млн. человек.

На долю Южного региона приходится более 2/5 площади страны и свыше трети населения. Регион по-прежнему выделяется производством citrusовых и других сельскохозяйственных культур (рис. 6). Главной отраслью промышленности является пищевая. В последние годы здесь получили развитие некие отрасли тяжелой промышленности и увеличилось число крупных предприятий общенационального значения. Более чем вдвое выросла длина дорожной сети. При существенном росте экономики на юге, тем не менее остаются нерешенными многие социальные вопросы. В Южном районе страны ведется активная добыча нефти и газа на континенте и шельфе морей. Также же видим ряд нефтеперерабатывающих предприятий – нефтеперерабатывающий комплекс ISAB. Он расположен на юго-востоке Сицилии. В состав комплекса

входят два НПЗ, объединенных системой трубопроводов и интегрированных в единый технологический комплекс общей мощностью 16 млн тонн в год.

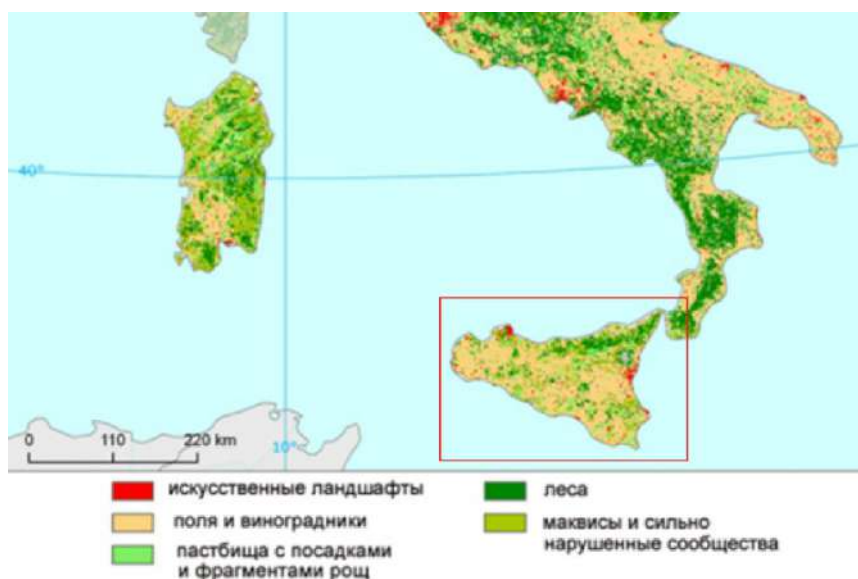


Рис. 6. Землепользование в Сицилии [28]

В Сицилии развиты как автомобильные, так и железные дороги. Развита также на острове паромная переправа. Важнейшие порты Сицилии располагаются в её самых больших городах – в Мессине, Палермо, Трапани и Катании. В Мессине организовано регулярное паромное сообщение с материком: паромы отправляются практически каждые полчаса.

В Сицилии проходят несколько газопроводов. Транссредиземноморский газопровод (TransMed), или газопровод имени Энрико Маттеи, – магистральный газопровод, транспортирующий природный газ из Алжира через Тунис по дну Средиземного моря в Сицилию и на материковую часть Италии и далее в Словению. Еще один газопровод, связанный с Сицилией, – Green Stream. 15 Он проложен от газокompрессорной станции в ливийском порту Мелита (в 100 км от Триполи) до терминала в сицилийском городе Джела (подводная протяженность – 540 км).

Оценка техногенного воздействия на окружающую среду Сицилии в целом характеризуется средним уровнем суммарной антропогенной нагрузки.

Влияние нефтегазоносного фактора на окружающую среду

Развитие нефтегазового комплекса играет существенную роль в экономике Италии, в том числе Сицилии. Крупнейшие месторождения нефти в южных районах страны на материке: Энна и Рагуза. Также есть нефтяные месторождения на шельфе Средиземного моря. Месторождения газа на материке в северной части острова Сицилия [3].

Нефтегазоносный фактор влияет на окружающую среду Сицилии. При сгорании нефти и газа в качестве топлива в атмосферу выделяются углекислый газ, различные сернистые соединения, оксид азота и другие загрязняющие вещества атмосферу.

В случае аварий танкеров и буровых платформ, сброса балластных и очистных вод в моря и океаны попадает нефть. Особенно загрязнены воды Средиземного моря.

При извлечении из недр углеводородов происходит деформация земной поверхности. Строительство же нефте- и газопроводов сопровождается нарушением растительного, почвенного, растительного покровов и животного мира. Наблюдается изменение микроклимата.

Италия обладает большим разнообразием других полезных ископаемых, при разработке которых происходит также негативное воздействие на компоненты окружающей среды.

Для наглядности представления информации автором была сделана карта с помощью ArcGIS (рис. 7) по данным географических атласов с учетом статистического сайта Италии [30].

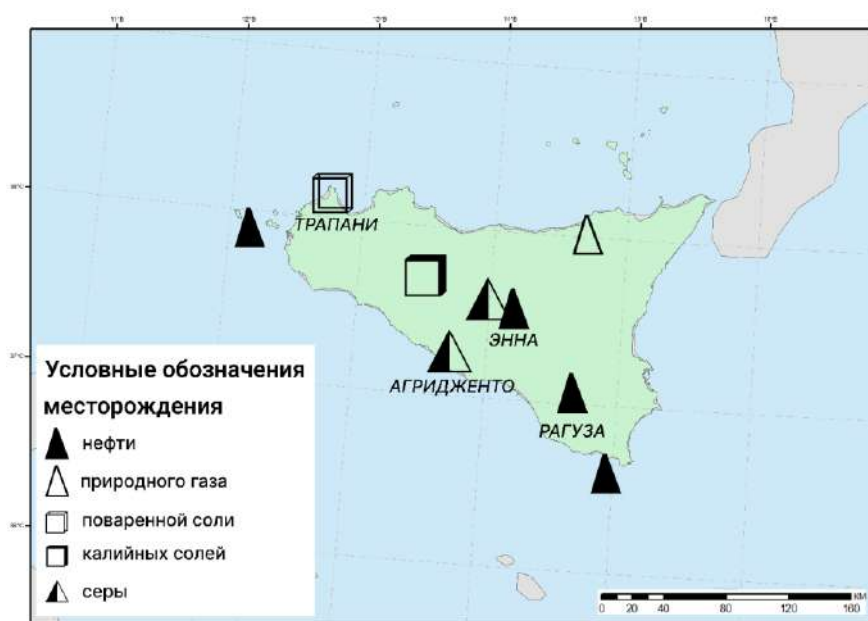


Рис. 7. Полезные ископаемые Сицилии (авторская карта на основе [30])

Геоэкологический анализ и оценка территории

Геоэкологическая оценка территорий должна проводиться на основе интегральной оценки современного экологического состояния природной (природно-геологической) среды и районирования территории по экологическому состоянию природной среды (интегральная геоэкологическая оценка), которая является составной частью региональных геоэкологических исследований и картографирования, включает системный анализ природно-геологических и техногенных факторов и ряд методических приемов, связанных классифицированием и ранжированием по экологическому состоянию природной среды и ее компонентов [14, 15, 17, 18, 26].

Большое значение при экологической оценке имеют геохимические исследования по разным природным средам [19], в результате проведения которых выявляются геохимические аномалии, определяется геохимический

уровень показателей, позволяющий проводить ранжирование компонентов по эколого-геохимическому состоянию [16, 20–22]. Для оценки современного экологического состояния применяется четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем Б.В. Виноградовым [5]. Выделяется четыре уровня экологических нарушений – нормы, риска, кризиса и бедствия, соответствующие классам – благоприятного, условно благоприятного, неблагоприятного и весьма неблагоприятного экологического состояния [4]. Основными объектами оценки геоэкологического состояния определены компоненты природно-геологической среды: геологическое строение, рельеф, ландшафты, почвы, подземные воды, поверхностные воды и атмосфера.

Для удобства проведения экологической оценки состояния была использована балльная система. Балл определяет экологическое состояние природно-геологической среды.

Для районов Италии на основе статистических данных и картографического материала [13, 30–31] проведена оценка экологической обстановки. Было выделено 4 класса состояния окружающей среды: благоприятная (зеленого цвета), условно благоприятная (желтого цвета), неблагоприятная (красного цвета) и весьма неблагоприятная (бордового цвета).

Выборка состояла из 7 показателей.

Эндогенные геологические процессы, а именно сейсмичность серьезно влияет на состояние окружающей среды и жизнедеятельность. В сейсмоактивных зонах происходят катастрофы: образование оползней и цунами, уничтожение целых городов, массовая гибель людей.

Экзогенные геологические процессы (рассматривались эрозионные, гравитационные и др. процессы). Одним из самых негативных процессов является береговая эрозия, которая наблюдается повсеместно по берегам окружающих морей. Она существенно приводит к потерям земель, представляющих экономическую ценность.

Поверхностные воды являются очень важным природным ресурсом для удовлетворения потребностей человека в воде, особенно учитывая хорошее качество подземных вод. Хорошее качество обусловлено естественной защитой почвы, которая выступает в роли механического, физического и химического фильтра; однако в районах с высокой плотностью населения и интенсивной деятельностью человека, подземные воды в основном подвергаются загрязнению. Поверхностные воды различного качества, используются, как правило, для сельского хозяйства.

Региональная геоэкологическая оценка Сицилии по отдельным показателям и выраженная суммарно отображена в таблице.

Комплексная оценка экологического состояния природной среды Сицилии, проведенная по методике экспертно-балльной оценки, позволяет дать следующую интегральную оценку (рис. 8).

Региональная геоэкологическая оценка Сицилии

№ участка	Эндемичные процессы (сейсμοактивность), балл	Балл	Геодинамическая активность	Балл	Экзогенные процессы (эрозия), %	Балл	Степень нарушения территории, %	Балл	Загрязнение почвы пестицидами, %	Балл	Загрязнение подземных и поверхностных вод	Балл	Загрязненность атмосферы	Балл	Суммарный балл
1	6	4	слабая	1	20-40	6	>50	9	>50	8	5-20	2	10-30	3	33
2	7	6	слабая	1	5-10	3	>50	8	>50	7	>50	8	10-30	3	36
3	8	7	умеренная	2	20-40	6	>50	9	>50	8	20-50	6	30-50	5	43
4	8	7	умеренная	2	20-40	6	>50	10	>50	9	20-50	6	10-30	3	43
5	8	7	умеренная	2	10-20	4	10-25	3	10-25	3	<5	1	10-30	3	23
6	8	7	опасная	7	10-20	4	>50	7	>50	6	<5	1	10-30	3	35
7	8	7	очень высокая	8	5-10	3	10-25	3	10-25	3	20-50	6	10-30	4	34
8	9	8	очень высокая	8	10-20	4	10-25	2	10-25	2	>50	8	10-30	4	36
9	7	6	очень высокая	8	<5	1	>50	9	>50	9	20-50	6	10-30	3	42
10	8	7	очень высокая	8	5-10	3	>50	9	>50	7	5-20	2	10-30	3	39
11	8	7	очень высокая	8	20-40	6	>50	9	>50	9	<5	1	10-30	3	43
12	7	6	слабая	1	20-40	7	>50	9	>50	7	<5	1	10-30	3	34
13	8	7	слабая	1	20-40	7	>50	8	>50	8	<5	1	10-30	3	35
14	8	7	слабая	1	20-40	6	25-50	6	25-50	6	5-20	2	10-30	2	30
15	8	7	слабая	1	20-40	6	10-25	3	10-25	3	5-20	2	10-30	3	25
16	8	7	очень высокая	8	20-40	6	25-50	6	25-50	6	5-20	4	10-30	3	40
17	8	7	очень высокая	8	20-40	7	25-50	7	25-50	7	20-50	6	10-30	3	45
18	8	7	очень высокая	8	<5	1	>50	9	>50	7	20-50	6	10-30	3	41
19	8	7	очень высокая	8	5-10	3	>50	9	>50	7	20-50	5	10-30	3	42
20	7	6	умеренная	2	20-40	7	>50	8	>50	8	5-20	4	10-30	3	38
20	7	6	умеренная	2	20-40	7	>50	8	>50	8	5-20	4	10-30	3	38
21	7	6	слабая	1	20-40	7	>50	8	>50	8	5-20	2	10-30	3	35
22	8	7	слабая	1	20-40	6	>50	9	>50	9	20-50	5	10-30	3	40
23	8	7	слабая	1	20-40	6	25-50	7	25-50	7	20-50	5	10-30	3	36
24	8	7	очень высокая	8	20-40	5	>50	8	>50	8	20-50	6	10-30	3	45
25	8	7	очень высокая	8	<5	1	>50	10	>50	10	>50	8	10-30	4	48
26	7	6	умеренная	2	20-40	6	>50	8	>50	8	<5	1	10-30	3	34
27	6	4	умеренная	2	10-20	4	>50	8	>50	7	5-20	2	10-30	3	30
28	7	6	умеренная	2	10-20	4	>50	8	>50	8	5-20	2	10-30	3	33
29	8	7	очень высокая	8	20-40	5	>50	8	>50	8	5-20	4	10-30	3	43
30	8	7	очень высокая	8	20-40	5	>50	8	>50	7	>50	8	10-30	3	46
31	8	7	очень высокая	8	10-20	4	>50	9	>50	7	>50	8	30-50	5	48
32	8	7	очень высокая	8	<5	1	>50	8	>50	8	>50	8	10-30	3	43
33	8	7	очень высокая	8	10-20	4	>50	8	>50	8	>50	8	10-30	3	46
34	8	7	очень высокая	8	10-20	4	>50	8	>50	8	20-50	6	10-30	3	44

Для наглядности представления автором была составлена картосхема с помощью ArcGIS, отражающая экологическое состояние Сицилии в общем

виде. Необходимо отметить, что данная картосхема отражает экологическое состояние Сицилии в самом общем виде и при детализации, ситуация может значительно измениться (рис. 8).

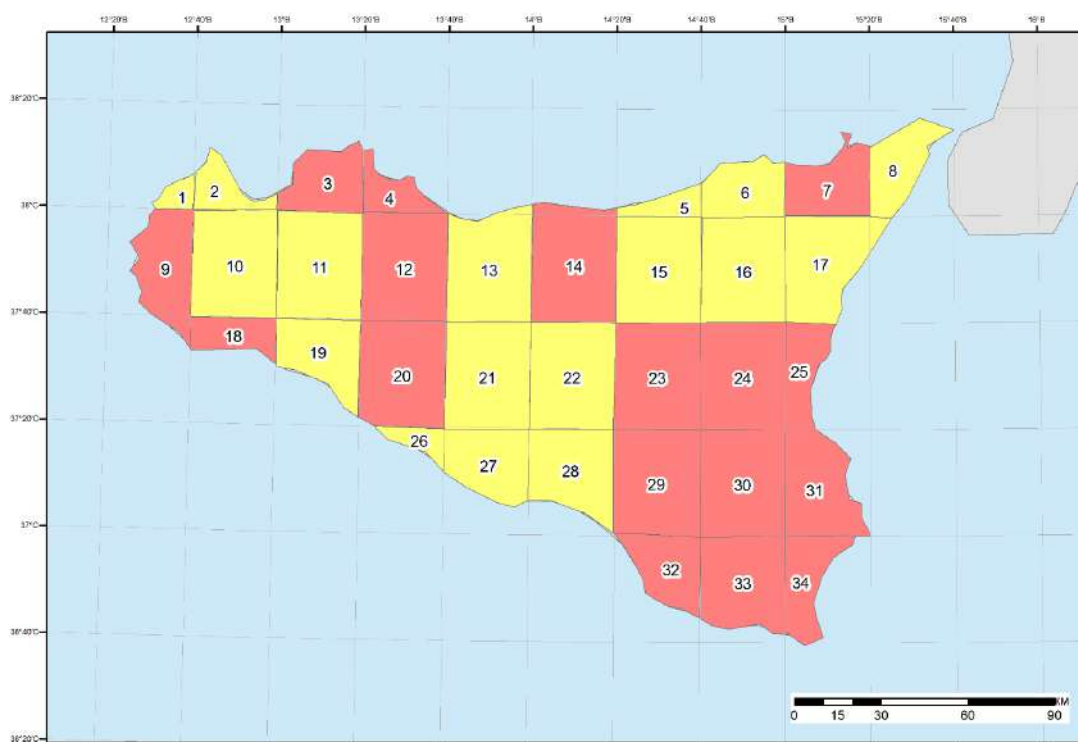


Рис. 8. Оценка геоэкологической обстановки Сицилии

Природоохранные мероприятия

Для решения геоэкологических проблем страна проводит ряд мероприятий по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов веществ в реки, озера и моря, сохранению биоразнообразия, восстановления экосистем и др. Например, Италия активно участвует в реализации Целей устойчивого развития (ЦУР) ООН. В декабре 2015 г. страна подписала Парижское соглашение об изменении климата, а в 2016 г. был основан Итальянский альянс за устойчивое развитие (ASviS).

Большинство экологических целей устойчивого развития в Италии регулируются и реализуются на государственном уровне. Например, в целях борьбы против загрязнения прибрежной зоны с 2019 г. итальянские предприятия постепенно отказываются от одноразового пластика и переходят на использование органических материалов. Для борьбы с загрязнением воздуха выбросами CO₂ поощряется развитие экологически устойчивых транспортных средств, во многих городах вводится так называемая зеленая зона, и ограничения по перемещению дизельных транспортных средств класса евро 4.

В 2015 году в Италии был принят закон 221/2015 «Мероприятия экологического характера по содействию зеленой экономике и ограничению

чрезмерного использования природных ресурсов». В нем, в частности, была внедрена добровольная маркировка «Made Green in Italy» для итальянских фирм, соответствующих определенным требованиям, и учрежден Комитет по природному капиталу при Министерстве по окружающей среде, земле, морю.

В 2022 году итальянский парламент одобрил законопроект, благодаря которому защита окружающей среды стала одним из положений Конституции страны. В нем сказано, что государство должно сохранять экосистему «в интересах будущих поколений», а любая частная экономическая инициатива не должна наносить ущерб здоровью населения или окружающей среде.

Также в 2022 году в Конституцию Италии включили защиту окружающей среды, биоразнообразия и экосистем. Для защиты биоразнообразия и экосистем служат национальные парки и заповедники. На территории Сицилия расположены региональные парки (рис. 9) [27].



Рис. 9. Особо охраняемые природные территории Италии [11]

Страна проводит экологизацию сельского хозяйства. Италия по ряду показателей входит в число 9 стран-лидеров, выделяясь в этой группе по критериям устойчивости сельского хозяйства, применения новых технологий для сокращения потерь воды и техники приспособления к изменению климата [28]. Она лидирует в Европейском Союзе по доле площадей, занятых органическим земледелием, в общей площади используемых сельскохозяйственных земель (15,2%) и по экспорту биопродукции (второе место в мире после США) [30]. Культивирование растений с ГМО в Италии запрещено. Показатели вредных выбросов в атмосферу вдвое ниже, чем во Франции и Германии, применение пестицидов на 20% меньше.

Проводятся ряд просветительских мероприятий Итальянским экологическим фондом (FAI). Организация занимается распространением

«культуры природы», которая способствует развитию знаний об окружающей среде и просвещению людей в области ее охраны. Проводят специальные инициативы с участием садоводов, ландшафтных архитекторов и историков, углубленные ботанические исследования, семинары и прогулки на природе.

В стране осуществляется мониторинг за окружающей средой Министерством окружающей среды и защиты земель и моря (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

Заключение

В результате регионального геоэкологического анализа Сицилии выявлена большая техногенная нагрузка на юго-востоке региона. С учетом геологических факторов – сейсмичности, геологических процессов, которые там развиты в различной степени (вплоть до очень – сильной) они попадают в зону геоэкологического риска и кризиса, что отражено на составленной карте оценки геоэкологической обстановки Сицилии.

Дана общая оценка воздействия на окружающую среду, в том числе рассмотрено влияние нефтегазового фактора. Представлены природоохранные мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов веществ в реки, озера и моря, сохранению биоразнообразия, восстановления экосистем.

Библиографический список

1. Авилова А.В. Экологизация сельского хозяйства Италии // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. №6. С. 157–171.
2. Аитов И.С. Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории: на примере Нижневартовского региона / автореф. дис. соиск. уч. степ. канд. географических наук. Тюменский государственный университет. Барнуал, 2006. 20 с.
3. Атлас геологических карт Сицилии. https://www.researchgate.net/figure/Geological-map-of-Sicily-simplified-version-of-the-1250000-map-published-by-ISPRA_fig1_333321430.
4. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Копылова Л.И., Пичкалев В.В. Региональный геоэкологический анализ Казахстана // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 72–91.
5. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Известия РАН. Сер. геогр. 1993. № 5. С. 77–79.
6. Вольский В.В. Социально-экономическая география зарубежного мира. М.: Дрофа, 2005. 557 с.
7. Геологическая карта континентов мира. URL: <https://www.geokniga.org/node/19640?ysclid=m1q89em7bt251303689> (дата обращения: 1.10.2024).
8. Италия. Природа. Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/italiia-priroda-a317f0?ysclid=m1yk32g6uh245220143> (дата обращения: 5.10.2024).
9. Карта автомобильных дорог Италии. URL: <https://mapoftheworld.ru/italia/avtomobilnaya-karta-dorog-italii.jpg> (дата обращения: 1.10.2024).
10. Карта железных дорог Италии. URL: <https://expertitaly.ru/transport/poezda/zheleznyie-dorogi.html> (дата обращения: 1.10.2024).
11. Карта ООПТ Италии. URL: <https://www.abruzzo24ore.tv/news/Parchi-italiani-a-rischio-di-paralisi-per-la-mancata-nomina-dei-consigli-direttivi/141877.htm> (дата обращения: 5.10.2024).
12. Карта сейсмичности Италии. URL: <http://italia-ru.com/files/attivita-sismica.png> (дата обращения: 8.10.2024).

13. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*, Пермь, 2001. 501 с.
14. Копылов И.С. *Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы*. Пермь, 2013. 166 с.
15. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126–129.
16. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. №. 1. С. 26–37.
17. Копылов И.С. *Прикладная геоэкология*. Пермь: Пермский гос. нац. исслед. университет, 2023. 247 с.
18. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
19. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография* / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
20. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 3 (24). С. 30–47.
21. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39–46.
22. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2–1.
23. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 84. С. 113–122.
24. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: история изучения, обзор методов определения // *Экология и промышленность России*. 2023. Т. 27. № 2. С. 42–47.
25. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: классификации подходов и критериев оценки // *Экология и промышленность России*. 2023. Т. 27. № 4. С. 66–71.
26. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5.
27. Мешков И.А. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов в Италии // *Энергетический вестник*. 2016. №1. С. 72–78.
28. Растительность Италии. URL: <https://ukhtoma.ru/geobotany/europe01.html> (дата обращения: 5.10.2024).
29. Сицилия. URL: <https://www.activestudy.info/siciliya/> (дата обращения: 20.10.2024).
30. Barilla Center for Food Nutrition. Food Sustainability Index 2017.
31. Istat. URL: <https://www.istat.it/en/> (дата обращения: 5.10.2024).
32. Gorla A., Lugares N. The Evolution of the National Water Regime in Italy. 28 p.
33. L'Italie lance un Erasmus pour les agriculteurs bio // *Les Echos*. 20.11.2019.

ПОГЛОЩЕНИЕ УГЛЕРОДА РАСТЕНИЯМИ ПОСЕЛКА ВЕРХНЯЯ СЫСЕРТЬ

В конце XX, начале XXI века в мире наблюдается повышение уровня углекислого газа в атмосферном воздухе. Для предотвращения дальнейшего увеличения концентрации диоксида углерода принят ряд нормативных документов Всемирными организациями и Правительством Российской Федерации. В систему борьбы с парниковыми газами введены «Карбоновые полигоны», суть которых состоит в депонировании углерода биологической массой территории. Вспомогательным оборудованием при измерении уровня поглощений является система измерения газообмена растений LI-COR. Результатами исследований стали графики кривых поглощения углерода различными видами растений поселка Верхняя Сысерть.

Ключевые слова: экология, диоксид углерода, определение диоксида углерода газоанализатором, поглощение углерода, Свердловская область.

М.М. Shaikhutdinova

Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

CARBON ABSORPTION BY PLANTS IN THE VILLAGE OF VERKHNYAYA SYSERT

At the end of the 20th and beginning of the 21st centuries, the world experienced an increase in the level of carbon dioxide in the atmospheric air. To prevent a further increase in the concentration of carbon dioxide, a number of regulatory documents have been adopted by world organizations and the Government of the Russian Federation. Carbon polygons have been introduced into the system of combating greenhouse gases, the essence of which is the deposition of carbon by the biological mass of the territory. An auxiliary equipment for measuring absorption levels is the LI-COR plant gas exchange measurement system. The results of the research were graphs of carbon absorption curves for various plant species in the village of Verkhnyaya Sysert.

Keywords: ecology, carbon dioxide, determination of carbon dioxide with a gas analyzer, carbon absorption, Sverdlovsk region.

Введение

О повышении содержания диоксида углерода (CO₂) в атмосфере говорили еще в 70-х годах XX века. Так, например, российский ученый в области физики атмосферы, физической климатологии и палеоклиматологии, академик Михаил Иванович Будыко в работе «Влияние человека на климат» в 1972 году рассматривал изменения в атмосфере Земли, связанные с повышением температуры воздуха у земной поверхности и содержанием углекислого газа.

В работах М.И. Будыко [2], В.А. Алексеева и др. [1] подсчитано, что если в течение следующих 50-70 лет (от конца XX века) содержание CO₂ в

атмосфере повысится вдвое, то среднегодовая температура Земли возрастет на 3-5°C.

Также было отмечено, что на территории наиболее развитых в промышленном отношении стран в настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека создается дополнительное тепло, количество которого уже не является малым по сравнению со значением радиационного баланса земной поверхности.

Увеличение производства энергии от 4 до 10 % в год приведет к тому, что не позже чем через 100-200 лет количество тепла, создаваемого человеком, будет сравнимо с величиной радиационного баланса всей поверхности континентов. Очевидно, что в таком случае произойдут громадные изменения климата на всей планете [2, 3].

Следствием вовлечения дополнительных масс депонированного органического углерода (нефть, уголь, газ и пр.) в обменный пул является накопление в атмосфере парниковых газов.

Устранение или препятствование повышению содержания углерода и его соединений в составе ПГ имеет высокую степень важности в недопущении повышения температуры на планете и в сохранении качества окружающей среды.

В целях регулирования содержания углерода в окружающей среде проводится множество исследований в различных странах. Был сделан вывод, что необходимо учитывать выбросы от источников и поглощение углерода природной средой.

Последствием вопроса о решении проблем с повышением температуры воздуха стали нововведения в правовой среде Российской Федерации в качестве следующей нормативной документации:

- Указ Президента РФ от 04.11.2020 N 666 «О сокращении выбросов парниковых газов»;
- Федеральный закон от 06.03.2022 N 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации»;
- Приказ Министерств природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 г. №371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов».

В качестве площадок – стабилизаторов стали использовать территории, специально выделенные для научно-исследовательских работ и названные «Карбоновыми полигонами». Суть данных территорий складывается в изучении депонирования углерода растительностью в различных условиях окружающей среды на опытных площадках.

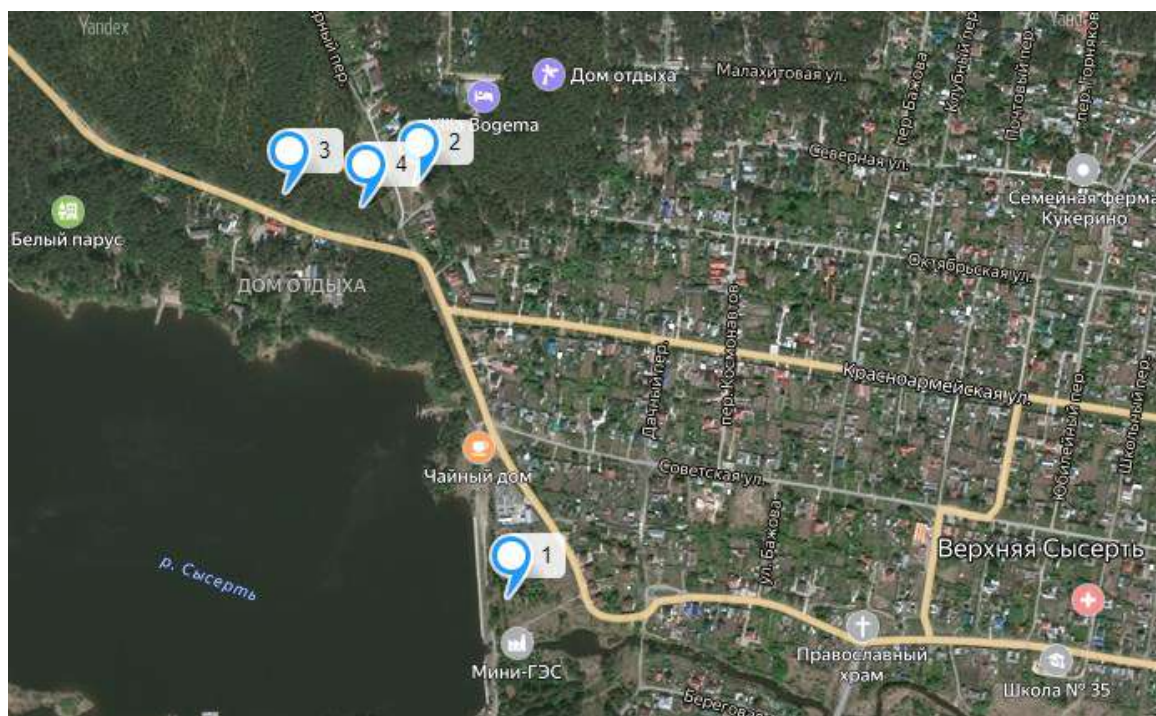
В данной работе приведен пример личного опыта автора в измерении уровня поглощения углерода растительностью поселка Верхняя Сысерть, рядом с которым находится Природный парк «Бажовские места».

Характеристика района работ

Физико-географическое положение

Поселок Верхняя Сысерть находится в Сысертском городском округе Свердловской области, в 38 км к юго-юго-востоку от г. Екатеринбург (56°26' с.ш. 60°45' в.д.). Ближайший источник поверхностных вод – река Сысерть с водохранилищем на ней.

Площадки для замеров обозначены цифрами на рис. 1. Измерения проводились в июле проходили на различных видах растений в Верхней Сысерти.



- 1 – площадка на 50 м севернее Мини-ГЭС, Сысертская сотня, плотина водохранилища поселка Верхняя Сысерть, р. Сысерть; 2 – площадка на 60 м севернее от пересечения ул. Октябрьской и пер. Озерный; 3 – площадка на 40 м севернее микрорайона Дом Отдыха, 6А, в продлении ул. Ленина; 4 – площадка на 50 м.

Рис. 1. Расположение точек замера поглощений углерода растениями в п. Верхняя Сысерть

Растительный покров

Среди растений, на которых проводились исследования встречались: обычная ранетка, береза кудрявая (лат. *Betula pendula* var. *carelica*), клён ясенелистный (лат. *Ácer negúndo*), рябина обыкновенная (лат. *Sórbus aucupária*), ива (лат. *Sálix*), липа сердцевидная (липа сердцелистная или липа мелколистная; лат. *Tília cordáta*), осина обыкновенная (осина евросибирская или тополь дрожащий; лат. *Pópulus trémula*).

Методика и материалы

В XXI веке существуют различные методы определения содержания диоксида углерода в воздухе. Одним из таких методов является использование специального оборудования, предназначенного для установления уровня веществ в атмосферном воздухе. К такому оборудованию, в том числе,

относится портативная система измерения газообмена растений LI-COR – модель «LI-6800 Portable Photosynthesis System» [4] – портативная система анализа процессов фотосинтеза.

Данное оборудование измеряет такие параметры как: содержание диоксида углерода, уровень влажности и освещения в камере газоанализатора и в окружающей среде, температура листа растения, а также флюоресценция растения на камере флуориметра и некоторые другие параметры.

Последовательность работы с оборудованием:

- подготовка оборудования, установка камеры на штатив (при необходимости), прогрев оборудования, установка баллончика с газом CO_2 , проверка параметров окружающей среды;

- в листовую камеру газоанализатора помещается лист растения, плотно зажимается между мягких прокладок камеры так, чтобы язычок термопары касался листа;

- на консоли заводится автоматическая программа, выбирается измеряемые и изменяющиеся значения (в нашем случае это: зависимость количества поглощаемого углерода от количества поступающего света при стабильном уровне диоксида углерода в окружающей среде; зависимость количества поглощаемого углерода от уровня поступающего диоксида углерода на камеру с растением при стабильном освещении);

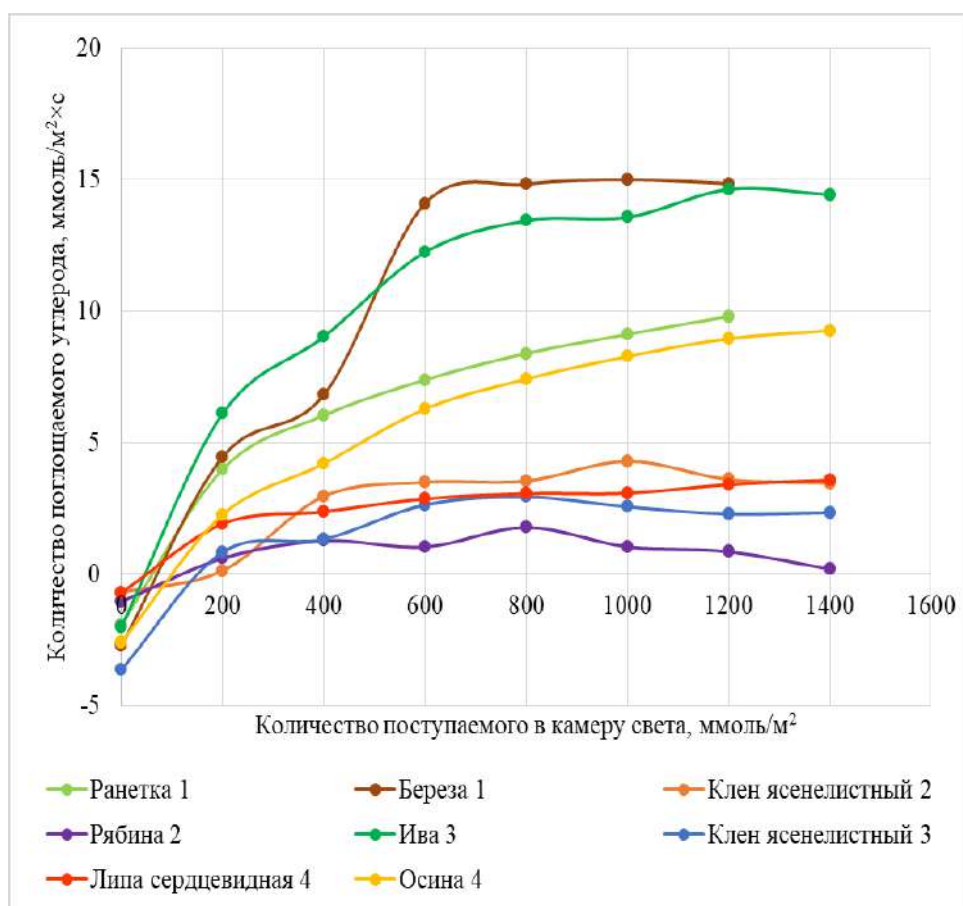
- ожидание завершения программы, перенос данных на компьютер в формате таблиц Excel, обработка записанных данных.

Результаты исследования и обсуждение

На различных точках в поселке Верхняя Сысерть были проведены измерения поглощения диоксида углерода на различных растениях с помощью газоанализатора LI-COR. Значения были получены с 8 по 11 июля 2023 года с 7:30 до 11:30, погода безветренная, безоблачная, температура воздуха $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нормальными значениями для окружающей среды в поселке Верхняя Сысерть являются следующие показатели:

- содержание диоксида углерода – 420 ммоль/моль ;
- количество света: в 7:30 утра – от 400 ммоль/м^2 , в 11:30 – 1200 ммоль/м^2 .



1 – площадка на 50 м севернее Мини-ГЭС, Сысертская сотня, плотина водохранилища поселка Верхняя Сысерть, р. Сысерть; 2 – площадка на 60 м севернее от пересечения ул. Октябрьской и пер. Озерный; 3 – площадка на 40 м севернее микрорайона Дом Отдыха, 6А, в продлении ул. Ленина; 4 – площадка на 50 м

Рис. 2. Поглощение углерода растениями поселка Верхняя Сысерть в зависимости от количества поступающего света

На рис. 2 прослеживается активность поглощения диоксида углерода разными растениями при различных уровнях освещенности. Среди всех наибольшее поглощение углерода происходит у березы кудрявой при значениях поступающего света от 700 ммоль/м² она поглощает около 15 ммоль/м²×с. Следом идет ива, которая поглощает 14,6 ммоль/м²×с при количестве света равном 1200 ммоль/м². Вторыми по поглощению углерода оказались ранетка и осина, 9,79 и 8,95 ммоль/м²×с соответственно, при количестве света – 1200 ммоль/м². У остальных растений значения находятся ниже 5 ммоль/м²×с.

На рис. 3 показаны зависимости растительности при поступлении различного уровня диоксида кислорода в листовую камеру с баллона CO₂. Мы можем отметить, что наиболее продуктивным растением также остается береза. При уровне диоксида углерода равному 1200 ммоль/моль идет повышение поглощения более 40 ммоль/м²×с (43,1 ммоль/м²×с). Второе место занимает ранетка, пик приходится на 1000 ммоль/моль и равен 25,23 ммоль/м²×с. У остальных растений значения поглощения диоксида углерода не превышают 10 ммоль/м²×с.

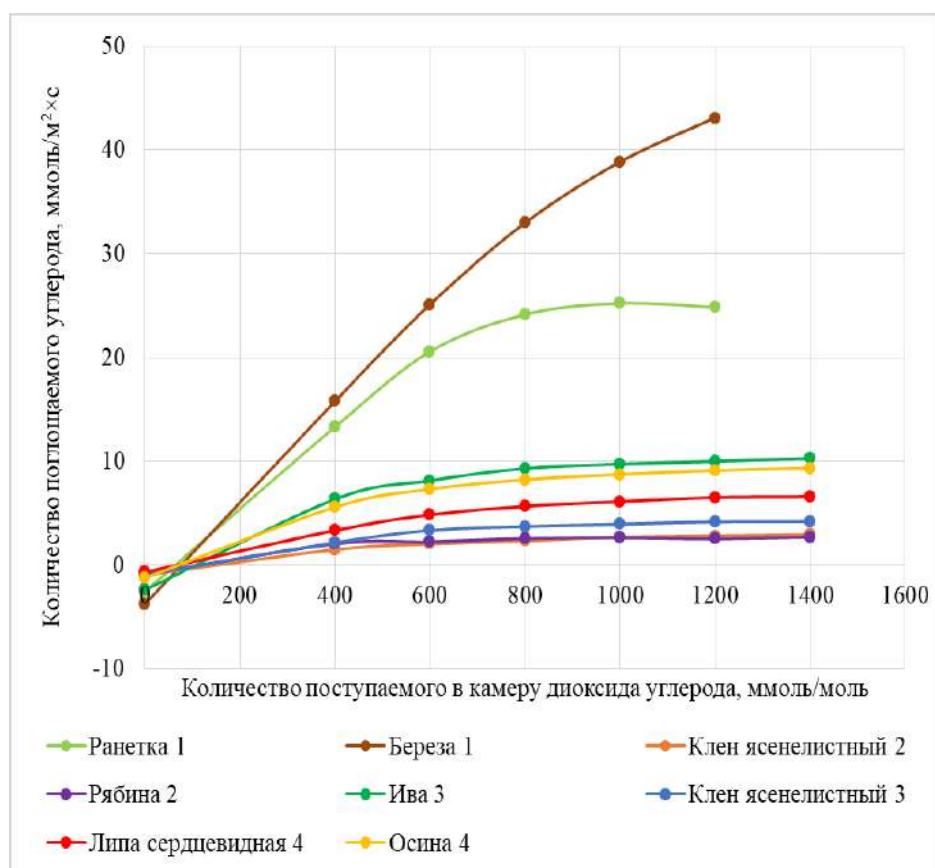


Рис. 3. Поглощение углерода растениями поселка Верхняя Сысерть в зависимости от количества поступающего диоксида углерода

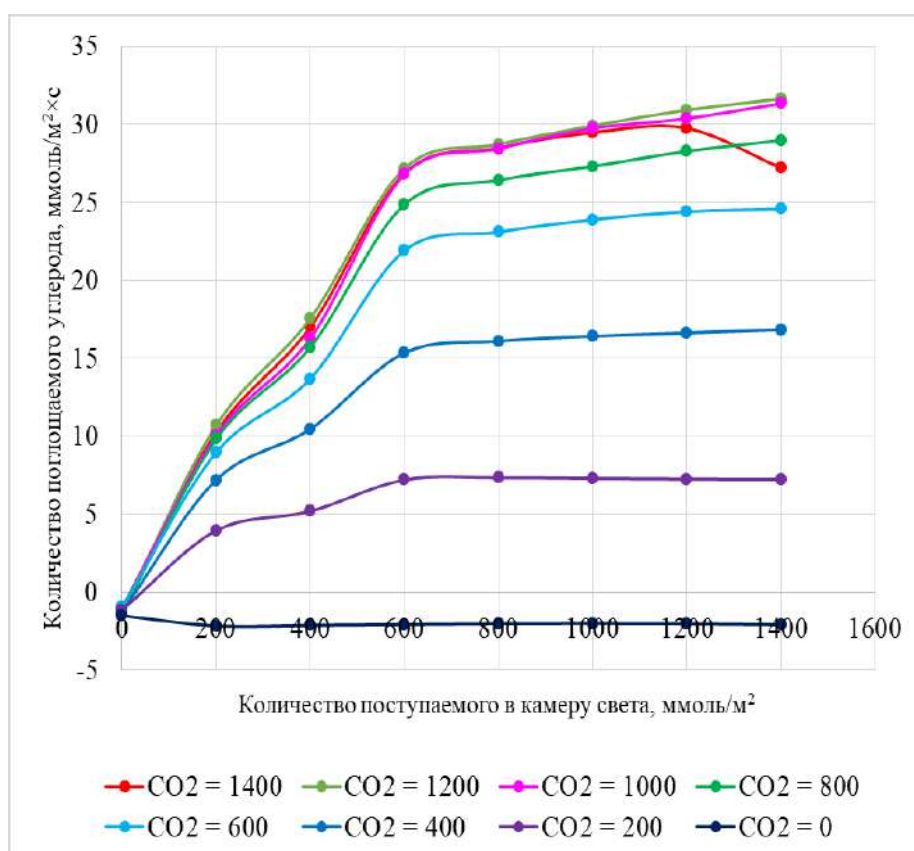


Рис. 4. Кривые поглощения диоксида углерода

Измерения проводились на дереве ива козья (ива Хультена/ракита/бредина) (*Salix caprea*). Относится к роду и семейству ивовых.

По графику на рис. 4 можно сделать такие выводы:

1) начало все графики берут не из нуля, а с некоторым отрицательным значением, что говорит нам о том, что в данный момент при освещении 0 ммоль $\times$ м²/с растение находится в темновой фазе, поглощает кислород и выделяет углекислый газ;

2) при отсутствии в камере диоксида углерода, растение также начинает выделять его самостоятельно;

3) нормальное функционирование растения начинается при освещении более 600 ммоль $\times$ м²/с;

4) при значении подаваемого газа в 1400 ммоль $\times$ м²/с самое наибольшее значение поглощения CO₂ приходится при освещении в 1200 ммоль $\times$ м²/с, далее растение сбавляет количество потребляемого диоксида углерода; также это может быть связано с недостаточностью времени стабилизации растения в листовой камере при выставленных условиях, что наиболее вероятно;

5) оптимальные нагрузки на растение, дающие наибольшее поглощение диоксида кислорода: CO₂ в окружающей среде = 1000-1200 ммоль $\times$ м²/с, количество света от 800 ммоль $\times$ м²/с.

Таким образом, один лист *Salix caprea* площадью в 6 см² способен потреблять CO₂ больше 31 ммоль $\times$ м²/с.

Заключение

С помощью портативной системы измерения газообмена растений LI-COR удалось сделать сравнительный анализ продуктивности поглощения растениями углерода из атмосферного воздуха при условиях с естественным значением CO₂ в окружающей среде и изменяющимися показателями уровня освещения (рис. 2); при стабильном освещении, равном освещению окружающей среды в данный момент, и изменяющимся уровнем поступления диоксида углерода на листовую камеру (рис. 3); и при изучении поглощения углерода на одном виде растения (рис. 4).

Наибольшие значения поглощение углерода при изменяющемся уровне освещения происходит у березы кудрявой: количество света, равное 700 ммоль/м² дает поглощает около 15 ммоль/м² $\times$ с.

Наиболее продуктивным растением при повышении уровня диоксида углерода до 1200 ммоль/моль и более идет повышение поглощения углерода более 40 ммоль/м² $\times$ с также является береза кудрявая.

Для ивы козьей наибольшее поглощение диоксида углерода происходит при содержании в окружающей среде = 1000-1200 ммоль $\times$ м²/с, с количеством поступающего света от 800 ммоль $\times$ м²/с.

Библиографический список

1. Алексеев В.А., Бердси Р.А. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Северовосточная лесная экспериментальная станция Лесной службы Соединенных Штатов Америки. Красноярск, 1994. 170 с.
2. Будыко М.И. Влияние человека на климат. Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. 47 с.
3. Будыко М. И. Избранные работы М. И. Будыко / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Климатический центр Росгидромета. Санкт-Петербург. 2020. 212 с.
4. Инструкция. Портативная система измерения газообмена растений, модель LI-6800, LI-COR. – США и Канада, Германия, Великобритания. Изд. на рус. яз. от компании «Лабинструмент».

УДК 624.131.524.3

С.Н. Беляевская

ООО «ЭСГ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ», Москва, Россия

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБОСНОВАНИЯ ОПОР ПУТЕПРОВОДА В ГОРОДЕ ПЕРМИ**

Целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния грунтового массива под опорой путепровода на улице Соликамская в городе Перми с использованием метода конечных элементов. Для достижения этой цели проведен анализ геологических и геотехнических условий района. Результаты исследований направлены на формирование обоснованных проектных решений для обеспечения надёжности и устойчивости конструкции. В статье представлены результаты анализа напряженно-деформированного состояния грунтового массива под опорой путепровода с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Проведены расчеты осадки фундамента методом послойного суммирования, а также учтены дополнительные компоненты осадки; несущая способность свайного основания рассчитана в соответствии с действующей нормативной документацией.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние грунта, геологические условия, опор путепровода, расчет осадки, Соликамская, Пермь.

S.N. Belyaevskaya

LLC PROJECT AND SURVEY WORKS, Moscow, Russia

**MODELING OF STRESS-STRAIN STATE OF SOIL MASS FOR
GEOTECHNICAL SUBSTANTIATION OF OVERPASS SUPPORTS
IN PERM CITY**

The purpose of this work is to study the stress-strain state of the soil mass under the overpass support on Solikamskaya Street in the city of Perm using the finite element method. To achieve this goal the geological and geotechnical conditions of the area were analyzed. The results of the research are aimed at the formation of reasonable design solutions to ensure the reliability and stability of the structure. The paper presents the results of analyzing the stress-strain state of the soil mass under the overpass support using the finite element method (FEM). The calculations of the foundation settlement by the method of layer-by-layer summation have been carried out, and additional components of settlement have been taken into account; the bearing capacity of the pile foundation has been calculated in accordance with the current normative documentation.

Keywords: stress-strain state of soil, geological conditions, overpass supports, settlement calculation, Solikamskaya, Perm.

Современное строительство инфраструктурных объектов, таких как путепроводы, требует учёта сложных геотехнических условий, особенно в городах с разнообразным геологическим строением, таких как Пермь [1, 2].

Грунтовые массивы в таких условиях подвержены значительным нагрузкам, что требует точного анализа их напряженно-деформированного состояния для обеспечения безопасности и долговечности сооружений. Применение точных методов моделирования, таких как метод конечных элементов, позволяет учесть различные аспекты взаимодействия грунта и конструкции, что делает такие исследования крайне актуальными. Исходя из этого, целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния грунтового массива под опорой ОК-1 путепровода на объекте «Реконструкция ул. Соликамская г. Перми от ул. Первомайская до пл. Восстания (Этап 2)» [9] с использованием метода конечных элементов. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи: провести анализ геологических и геотехнических условий района, выполнить моделирование нагрузки и расчёт осадки, а также сравнить результаты аналитических и численных методов с использованием программного обеспечения PLAXIS и GeoStab [11]. Эти задачи направлены на формирование обоснованных проектных решений для обеспечения надёжности и устойчивости конструкции. На основе полученных результатов дается геотехническое обоснование принятых проектных решений. Результаты аналитического решения сравниваются с численными решениями, полученными в PLAXIS и GeoStab. Таким образом, объектом исследований является геологическая среда на участке размещения опор путепровода в г. Перми (рис. 1).



Рис. 1. Ситуационный план участка проектируемых работ [9]

Анализ грунтовых массивов является важным этапом в геотехнических исследованиях и проектировании. Существуют различные методы анализа, которые можно классифицировать на аналитические, экспериментальные и численные. Аналитические методы включают использование теоретических формул и эмпирических зависимостей, что позволяет получить общее представление о поведении грунта под воздействием нагрузок. Экспериментальные методы предполагают проведение лабораторных и полевых испытаний грунта для определения его характеристик. Численные методы, такие как метод конечных элементов (МКЭ), отличаются высокой

точностью и универсальностью, что делает их незаменимыми в современных геотехнических расчетах. Применение численных методов позволяет учитывать сложные геометрические и физико-механические параметры грунтовых массивов, что особенно важно для задач, связанных с проектированием сложных инженерных сооружений.

Грунтовые условия в г. Перми, включая глинистые и песчаные грунты рыхлых образований и коры выветривания пород шешминского горизонта уфимского яруса пермской системы [2, 3], значительно влияют на результаты расчетов. Глинистые грунты отличаются высокой сжимаемостью, что приводит к увеличению осадков, в то время как песчаные грунты демонстрируют большую устойчивость к деформациям. Эти характеристики необходимо учитывать в моделях, что делает численные методы более предпочтительными для точного анализа. Кроме того, обработанный грунт становится гидрофобным, что препятствует капиллярной миграции влаги и гравитационному просачиванию воды через поры. Слои, сформированные из такого грунта, имеют более высокие модули упругости и несущую способность.

На основании полевых (буровых и опытных работ), лабораторных исследований, анализа пространственной изменчивости частных показателей свойств грунтов, определенных лабораторными методами, с учетом данных о геологическом строении и литологических особенностях грунтов, на участке изысканий выделены следующие инженерно-геологические элементы [9]:

ИГЭ-1а – Насыпной грунт: щебенистый, дресвяный, гравийный грунт с супесчаным и суглинистым заполнителем (tQ);

ИГЭ-1б – Насыпной грунт: суглинок, супесь, песок с включением дресвы, щебня, гравия до 50% (tQ);

ИГЭ-1в – Насыпной грунт: суглинок мягкопластичный, прослоями текучепластичный с включением дресвы, щебня, гравия (от единичных включений до 50%) (tQ);

ИГЭ-2. Суглинок полутвердый (прослоями до 20см) твердый, прослоями глина полутвердая; грунт с неравномерным содержанием гравия кварцево-кремнистого состава (от единичных включений до 15-20%) (aQ);

ИГЭ-3. Суглинок тугопластичный (aQ);

ИГЭ-4. Суглинок мягкопластичный, прослоями (до 20см) глина тугопластичная; с единичными включениями гравия кварцево-кремнистого состава (до 12%) (aQ);

ИГЭ-5 Суглинок текучепластичный, прослоями (до 20см) глина текучепластичная, участками с примесью органического вещества, с единичным гравием (aQ);

ИГЭ-6. Супесь пластичная с неравномерным содержанием (от единичных включений до 20-22%) гравия и гальки (супесь гравелистая) (aQ);

ИГЭ-7 Глина, мягкопластичная, участками с примесью органического вещества, с включением гравия (до 21%) (aQ);

ИГЭ-8. Суглинок полутвердый и тугопластичный с неравномерным содержанием дресвы и щебня осадочных пород (от единичных включений до

50% (суглинок дресвяный и щебенистый), прослоями щебенистый грунт с суглинистым заполнителем (еQ);

ИГЭ-9. Глина полутвердая, прослоями твердая, с дресвой и щебнем осадочных пород (от единичных включений до 11%) (еQ);

ИГЭ-10. Песок мелкий, прослоями средней крупности, средней плотности, прослоями плотный, с единичным гравием (аQ);

ИГЭ-11. Торф среднеразложившийся, участками сильноразложившийся, прослоями глина и суглинок с высоким и низким содержанием органического вещества (hQ);

ИГЭ-12. Аргиллит очень низкой прочности сильновыветрелый размягчаемый (P₁);

ИГЭ-13 Известняк прочный, участками очень прочный, прослоями сильно- и средневыветрелый, неразмягчаемый (P₁).

При этом в зоне опоры ОК-1 находятся грунты, представленные в геологической колонке скважины 224 (рис. 2). Характеристики грунтов приведены в таблице.

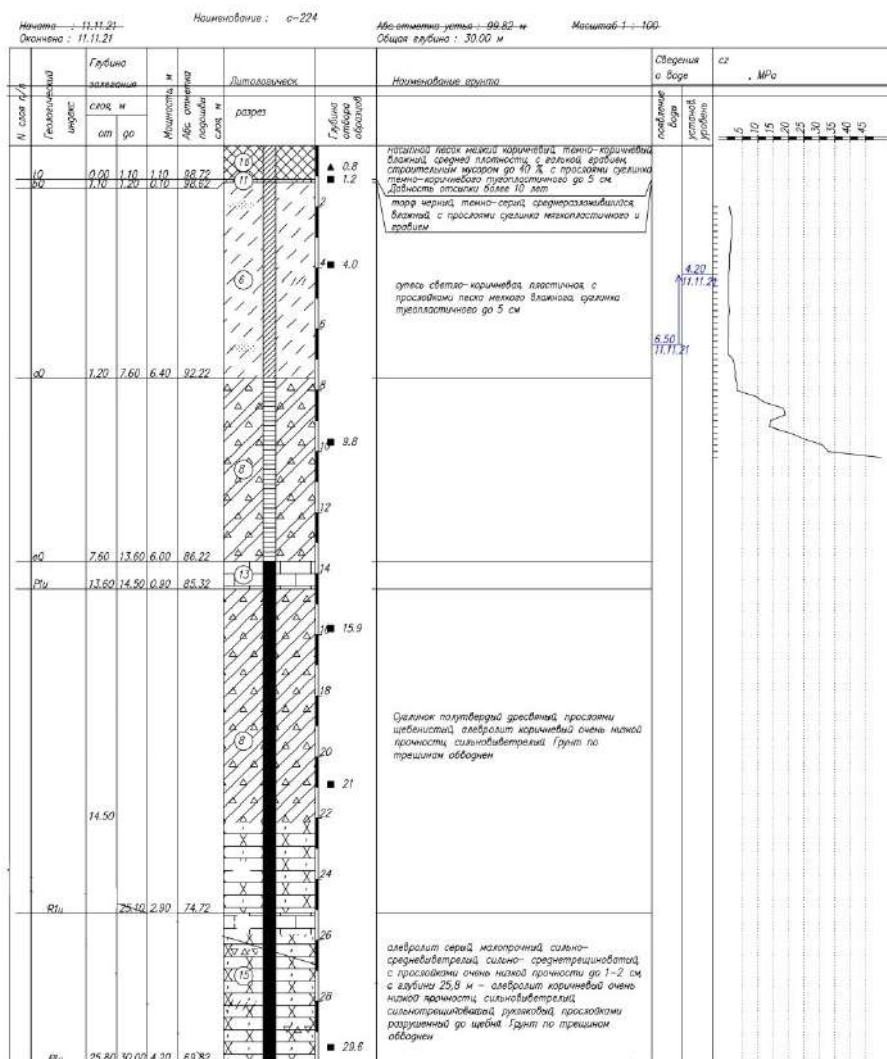


Рис. 2. Геологическая колонка скважины №224 [9]

**Свойства грунтов в зоне опоры ОК-1, отсчитывая от нижней поверхности
ростверка [9]**

ИГЭ	Толщина слоев прорезаемых свай h , м	Угол внутреннего трения φ , град.	Удельный вес грунта γ , т/м ³	Модуль деформации грунта, т/м ²
1б	0,51	14	1,1	1529,051988
6	0,6	17	1,12	1936,799185
8	10,3	19	2,03	1732,925586
8	0,4	19	2,03	1732,925586
8	2,8	19	2,03	1732,925586
8	0,5	19	2,03	1732,925586
8	2,89	19	2,03	1732,925586
8	0	19	2,03	1732,925586

Для упрощения расчетов и повышения их эффективности в работе применяется плоская задача теории упругости. Плоская задача предполагает, что все компоненты напряженно-деформированного состояния рассматриваются в двух измерениях (в плоскости), что справедливо для случаев, когда одна из размерностей конструкции значительно превышает две другие (например, длинные ленточные фундаменты или опоры путепроводов). Использование плоской задачи позволяет значительно сократить объем вычислений, сохраняя при этом достаточную точность результатов.

В рамках плоской задачи рассматриваются следующие допущения:

- 1) напряжения и деформации распределены равномерно вдоль одной из осей (например, вдоль оси путепровода);
- 2) грунтовой массив моделируется как упругое или упругопластическое тело, что позволяет учесть его деформационные свойства;
- 3) влияние боковых границ грунтового массива учитывается путем задания граничных условий.

Использование плоской задачи особенно актуально для анализа опор путепроводов, где нагрузка распределяется вдоль значительной длины, а поперечные размеры конструкции относительно малы. Это позволяет свести трехмерную задачу к двумерной, что упрощает расчеты без существенной потери точности.

Расчет осадки фундамента как условного является единственным методом для определения осадки с использованием расчетной схемы в виде линейно деформируемого полупространства в СП 22.13330.2016. Метод послойного суммирования заключается в том, что осадку грунта под действием нагрузки от сооружения определяют как сумму осадок элементарных слоев грунта такой толщины, для которых можно без большой погрешности принимать при расчетах средние значения действующих напряжений и средние значения характеризующих грунты коэффициентов.

Методика расчета напряженно-деформированного состояния отдельных элементов, входящих в состав свайного фундамента, в результате действия

статических нагрузок, с учетом того что с возрастанием величины нагрузки происходит осадка свай за счет деформации окружающего грунта, по мере увеличения нагрузки возникает дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай и за счет сжатия под нижним концом свай, в которой общая осадка выражается формулой (1) [6, 9].

$$S = S_{ef} + \Delta S_p + S_c \quad (1)$$

где S_{ef} – осадка условного фундамента (определялась методом послойного суммирования); S_{ef} – дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента; S_c – дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай.

Несущая способность проверялась согласно п. 11.8 СП 35.13330.2011, при этом подлежащие проверке среднее p , кПа определялось по формуле 3.2 приложения 3 СП 35.13330.2011.

Полученные в результате расчетов значения осадки фундамента как условно массивного с учетом дополнительных компонент составляют 2,822 см. Проверка несущей способности грунтов основания выявила обеспеченность несущей способности при коэффициенте запаса 1,138.

Полученное значение коэффициента запаса предложено сравнить с характеристиками, полученными численным моделированием (рис. 3, 4).

Для моделирования напряженно-деформированного состояния грунтового массива используется программное обеспечение PLAXIS, основанное на методе конечных элементов. Этот инструмент позволяет учитывать сложные геотехнические условия, характерные для района улицы Соликамская в городе Перми. Программа предоставляет возможность анализировать взаимодействие грунта и конструкции, а также осадку грунтового массива под действием заданной нагрузки. Применение PLAXIS обеспечивает высокую точность и надежность получаемых результатов. В исследовании отмечается, что «анализ напряженно-деформированного состояния с использованием программного комплекса «PLAXIS» показывает, что в современной практике геотехнических расчетов используются математические модели грунта разной степени сложности» [5].

Современные численные методы, такие как использование программного обеспечения PLAXIS и GeoStab, предоставляют возможность моделировать сложные геотехнические задачи с высокой степенью детализации. PLAXIS позволяет анализировать осадки и напряжения с учетом нелинейных свойств грунта. GeoStab, в свою очередь, специально разработан для анализа устойчивости склонов, но также применяется для оценки напряженного состояния массивов. Эти инструменты используют метод конечных элементов, что обеспечивает точность и надежность расчетов.

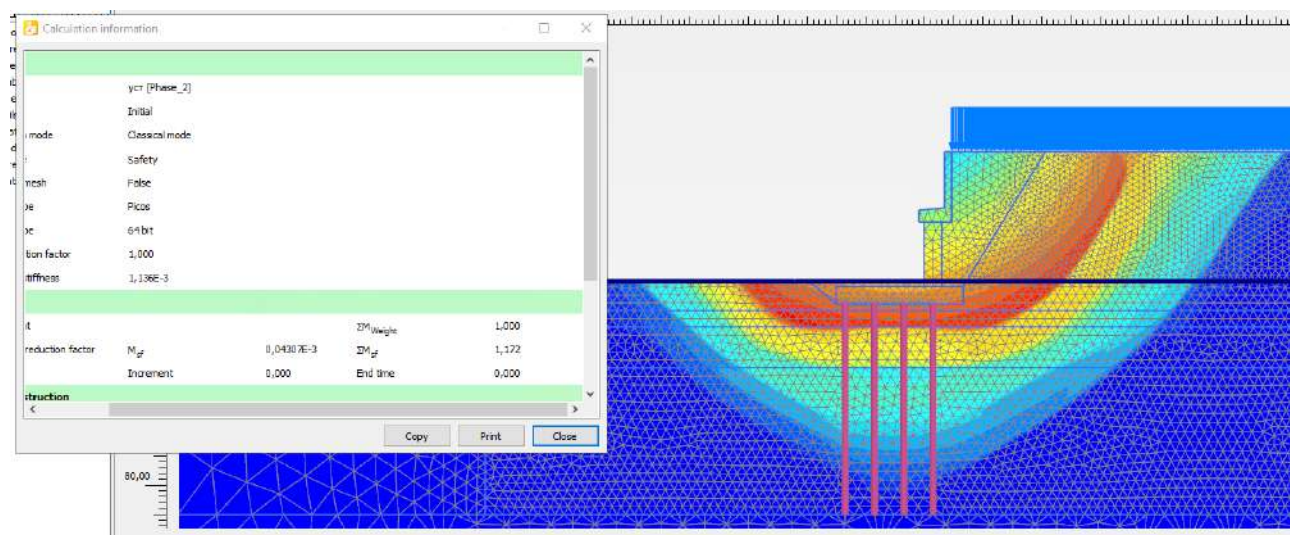


Рис. 3. Визуализация расчетной модели напряженно-деформированного состояния грунтового массива в PLAXIS

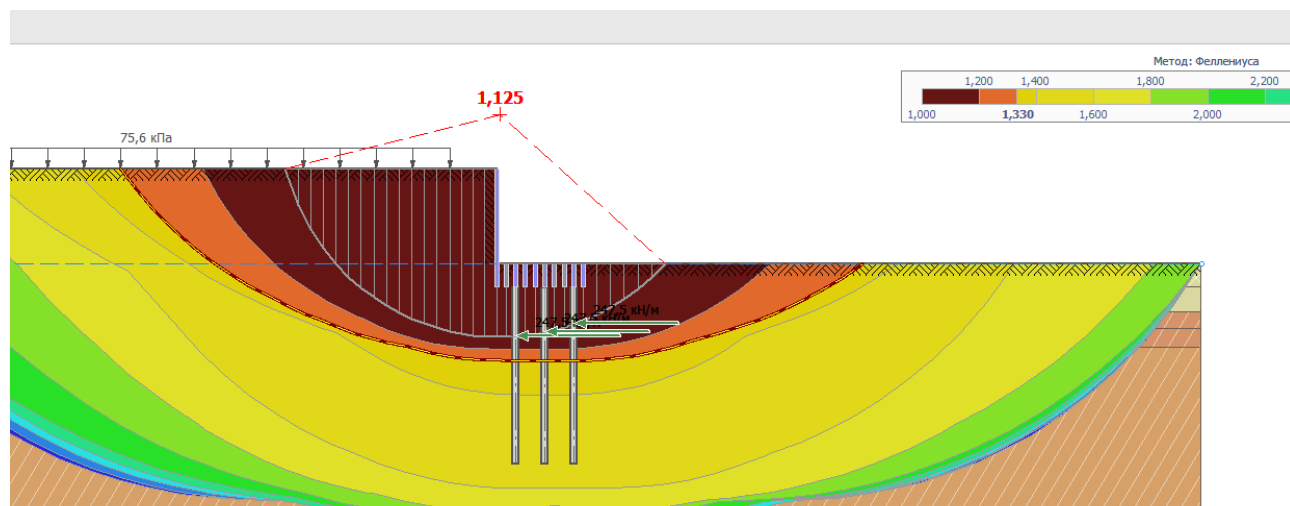


Рис. 4. Визуализация расчетной модели напряженно-деформированного состояния грунтового массива в Geostab

Как видно из рисунков, значение запаса по устойчивости положения опоры в PLAXIS – 1,172; в GeoStab – 1,125. Сравнивая полученные коэффициенты с аналитическими можно увидеть сходимость данных устойчивости положения опоры, что доказывает надежность принятых проектных решений.

Библиографический список

1. Копылов И.С. Геоморфология и геология четвертичных образований центральной части города Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2022. № 5 (42). С. 282-289.
2. Копылов И.С. Геология и геодинамика центральной части города Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41). С. 280-287.
3. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
4. Мирсаяпов И.Т., Гараев А.И. Особенности расчета напряженно-деформированного состояния плитно-свайных фундаментов при режимных циклических и циклических нагрузках //

Известия КГАСУ. 2022. №1 (59). С 6-18.

5. Платонова С.В. Анализ напряженно-деформированного состояния с использованием программного комплекса «PLAXIS» // *Инновационное будущее технических наук: сборник статей Международной научно-практической конференции (20 января 2015 г., г.Уфа). Уфа: Аэтерна, 2015. С. 12-15. [Электронный ресурс]. URL <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/NK-TN-32.pdf> (дата обращения: 10.03.2025).*

6. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.

7. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.

8. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы.

9. *Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий на объекте «Реконструкция ул. Соликамская г. Перми от ул. Первомайской до пл. Восстания», ООО «ИС-Проект», 117-21-ПИР-стр-ИГИ, 2021.*

10. GeoStab 8.1.0 Расчет устойчивости склонов и откосов. ООО "ИнжПроектСтрой", 2022. 181 с.

11. PLAXIS 2D CE V22.01 Учебное пособие. Bentley Systems, Incorporated, ООО «НИИП-Информатика», Санкт-Петербург, 2022. 240 с.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ В КОНТУРЕ КОВЫКТИНСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА

В статье рассмотрены факторы формирования инженерно-геологических условий месторождения строительного камня в контуре Ковыктинского лицензионного участка на территории Жигаловского района Иркутской области. По результатам оценки инженерно-геологических условий территории были составлены карты районирования по возможным проявлениям экзогенных процессов и по сложности инженерно-геологических условий. В результате инженерно-геологического районирования территория разделена на два инженерно-геологических участка с благоприятными и условно благоприятными условиями.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, инженерно-геологические условия, районирование, Ковыктинский лицензионный участок, Жигаловский район, Иркутская область.

E.D. Bondarenko
MIPTEK LLC, Tyumen, Russia

ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE BUILDING STONE DEPOSIT IN THE CONTOUR OF THE KOVYKTA LICENSE AREA

The article considers the factors of formation of the engineering and geological conditions of the building stone deposit in the contour of the Kovyktinsky license area in the territory of the Zhigalovsky district of the Irkutsk region. Based on the results of the assessment of the engineering and geological conditions of the territory, zoning maps were compiled for possible manifestations of exogenous processes and for the complexity of engineering and geological conditions. As a result of the engineering and geological zoning, the territory is divided into two engineering and geological sections with favorable and conditionally favorable conditions.

Keywords: engineering and geological surveys, engineering and geological conditions, zoning, Kovykta license area, Zhigalovsky district, Irkutsk region.

Введение

Ковыктинское газоконденсатное месторождение является крупнейшим на Востоке России и относится к категории уникальных: его запасы составляют 1,8 трлн м³ газа и 65,7 млн тонн газового конденсата. Ковыктинское ГКМ, наряду с Чаяндинским НГКМ в Республике Саха (Якутия), стало главной ресурсной базой для магистрального газопровода «Сила Сибири».

Изучение инженерно-геологических условий Ковыктинского месторождения, является актуальным в связи с масштабным проектом его

освоения, сложностью геологических условий, необходимостью обеспечения безопасности и экологической устойчивости и научным интересом к данной тематике. Понимание инженерно-геологических условий месторождения критически важно для проектирования и строительства безопасных и эффективных инфраструктурных объектов (трубопроводов, компрессорных станций, хранилищ, дорог и т.д.), минимизирующих риски и экологические последствия.

Объектом исследования является геологическая среда месторождения строительного камня в контуре Ковыктинского ГКМ Иркутской области.

Целью работы является изучение инженерно-геологических условий месторождения строительного камня в контуре Ковыктинского ГКМ Иркутской области.

Задачи:

- изучить физико-географические, геологические, гидрогеологические и геокриологические условия района месторождения;
- изучить инженерно-геологические процессы в Иркутской области;
- выполнить инженерно-геологический анализ исследуемого участка.

В данной работе были использованы методы исследования, которые включают в себя анализ инженерно-геологических изысканий, анализ свойств грунтов, районирование территории по основным показателям инженерно-геологических условий. Для написания данной работы были использованы литературные и фондовые материалы, а также данные, полученные по результатам проведения работ по объекту: «Геологическое изучение, включающее поиск и оценку месторождений общераспространенных полезных ископаемых (песчаник, суглинок) на нижележащем горизонте участка недр «Карьер суглинка №51/1 Ковыктинского ГКМ»» организацией ООО «Многопрофильное инновационное предприятие топливно-энергетического комплекса» (ООО «МИПТЭК»).

Геологическая изученность. Первые сведения о геологическом строении района стали появляться в конце XVII в., задолго до открытия Ковыктинского месторождения.

Ковыктинское месторождение было открыто в 1987 году на территории Жигаловского и Казачинско-Ленского районов Иркутской области, но его разработка началась в XXI веке, когда ПАО «Газпром» приступило к созданию в Восточной Сибири новых центров газодобычи.

В 1967 г. В.С. Исаковой и 1986 г. А.Л. Додиныным было выполнено геологическое картирование масштаба 1 : 1 000 000 на листе N-48. После по этим материалам была составлена геологическая карта с объяснительной запиской листа N-48 масштаба 1 : 1 000 000 первого и второго поколения (новая серия).

В 1977 г. под руководством Б.А. Могилева была выполнена групповая геологическая съемка масштаба 1 : 50 000, в пределах листов N-48-VI, N-48-XI, N-48-XII.

В 1976-1980 гг. Шевченко В.К., Куриновой Т.А., Шевченко Л.М., и др. была проведена гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемки масштаба 1:500 000. По результатам исследований был проведен анализ инженерно-геологических и мерзлотно-гидрогеологических условий западного участка региона БАМ.

В 1988 г. Литвиным В.М. были выполнены работы по региональной инженерно-геологической оценке экзогенных геологических процессов Приангарья и Прибайкалья.

К настоящему времени на рассматриваемой территории уже существуют большого объема геологосъемочные, тематические, геофизические, поисковые, разведочные и специализированные работы, выполненные сотрудниками «Иркутскгеологии», «Бурятгеологии», ВСНИИГГиМС, «Иркутскгеофизики» и др. Это привело к открытию, разведке и, в ряде случаев, подготовке к освоению целого ряда месторождений и проявлений каменных солей, рудного и россыпного золота, марганца, меди, угля и др. [4].

Обеспеченность объекта топографическими картами довольно неплохая. На данную площадь существуют топокарты масштаба 1:200 000 (N-48-V, N-48-XI), карта масштаба 1:100 000 (N-48-21 и N-48-22) и карты масштаба 1:50 000.

Район работ также обеспечен следующими видами карт: геологическая основа ГГК-1000/1 1964 г., ГГК-1000/2 1986 г., ГГК-1000/3 2009 г., геохимическая основа ГХО-1000/3 2002 г., дистанционная основа ДО-1000 2002 г. [2].

Факторы формирования инженерно-геологических условий.

К региональным природным факторам формирования инженерно-геологических условий относятся 3 основные группы: физико-географические, геологические и мерзлотно-гидрогеологические [11, 12].

В административном отношении месторождение строительного камня находится в контуре Ковыктинского лицензионного участка, в его юго-восточной части, на территории Жигаловского района Иркутской области, в 450 км к северо-востоку от г. Иркутска, и приурочен к междуречью рек Чичапта и Орлинга.

Участок расположен на юге приподнятой части Средне-Сибирского плоскогорья, на восточной стороне Лено-Ангарского плато. Рельеф района резко пересеченный, склоны водоразделов крутые. В целом, территория района работ охватывает северную часть Предбайкальской впадины и север Байкальского хребта. Площадь исследуемого участка составляет 70 302,09 м² [2].

В геоморфологическом отношении район работ расположен на высокой части Лено-Ангарского моноклиналичного плато, расчлененного глубокими долинами. Исследуемой территории присущ выработанный структурно-денудационный рельеф, сформированный комплексной денудацией и речной эрозией, имеющий области максимальных поднятий [4] Абсолютные отметки территории участка изменяются от 1082,03 до 1114,17 м (рис. 1).

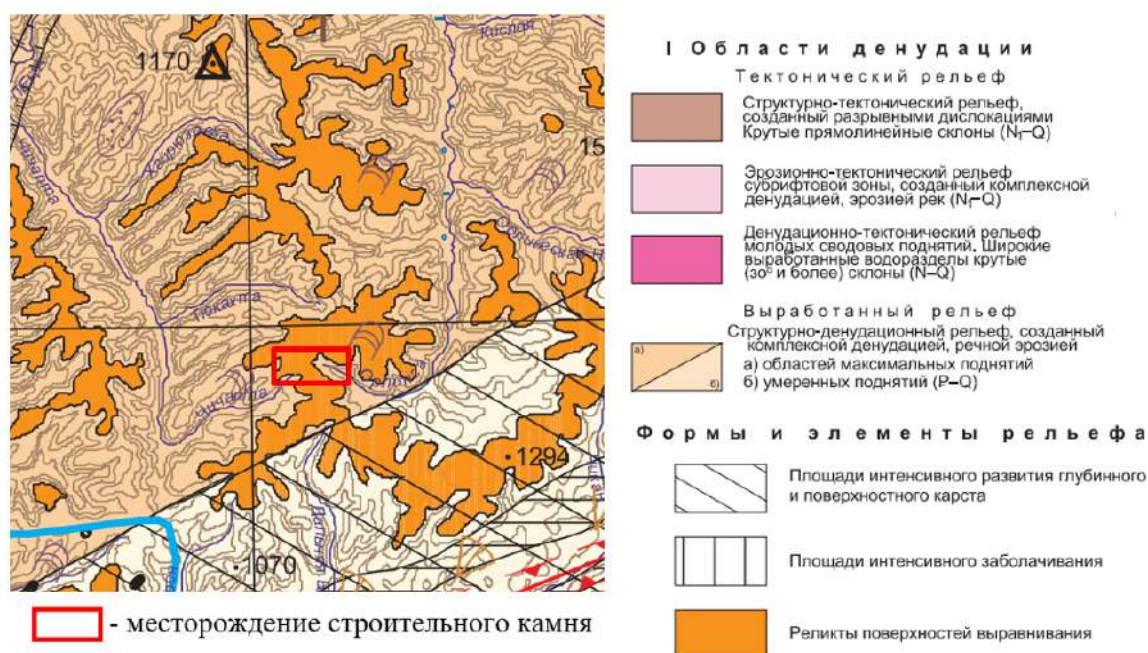


Рис. 1. Фрагмент геоморфологической схемы района работ, лист N-48. Масштаб 1:2 500 000 [4]

Гидрографическая сеть месторождения принадлежит водосборному бассейну р. Лены (море Лаптевых), гидрологический район – Верхнеленский таежный средней водности с преобладанием снегового питания рек.

Согласно районированию по климатическому атласу, территория месторождения находится в умеренной климатической зоне. В целом, климат описываемой территории влажный, резко континентальный, с большими амплитудами температур теплого и холодного сезонов года.

Температурный режим имеет типичные для континентальных территорий особенности – значительные годовые и суточные амплитуды температуры воздуха и поверхности почвы. Абсолютный минимум температуры изменяется в пределах минус 54 – минус 58 °С, а абсолютный максимум изменяется от плюс 37 °С до плюс 38 °С. Зима суровая, холодная, продолжительная. Средняя температура наружного воздуха в январе минус 28,5 °С. Лето короткое, теплое. Средняя температура наружного воздуха в июле плюс 17,3 °С. Средняя годовая температура воздуха минус 4,7 °С. Годовое количество атмосферных осадков в речных долинах составляет 350-450 мм, на водораздельных участках возрастает до 550-600 мм. Максимальные месячные суммы осадков приходятся на июль, минимальные – на март [6].

В тектоническом районировании территории листа N-48 выделяются основные типы тектонических структур – Сибирская платформа, прилегающие к ней складчатые системы, области тектоно-магматической и седиментогенной активизации.

Согласно структурно-тектоническому положению район работ находится на юге Сибирской платформы, в восточной части Прибайкальского предгорного прогиба, перекрывающего юго-восточную часть палеозойской

Прибайкальской моноклизы, в пределах Среднеленской впадины Ковыктинской структурной террасы. В строении осадочного чехла рассматриваемого района принимают участие кембрийские, ордовикские и четвертичные отложения (рис. 2) [4].



Ангарская телеорогенная СФЗ

17 – Среднеленская впадина – серо-зеленоцветная алевро-аргиллит-глауконит-известково-песчанниковая Ф (усть-кутская свита), молассоидная Ф (суринская свита), красноцветная алевролит-песчанниковая Ф (ийская свита), кварцево-песчанниковая Ф (бадрановская свита)

- месторождение строительного камня

Рис. 2. Фрагмент тектонической карты района работ, лист N-48.
Масштаб 1:2 500 000 [4]

Геологическое строение рассматриваемой территории приведено по материалам Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 Лист N-48-XI. Площадь работ находится на юге Сибирской платформы, в восточной части Прибайкальского предгорного прогиба, перекрывающего юго-восточную часть палеозойской Прибайкальской моноклизы. В строении осадочного чехла рассматриваемого района принимают участие кембрийские, ордовикские и четвертичные отложения [5]. В геологическом строении месторождения, на глубину пробуренных скважин (7,0-12,0 м), принимают участие отложения верхней подсвиты усть-кутской свиты ордовикской системы (O_{1uk_2}) и современные элювиально-делювиальные отложения ($e-dQ_{IV}$) (рис. 3, 4).

Ленского бассейна пластовых вод Восточно-Сибирской гидрогеологической платформенной области [14].

В пределах Илгинского бассейна выделяется среднекембрийский (Є_2) водоносный гидрогеологический комплекс. Среднекембрийский водоносный комплекс (Є_2) представлен терригенными песчано-глинистыми породами верхоленской свиты: алевролитами, аргиллитами, мергелями и песчаниками, мощностью до 750 м. Фильтрационные свойства водоносного комплекса неоднородны и зависят от литологического состава. Модуль ресурсов комплекса составляет 0,05-0,45 л/с · км², в зонах дробления 0,29-15,31 л/с · км² [4].

Подземные воды в соответствии с литологическим составом вмещающих пород и условиями циркуляции делятся на две группы: пластово-поровые, связанные с аллювиальными отложениями четвертичного возраста и порово-трещинно-пластовые, приуроченные к породам среднего, верхнего кембрия и нижнего ордовика.

Согласно геокриологическому районированию, территория Ковыктинского ГКМ входит в провинцию многолетнемерзлых пород южной части Сибирской платформы, в область островного распространения многолетнемерзлых пород, в район островной многолетней мерзлоты на заболоченных участках, в долинах рек [9].

На территории Ковыктинского ГКМ распространена редкоостровная многолетняя мерзлота в рыхлых четвертичных отложениях. Многолетнемерзлые породы встречаются преимущественно по долинам водотоков и на склонах северной экспозиции, покрытых густой растительностью. Сохранению мерзлоты благоприятствуют отрицательные среднегодовые температуры, низкие температуры зимой и небольшая мощность снежного покрова [2].

В скважинах №1 и №2 вскрыты ММГ, которые представлены суглинком легким пылеватым твердомерзлым слабльдистым, мощность мерзлых пород 3,1-6,2 м. Породы слоя сезонного промерзания представлены песчаником слабовыветрелым, малопрочным, плотным, среднепористым и суглинком легким пылеватым твердомерзлым слабльдистым. Нормативная глубина сезонного промерзания пород: для глин или суглинков – 2,35 м; для супеси, песков пылеватых или мелких – 2,86 м; для песков средней крупности, крупных или гравелистых – 3,07 м; для крупнообломочных – 4,4 м [2].

Развитие инженерно-геологических процессов в Иркутской области

На территории Иркутской области наибольшее распространение имеют карстовые, гравитационные, мерзлотные, абразионные процессы.

Карст на территории области связан в основном с карбонатными породами нижнего кембрия и морфологически представлен поверхностными и подземными формами. Среди поверхностных форм наиболее распространены воронки и западины диаметром от 1 до 300 м и глубиной до 30 м. Для отложений нижнего ордовика характерно слабое проявление карста, что

объясняется малой мощностью карбонатных отложений и залеганием их среди водоупорных песчаников. Закарстованность пород неравномерна [10].

Согласно карте воздействий карстово-суффозионных процессов на территории Российской Федерации, представленной на рис. 5, в целом Иркутская область относится к территориям полного отсутствия или спорадического распространения карстово-суффозионных процессов. Однако отдельные участки области (Приморский хребет, северная часть Патомского нагорья, Тагульский хребет вблизи села Верхняя Гутара) относятся к территориям развития карстово-суффозионных процессов.

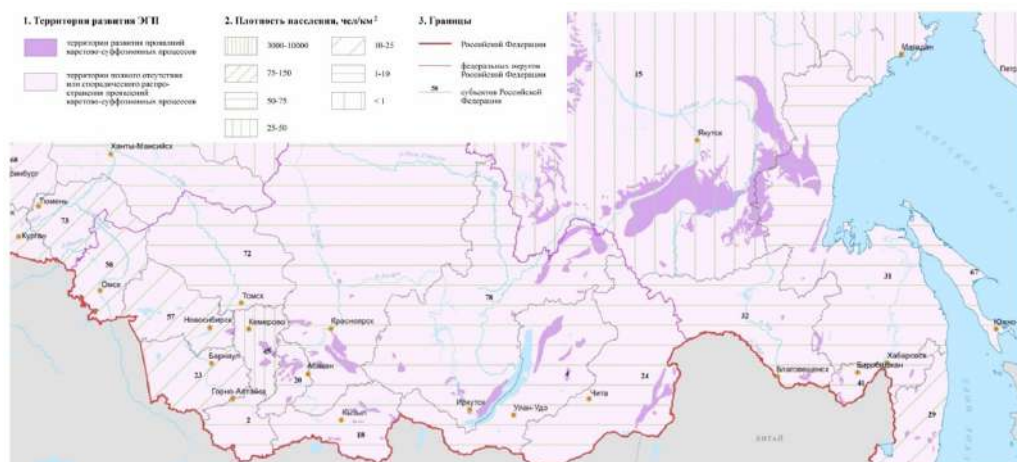


Рис. 5. Фрагмент карты воздействий карстово-суффозионных процессов на территории Российской Федерации [6]

Оползни осложняют склоны Ангары на участке Братск – Усть-Илимск, также они встречены в долинах рек Чуны и Бирюсы (рис. 6).

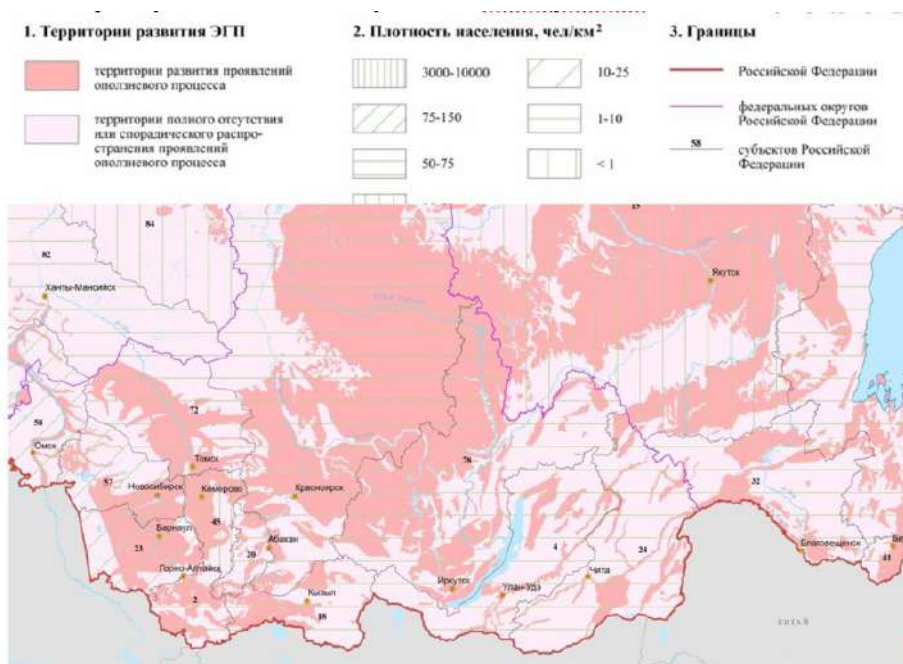


Рис. 6. Фрагмент карты развития оползневого процесса на территории Российской Федерации [6]

На площадях, сложенных моноклинально залегающими породами ордовика, размеры оползневых деформаций меньше, однако характер смещения не превышает 1,5-2,5 мм в год. Очень широко такие деформации развиты в среднем течении реки Илим. Для региона также характерны оползни, обусловленные сдвиговыми деформациями в глинистых отложениях значительной мощности. Значительное место в изменении склонов занимает глыбовая разгрузка в виде обвалов и осыпей. Обвалы проявляются главным образом как обрушение одиночных глыб и небольших блоков. Такие обвалы отмечаются в трапах, песчаниках, доломитах и известняках нижнего ордовика и в алевролитах и аргиллитах верхнего ордовика. Выветривание и обрушение траптовых обнажений часто приводит к образованию у подножия последних курумов и россыпей, находящихся в медленном движении. Крупнообломочный материал в краевых частях курумов смещается со скоростью 2-3 см в год, а в осевых до 12 см в год. В карбонатных отложениях ордовика образованию обвалов способствует трещиноватость пород и их выветрелость [8, 10].

Проявления мерзлоты выражаются в наличии бугристо-западинного рельефа, термокарстовых озер, бугров пучения. Изменения условий теплообмена активизируют деградацию многолетней мерзлоты. Так, например, под насыпями железной дороги Тайшет – Лена многолетнемерзлые породы за шесть лет протаяли на 1,8-2,0 м. С другой стороны, затенение поверхности, вскрытие котлованов и отсыпка насыпей зимой и увлажнение пород способствуют новообразованию и росту островов многолетнемерзлых пород [7, 10].

Согласно карте потенциальной активизации мерзлотных процессов, представленной на рис. 7, в западной части Иркутской области наибольшее распространение занимают термокарстовые процессы и пучение, а на остальной части области – термокарст, пучение, наледи, солифлюкция и курумы. При этом стоит отметить, что потенциальная активизация данных мерзлотных процессов в западной части области – слабая, на остальной территории – от умеренной до средней.

Большое инженерно-геологическое значение имеют абразионные процессы, вызванные созданием Братского водохранилища. Формирование новой береговой зоны водохранилища происходило в специфических природных условиях. Береговые склоны на отдельных участках оказались существенно переработанными. За шесть лет только в границах участков, сложенных суглинками, протяженность абразионных берегов увеличилась почти в два раза – с 600 до 1050 км. При наполнении водохранилища размывы отмечались на склонах с углом падения 6-8°, а при последующей эксплуатации на более пологих склонах. Максимальные величины разрушения берегов (40 м в год) приурочены к участкам распространения лессовидных суглинков [10].

Наряду с возрастанием, абразии происходит активизация оползневых и карстовых процессов, что осложняет освоение прибрежной зоны [1].

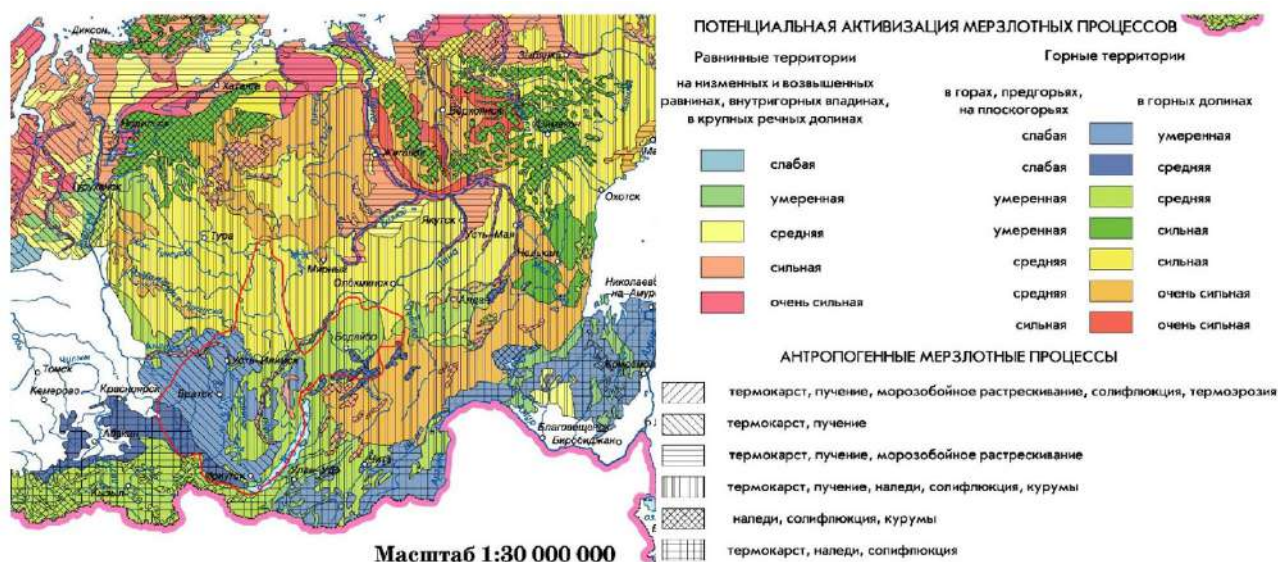


Рис. 7. Фрагмент карты потенциальной активизации мерзлотных процессов РФ, масштаб 1:30 000 000 [12]

Инженерно-геологический анализ территории изысканий

Приуроченность территории изысканий к области развития многолетнемерзлых пород придает ей своеобразный физико-геологический облик. Помимо обычных физико-геологических явлений широкое распространение получают процессы, связанные с наличием ММП [1].

Согласно приложения Б СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий» пораженность опасными природными процессами «оползни», «карст» и «суффозия» по исследуемому объекту – категория «умеренно опасные».

Сейсмичность территории Ковыктинского ГКМ» согласно СП 14.13330.2018 (актуализированной редакции СНиП II-7-81*) определенная по картам ОСР-2015-А (вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет – 10%) составляет 6 баллов, по карте ОСР-2015-В (вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет – 5%) – 7 баллов, по карте ОСР-2015-С (вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет – 1%) – 7 баллов (шкала MSK-64).

Согласно приложения Б СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий» пораженность опасными природными процессами «землетрясения» и «лавины» по исследуемому объекту – категория «опасные».

Среди современных экзогенных геологических процессов ведущая роль принадлежит криогенным процессам. К самым распространенным криогенным процессам здесь относятся сезонное промерзание и оттаивание грунтов. Многолетние мерзлые грунты в талом состоянии проявляют пучинистые свойства после оттаивания и последующего их промерзания. На момент проведения изысканий грунты находились в мерзлом и талом состоянии.

По величине относительной деформации пучения суглинок легкий пылеватый твердомерзлый слабольдистый относится к среднепучинистым, суглинок пылеватый, тяжелый, щебенистый, твердой консистенции и песчаник относятся к непучинистым породам [2].

В общем, на участке изысканий имеются все необходимые условия для процесса сезонного пучения. Сезонное пучение распространено в северо-западной части участка, его интенсивность определяется глубиной сезонного оттаивания, литологией грунтов и их влажностью. Нарушение снежного покрова при инженерной деятельности и наличие на данной территории среднепучинистых грунтов будет способствовать активизации процессов морозного пучения [9].

При проведении геологических изысканий, на исследуемой территории подземные воды не вскрыты.

Нарушение естественного стока талых и дождевых вод приводит к развитию процессов эрозии. В летние месяцы на участках прилегающих к изыскиваемой площади, где территории спланированы 3 – 5 лет назад, после дождей, наблюдалось образование эрозионных промоин в насыпных грунтах. Вода с насыпи уходила вниз по склону, что способствовало развитию эрозионных процессов, а также нарушало температурный режим кровли грунтового массива [2].

Согласно СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий» пораженность опасным природным процессом «эрозия» по исследуемому объекту по исследуемому объекту – категория «опасный».

В общем стоит отметить, что с хозяйственной деятельностью человека вышеуказанные процессы и явления могут заметно активизироваться, кроме того при изменении поверхностных условий (удаление снежного покрова, затенение поверхности и т.д.) а также при временных отклонениях климатических условий от среднепогодных, в подошве слоя сезонного промерзания могут сохраняться прослойки мерзлого грунта, не оттаивающие за лето (перелетки) [1].

Техногенное воздействие на район проведения изысканий постепенно возрастает, что обусловлено расширением обустройства Ковыктинского месторождения. Результатом техногенного воздействия является образование специфических грунтов – техногенных, нарушение естественного стока атмосферных осадков и инфильтрации их. В результате отсыпки площадок, особенно на склонах, нарушается естественный дренаж поверхностных и надмерзлотных вод, образуются талики, участки застоя поверхностных вод, и, как правило, заболачивание [2].

В целом можно отметить, что развитие физико-геологических процессов в районе исследований носит ограниченный характер. Наиболее распространенными процессами, развитыми в районе изысканий являются – криогенное пучение, эрозия.

В связи с тем, что участок изысканий относится к зоне островного распространения многолетнемерзлых пород и участкам активизации

экзогенных процессов, было принято решение выполнить инженерно-геологическое районирование по следующим параметрам: по экзогенным процессам, по сложности инженерно-геологических условий (рис. 8, 9).

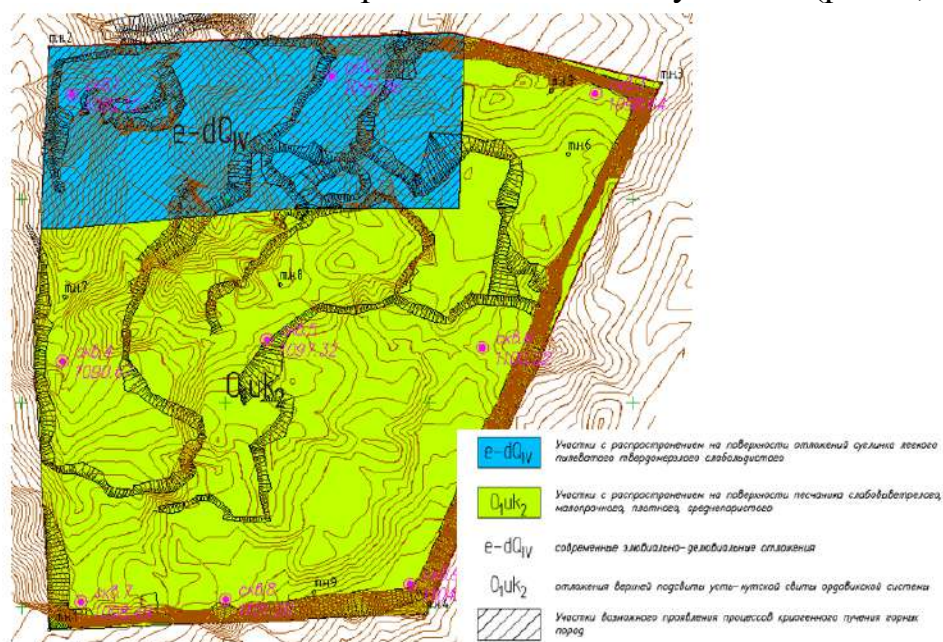


Рис. 8. Карта районирования исследуемого участка по возможному проявлению экзогенных процессов, «разработано автором»

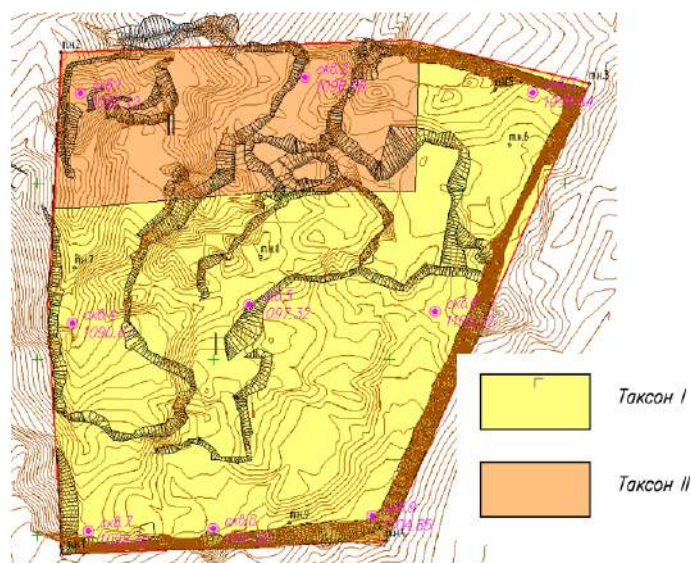


Рис. 9. Карта районирования исследуемого участка по сложности инженерно-геологических условий, «разработано автором»

Территория изысканий сложена глинистыми пучинистыми грунтами, поэтому первый факторный признак районирования – залегание глинистых грунтов на поверхности. По данным изыскания в скважинах №1 и №2 с поверхности вскрыты отложения суглинка легкого пылеватого твердомерзлого слабольдистого. По результатам испытаний по определению относительной деформации морозного пучения суглинков относится к среднепучинистым породам. Поэтому в пределах участка изысканий в слое сезонного промерзания

отложения суглинка могут проявлять пучинистые свойства, что может способствовать активизации процесса морозного пучения.

Второй факторный признак районирования территории – категория сложности инженерно-геологических условий. Данный параметр районирования является обобщающим, поскольку он содержит в себе инженерно-геологические и геокриологические условия, техногенные воздействия на территорию изысканий и другие немаловажные признаки.

По результатам анализа инженерно-геологических условий территории были выделены следующие таксоны: таксон I, который характеризуется благоприятными условиями, и таксон II, который характеризуется условно благоприятными условиями (рис. 9).

I таксон – благоприятные условия. Отложения верхней подсвиты усть-кутской свиты ордовикской системы (O_{1uk2}) представлены песчаником слабовыветрелым малопрочным, плотным, среднепористым (мощность 1,1-9,5 м), а современные элювиально-делювиальные отложения ($e-dQ_{IV}$) представлены суглинком пылеватым, тяжелым, щебенистым, твердой консистенции (мощность 1,0-6,0 м). По относительной деформации морозного пучения породы относятся к непучинистым. Экзогенные процессы не выявлены. Многолетнемерзлые породы на данном участке не встречены. Категория сложности инженерно-геологических условий предположительно I простая.

II таксон – условно благоприятные условия. Отложения верхней подсвиты усть-кутской свиты ордовикской системы (O_{1uk2}) представлены песчаником слабовыветрелым малопрочным, плотным, среднепористым (мощность 3,8-3,9 м), а современные элювиально-делювиальные отложения ($e-dQ_{IV}$) представлены суглинком легким пылеватым твердомерзлым слабодистым (мощность 3,1-6,2 м). По относительной деформации морозного пучения суглинка относятся к среднепучинистым. В пределах участка изысканий в слое сезонного промерзания встречены отложения суглинка, которые могут проявлять пучинистые свойства, что может способствовать активизации процесса морозного пучения. В скважинах №1 и №2 вскрыты ММГ, которые представлены суглинком легким пылеватым твердомерзлым слабодистым, мощность мерзлых пород 3,1-6,2 м. Категория сложности инженерно-геологических условий предположительно II средней сложности.

В результате инженерно-геологического районирования территория разделена на два инженерно-геологических участка с благоприятными и условно благоприятными условиями.

Заключение

Таким образом, на территории Иркутской области наибольшее распространение имеют карстовые, гравитационные, мерзлотные, абразионные процессы.

Большая часть Иркутской области относится к территориям полного отсутствия или спорадического распространения карстово-суффозионных процессов, а территории Приморского и Тагульского хребта и северная часть

Патомского нагорья относятся к территориям развития карстово-суффозионных процессов. Также в западной части Иркутской области наибольшее распространение занимают процессы термокарста и пучения, а на остальной части области – термокарст, пучение, наледи, солифлюкция и курумы. При этом стоит отметить, что потенциальная активизация данных мерзлотных процессов в западной части области – слабая, на остальной территории – от умеренной до средней.

По результатам исследования небольшого участка месторождения строительного камня в пределах Ковыктинского ГКМ было условно выделено два участка: с благоприятными и условно благоприятными инженерно-геологическими условиями.

Горные породы на участке с благоприятными условиями по относительной деформации морозного пучения относятся к непучинистым. Экзогенные процессы не выявлены. Многолетнемерзлые породы на данном участке не встречены. Категория сложности инженерно-геологических условий предположительно I простая.

Отложения суглинка пылеватого твердомерзлого слабобльдистого на участке с условно благоприятными условиями по относительной деформации морозного пучения относятся к среднепучинистым. В скважинах №1 и №2 вскрыты ММГ, которые представлены суглинком легким пылеватым твердомерзлым слабобльдистым, мощность мерзлых пород 3,1-6,2 м. В пределах участка изысканий в слое сезонного промерзания встречены отложения суглинка, которые могут проявлять пучинистые свойства, что может способствовать активизации процесса морозного пучения. Категория сложности инженерно-геологических условий предположительно II средней сложности.

В связи с хозяйственной деятельностью человека экзогенные процессы и явления могут заметно активизироваться. При мониторинге в процессе строительства и эксплуатации сооружений необходимо следить за очагами проявления опасных инженерно-геологических процессов, предотвращая и минимизируя их развитие.

Наиболее предпочтительным при строительном освоении территории является I принцип строительства, предполагающий сохранение мерзлых грунтов в основании сооружений. Для сооружений с тепловыделением при проектировании следует предусматривать проветриваемые подполья, а также на участках с предполагаемым повышенным снегонакоплением, для сохранения мерзлых грунтов в основании сооружений, при проектировании следует предусмотреть установку сезонно охлаждающих устройств (СОУ).

При использовании талых грунтов в основании сооружений (II принцип строительства) необходимы мероприятия, обеспечивающие сохранение талых грунтов в процессе их эксплуатации. Эти мероприятия заключаются в создании условий повышенного снегонакопления, укладке теплоизоляционных покрытий в зимний период, использовании тепловыделений функционирующих сооружений.

Для устранения развития овражных сетей и просадочных свойств лессовых грунтов оснований следует предусматривать трамбование, многослойное уплотнение, предварительное замачивание, использование забивных свай.

Для уменьшения влияния процессов морозного пучения необходимо: соблюдать требование нормативных документов к составу и свойствам грунтовых строительных материалов; обращать внимание на особенности рельефа при размещении объектов строительства; предусмотреть необходимый комплекс гидромелиоративных и тепломелиоративных мероприятий; при организации отвода зарегулированных поверхностных стоков по дренажным каналам обеспечить их теплоизоляцию.

Библиографический список

1. Ананьев В.П. Инженерная геология: учебник для строительных специальностей вузов. М.: высшая Школа, 2005. 575 с.
2. Бондаренко Е.Д. Отчет по результатам проведения работ по объекту: «Геологическое изучение, включающее поиск и оценку месторождений общераспространенных полезных ископаемых (песчаник, суглинок) на нижележащем горизонте участка недр «Карьер суглинка №51/1 Ковыктинского ГКМ»». Тюмень: ООО «МИПТЭК», 2024. 111 с.
3. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика: учебник. М.: КДУ, 2015. 472 с.
4. Галимова Т.Ф., Пермяков С.А., Бобровский В.Т., Пашкова А.Г. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Ангара-Енисейская. Лист N-48 – Иркутск. Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. 2009. 574 с.
5. Гладышев М.А., Могилев Б. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Ангара-Ленская. Лист N-48-XI. Объяснительная записка. Иркутск: Иркутское геологическое управление, 1968. 197 с.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России, НПП «Кадастр», 2018. 888 с.
7. Гречищев С.Е., Чистотинов Л. В., Шур Ю. Л. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз. М.: Недра, 1980. 384 с.
8. Емельянова Т.Я. Инженерная геодинамика: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2009. 134 с.
9. Еришов Э.Д. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М.: Недра, 1989. 515 с.
10. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.3. Восточная Сибирь. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 655 с.
11. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
12. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.
13. Национальный атлас России. В 4 томах. Т.2 Природа. Экология. М.: Роскартография, 2004-2008. 495 с.
14. Роговская Н.В. Схема гидрогеологического районирования СССР. Масштаб 1:15000 000. СПб.: ВСЕГИНГЕО, 1982. 2 с.

ОПЫТ РАСТВОРЕНИЯ АНГИДРИТА ПРИ РАЗНОЙ СКОРОСТИ ПОТОКА

Приведены результаты эксперимента по растворению в лабораторных условиях образца ангидрита. Смоделирован процесс растворения карстующейся породы при устройстве на нее свайного фундамента. Эксперимент проводился с первоначальным и последующим минералогическим исследованием образца при разных скоростях потока воды.

Ключевые слова: карст, сульфатные породы, ангидрит, растворение.

T.G. Kovaleva

Perm State University, Perm, Russia
LLC Antikarst and Coastal Protection, Perm, Russia

EXPERIMENT ON DISSOLUTION OF ANHYDRITE AT DIFFERENT FLOW RATES

The results of an experiment on the dissolution of an anhydrite sample under laboratory conditions are presented. The process of dissolution of karsting rock during construction on its pile foundation was simulated. The experiment included initial and subsequent mineralogical studies of the sample at different water flow rates.

Keywords: karst, sulfate rocks, anhydrite, dissolution.

Вопрос растворимости горных пород в последнее время становится все более актуальным. Ведется активное освоение территорий, занятых карстующимися породами. Между тем территории развития сульфатного типа карста являются, как правило, наиболее карстоопасными, здесь за срок службы сооружения вполне могут образовываться полости, представляющие угрозу для инженерных сооружений. Правильный прогноз развития процесса сульфатного карста во многом зависит от скорости растворения породы, которая в свою очередь зависит от многих факторов [2]. В данной работе предпринята попытка моделирования процесса растворения при разных скоростях потока воды.

Отбор проб для исследования выполнен на территории Чернушинского района Пермского края. Участок в карстологическом отношении приурочен к Иренскому карстовому району. Исследуемая порода представлена ангидритом нижнепермского возраста, проба отобрана из скважины колонковым способом с глубины 47,1 м. Проба породы окрашена в голубовато-серый, участками белый цвет. Структура породы микро-мелкозернистая размерами зерен менее 0,2 мм, гранобластовая.

Текстура массивная, излом ступенчатый, раковистый, образец высокой крепости. Основная масса сложена ангидритом. Поверхность образца покрыта светло-коричневым налетом тонкодисперсного глинистого материала.

В образце наблюдаются трещины. Трещины извилистые шириной 0,1-0,8 мм, заполнены карбонатно-глинистым материалом, разнонаправленные (располагаются по напластованию, по диагонали или поперек напластования). На срезе видно, что трещины как будто прорывают массу ангидрита, раскалывая и расщепляя тем самым ангидритовую массу на отдельные обломки размером 5-15 мм, создавая блочное строение породы (рис. 1).



Рис. 1. Ангидритовая порода, общий вид

Из монолита были вырезаны три «плашки» одинаковые по размеру и форме. Образец представляет собой диск диаметром 90 мм, высотой 16 мм, его центральная часть диаметром 24 мм представляет область размещения сваи, имитированной в виде пластмассового конуса.

Эксперимент производился на двух образцах, третий был оставлен в качестве исходного материала (эталона). Предпосылкой для проведения исследования послужил тезис о том, что при устройстве свайных оснований на карстующихся грунтах на поверхности сваи может скапливаться конденсат и медленно стекать по ней, скапливаясь под острием (медленный вариант потока). Вместе с этим при устройстве свайных фундаментов могут формироваться дополнительные вторичные трещины и повышаться проницаемость массива (рис. 2, вариант интенсивного потока воды).

Перед началом испытания образцы взвешивались на электронных весах, с помощью клейкой ленты была произведена гидроизоляция части образца, расположенной за пределами моделируемого основания сваи [1]. Масса первого

образца без упаковки – 292,19 г, с упаковкой – 298,24 г. Масса второго образца без упаковки – 263,80 г, с упаковкой – 268,33 г.

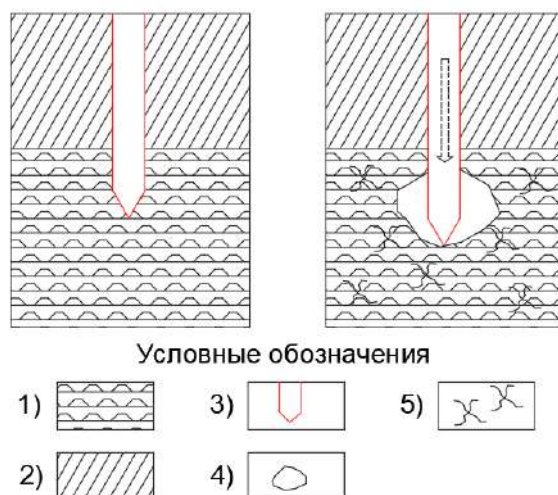


Рис. 2. Теоретическая схема образования полости в основании сваи, условные обозначения:
1 – ангидрит, 2 – суглинок, 3 – свая, 4 карстовая полость, 5 – трещины

В дальнейшем опытные образцы разместили на установках по растворению (рис. 3). Вода подавалась капельно при медленном варианте опыта, струйно – при интенсивном варианте потока. Растворение производилось с использованием водопроводной воды, по химическому составу вода-растворитель пресная, с минерализацией $0,3 \text{ г/дм}^3$, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридная магниевая-кальциевая. У природной воды, отобранной из карстового водоносного горизонта в месте отбора пробы породы, природная минерализация была несколько выше ($0,6 \text{ г/дм}^3$), химический состав схожий: сульфатно-хлоридно- гидрокарбонатный магниевый.



Рис. 3. Экспериментальная установка (слева – медленный поток, справа – интенсивный поток)

Ход эксперимента следующий. На образцы с заданной скоростью подавалась вода: из водопроводного крана на образец с интенсивным потоком с расходом воды – 18,2 л/сут, средняя температура воды – 20,5 °С; на образец с капельной подачей из закрепленной тары с расходом воды – 2,9 л/сут, средняя температура воды – 21,5 °С). Средние значения параметров микроклимата в лаборатории за период проведения эксперимента: температура воздуха – 22,3 °С, атмосферное давление – 100,7 кПа, относительная влажность – 28,6 %.

Периодически образцы высушивались и взвешивались (каждые 3-5 недель). Результаты взвешивания представлены в табл. Замеры показали, что при интенсивном потоке воды происходит мгновенное уменьшение массы образца, то есть процесс растворения начинается практически мгновенно, тогда как при капельном поступлении воды в первые недели наблюдается прирост массы образца.

Таблица

Результаты взвешивания образцов

Номер замера	Интенсивный поток				Капельная подача			
	Масса образца	Масса упаковки образца	Масса образца без упаковки	Изменение массы образца	Масса образца	Масса упаковки образца	Масса образца без упаковки	Изменение массы образца
начало	298,24	6,05	292,19		268,33	4,53	263,80	
1	293,37		287,32	-4,87	268,40		263,87	+0,07
2	286,62		280,57	-6,75	268,49		263,96	+0,09
3	281,48		275,43	-5,14	267,99		263,46	-0,50
4	276,7		270,65	-4,78	267,83		263,30	-0,16
5	272,32		266,27	-4,38	267,14		262,61	-0,69
6	261,42		255,37	-10,9	265,84		261,31	-1,30

Установление этого факта привело на мысли, что при медленном поступлении жидкости сначала происходит присоединение воды и ангидрит переходит в гипс (данный тезис требует дальнейших исследований). Также отмечено, что скорость растворения при интенсивном потоке воды больше, нежели при медленной капельной подаче.

При визуальном описании образцов отмечается формирование зоны растворения под имитированной сваем (рис. 4). В случае интенсивного потока зона растворения довольно обширная, общая потеря массы составила 36,8 г. При медленном, капельном потоке зона, подверженная растворению гораздо меньше, общая потеря массы образца составила 2,5 г.

Проведенный эксперимент показывает, что интенсивность движения воды оказывает существенное влияние на скорость растворения образца (в нашем случае – ангидрита), при этом в случае медленного потока происходит сначала прирост массы образца, а затем ее потеря, природа этого факта требует дополнительных исследований.



Рис. 4. Вид образцов после эксперимента (слева – интенсивный поток, справа – медленный поток)

Скорость растворения ангидрита, полученная в ходе эксперимента, составила при интенсивном потоке 86,7 г/год (или 3,1 см/год), при капельной подаче – 6,3 г/год (или 1,3 см/год). Полученные результаты скорости растворения характерны для среднерастворимых пород, к которым в классическом карстоведении и относят гипсы и ангидриты. Однако, если обратиться к нормативному документу, в частности СП 22.13330.2016 (Изм. 4, [3]), ангидрит отнесен к труднорастворимым породам, что не соответствует экспериментальным данным. Следовательно, при карстологическом прогнозе в целях проектирования инженерных сооружений на сульфатном карсте, при карстовании ангидритов, могут быть допущены ошибки, которые могут привести к потере устойчивости сооружения. В связи с чем для карстологических расчетов рекомендуется проводить натурные эксперименты по определению скорости растворения пород.

Библиографический список

1. Голубев А.А. Моделирование растворения карстующихся пород под острием сваи в лабораторных условиях // Геология в развивающемся мире. 2023. Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Пермь. Отв. редактор Н.В. Кулакова. Пермь, 2023. С. 403-406.
2. Ковалёва Т.Г. Оценка карстоопасности территории г. Кунгура на основе общегеологического подхода // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. № 4 (33). С. 18-25.
3. СП 22.13330.2016 (Изм.4) СП 22.13330.2016. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*" (утв. Приказом Минстроя России от 16.12.2016 N 970/пр) (ред. от 07.12.2023)

ГЕОМОРФОЛОГИЯ СРЕДНЕГО УРАЛА (ЛИСТ О-40-XVI)

Приводится геоморфологический анализ территории листа О-40-XVI, расположенного на Среднем Урале в восточной части Пермского края. Приведено геоморфологическое районирование. Дана характеристика рельефа, его форм, эрозионно-структурных депрессий. Описана история формирования рельефа. Показана связь геоморфологических факторов с полезными ископаемыми, геоэкологическими и инженерно-геологическими условиями.

Ключевые слова: геоморфология, рельеф, неотектоника, районирование, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

GEOMORPHOLOGY OF THE MIDDLE URALS (SHEET O-40-XVI)

A geomorphological analysis of the territory of sheet O-40-XVI, located in the Middle Urals in the eastern part of the Perm Territory, is given. Geomorphological zoning is given. The characteristics of the relief, its forms, erosion-structural depressions are given. The history of relief formation is described. The relationship of geomorphological factors with minerals, geoecological and engineering-geological conditions is shown.

Keywords: geomorphology, relief, neotectonics, zoning, Middle Urals.

Геоморфология Среднего Урала изучается с начала XX в. (А.А. Григорьев, В.А. Варсанофьева, Л.С. Берг, И.М. Крашенинников, И.П. Герасимов, Д.В. Борисевич и др.). Первая геоморфологическая карта Урала составлена в 1948 г. под редакцией Я.С. Эдельштейна. Обобщение всех работ с геоморфологическим картографированием и районированием выполнено А.П. Сиговым и В.С.Шубом (1981) [43-45]. В более поздний период рассматривались отдельные вопросы, связанные с геоморфологическим и другими видами районирования (Л.А. Шимановский) [47], полезными ископаемыми (Б.С. Лунев, А.П. Сигов, И.С. Степанов), геофизическими полями (М.С. Чадаев, В.А. Гершанок и др.) [48], комплексным изучением геологической среды (гидрогеология, инженерная и экологическая экология) (И.С. Копылов и др.) [6, 7, 9, 11, 15, 26, 31-39]. Обязательным элементом стало описание геоморфологических условий при составлении листов государственной съемки масштаба 1:200 000. При проведении ГДП-200 листов О-40-X (Кизел) и О-40-XVI (Лысьва), в 2006–2009 гг., автором составлена геоморфологическая карта и соответствующий раздел объяснительной записки к Госгеолкарте-200/2 [2].

Геоморфологическое районирование

По геоморфологическому районированию рассматриваемая территория входит в две геоморфологические страны: Русская равнина и Урал (зона кряжа). Граница между двумя геоморфологическими странами большей частью совпадает со Всеволодо-Вильвенским надвигом (рис. 1) [2].

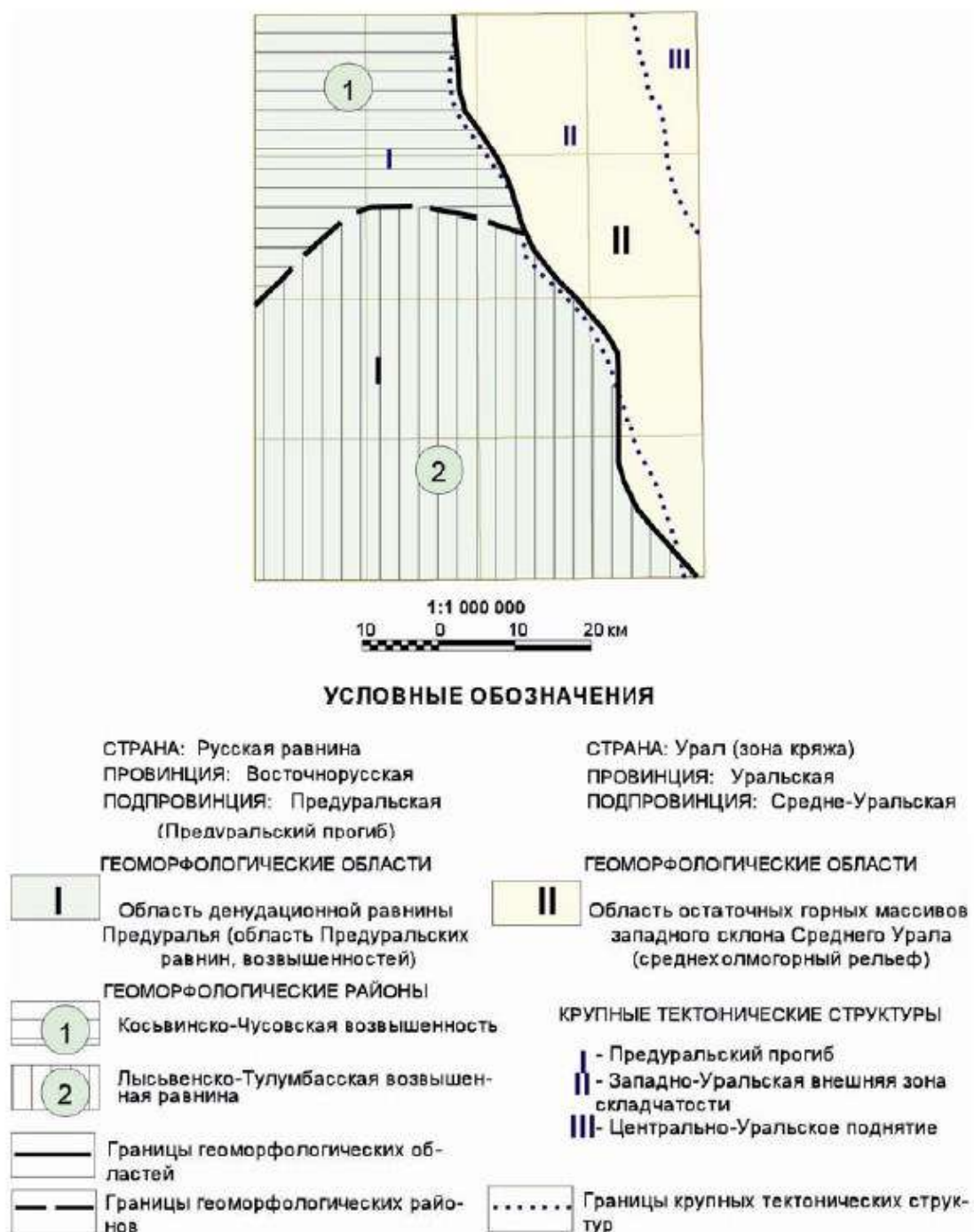


Рис. 1. Схема геоморфологического районирования [2]

Геоморфологическая страна Русская равнина (в тектоническом плане соответствует *Предуральскому краевому прогибу*). В геоморфологическом

отношении расположена в области денудационной равнины Предуралья Предуральской подпровинции Восточно-Русской провинции. По характеру рельефа, соотношению высот и с учетом новейшего структурного плана в области денудационной равнины Предуралья выделены районы Косьвинско-Чусовской возвышенности и Лысьвенско-Тулумбасской возвышенной равнины. Район Косьвинско-Чусовской возвышенности представляет собой денудационно-эрозионную равнину с абсолютными отметками высот 120–320 м. Лысьвенско-Тулумбасская возвышенная равнина сильно расчлененная, закарстованная, с абсолютными отметками высот 120–290 м.

Область денудационной равнины Предуралья (область Предуральских равнин, возвышенностей) включает в себя обширные невысокие ровные пространства с малыми колебаниями высот от 120 до 360 м. По характеру морфологии поверхности здесь выделяются террасированные, волнистые, холмистые равнины. Холмы не превышают 150–300 м. Гряды и гривы субмеридионально вытянуты. Строение поверхности равнин осложняется также всевозможными отрицательными формами рельефа – речными долинами, оврагами, разного рода и размерами впадинами. К этому типу рельефа относится западная часть всей территории, характеризующаяся пониженным и слаборасчлененным рельефом с зонами преимущественной денудации и аккумуляции.

Геоморфологическая страна Урал (зона кряжа) делится в тектоническом отношении Чикманско-Восточно-Гремячинским надвигом на Западно-Уральскую внешнюю зону складчатости и Центрально-Уральское поднятие. В пределах Урала территория входит в область остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала Средне-Уральской подпровинции Уральской провинции. Она характеризуется среднехолмогорным рельефом.

Область остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала приурочена к восточной части площади и характеризуется холмисто-увалистым (среднехолмогорным) рельефом, состоящим из сравнительно невысоких гряд, холмов и ложбин субмеридионального простирания, чередующихся между собой. Холмы имеют сглаженные, иногда плоские вершины. Относительные превышения рельефа составляют 200–250 м. Наименьшие высотные отметки (120 м) приурочены к долине р. Чусовая, наибольшие (400–500 м) – к северо-западной границе геоморфологической области. В рельефе преобладают отметки со значительными (до 500 м) высотами, сильно развита речная сеть, осложняющая основные морфологические черты рельефа. Здесь в рельефообразовании главную роль играют процессы денудации и эрозии.

Денудационно-эрозионный рельеф среднехолмогорный характеризуется пологовыровненными, иногда куполовидными водораздельными поверхностями, чередующимися с плавными понижениями водоразделов и долинами рек. Общий характер морфологии рельефа здесь отличается сглаженностью. Водораздельные поверхности имеют здесь различную абсолютную высоту от 350–500 м (восточная часть района) до 250–300 м (западная часть). Склоны водоразделов имеют, в основном, вытянутую и на

уровне 400–500 м выпуклую, иногда вогнуто-выпуклую форму [107]. Такая конфигурация склонов свидетельствует о том, что действие денудационных процессов было эффективно на более высоких уровнях, тогда как на высоте 300–450 м преобладала эрозия, факторы же денудации играли подчиненную роль.

Новейшая тектоника

Неотектоническое развитие. За начало неотектонического этапа в России принята граница палеогенового и неогенового времени, хотя некоторые исследователи за начальную фазу неотектонической активизации принимают средний олигоцен. Общей тенденцией тектонического развития Урала и его обрамления в неоген-четвертичное время является поднятие территории. Оно началось в олигоцене, обусловив регрессию палеогеновых морей, но более отчетливо проявилось в неогене. Урал характеризуется устойчивыми слабо дифференцированными сводовыми поднятиями, движения происходят в основном по разломам. В Предуралье поднятия имели колебательно-волновой характер и сменялись эпохами региональных или локальных опусканий. В определении характера новейших тектонических движений Урала существует несколько точек зрения. Одни авторы (В.А. Варсанофьева, Д.В. Борисевич) отмечают лишь общий сводовый характер новейших поднятий и отрицают наличие дифференциальных подвижек особенно в горной части. Другие (В.П. Трифонов, 1969) отмечают существование региональных дифференциальных движений и их более сложный сводово-блоковый (сводово-глыбовый, ступенчато-сводовый) характер по зонам, как относительно молодых, так и омоложенных древних разломов. Последовательное поэтапное проявление и наложение этих зон и движений предопределило условия развития крупных новейших структур региона, характер рельефообразующих процессов, строение и состав кайнозойских отложений.

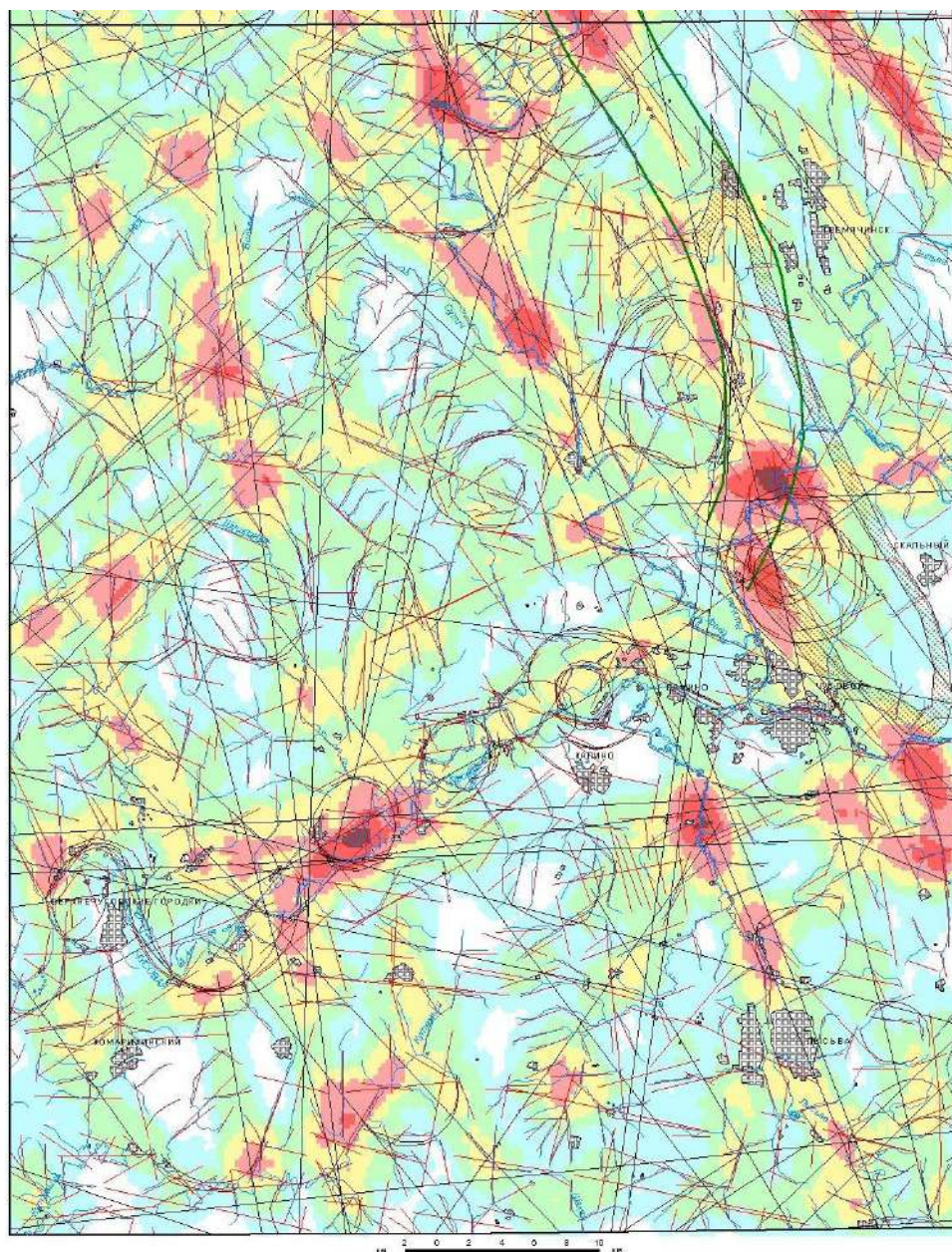
Различные точки зрения существуют на основные периоды неотектонического развития. Б.С. Лунев (1960) [42] по наличию комплекса эрозионно-аккумулятивных террас отмечает три ритма неотектонических движений: в начале древнечетвертичной, в начале среднечетвертичной и в начале позднечетвертичной эпох; амплитуды колебаний соответственно составляют 30–40 м, 15–25 м, 10–20 м. Л.Н. Спирин и В.А. Шмыров (1984) [46] также выделяют несколько неотектонических фаз. В начальную фазу (конец среднего олигоцена) существующий позднемезозойско-палеогеновый пенеплен был приподнят до 100–150 м и расчленен глубокими долинами. В позднем олигоцен-миоцене наметилась первичная дифференциация новейших движений с образованием субмеридиональных зон поднятий и относительных опусканий. В плиоцене субмеридиональная зональность сменяется субширотной, которая развивается в плейстоцене. К концу среднего плейстоцена завершился этап дифференцированных интенсивных новейших тектонических движений, в результате которого оформились основные неотектонические структуры. В позднем плейстоцене происходили относительно слабо дифференцированные

поднятия территории. В голоцене происходит обновление дифференцированных движений и реконструкция неотектонических структур региона, которая носит унаследованный характер от плиоцен-плейстоценового режима. Голоценовые движения особенно отражаются на обновлении положительных морфоструктур – линейно-блоковых новейших зон поднятий [2, 20].

Неотектонические формы. Современное горное сооружение Урала представляет собой линейные и сводовые поднятия, осложненные продольными разломами. Эти структурные формы начали развиваться не позднее конца мезозоя. Их развитие резко активизировалось в олигоцене и продолжается до сих пор (Краснов, 1948ф; Борисевич, 1965ф). Современные тектонические поднятия отчетливо выражены в рельефе и характеризуются своеобразной литологией четвертичных осадков, носят блоковый характер и наследуют положительные структуры более древних эпох. В восточной части площади неотектонические поднятия расположены в пределах приподнятых горных массивов Среднего Урала. Здесь отмечаются глубокие врезы верховьев малых рек и логов, сложенные характерными отложениями, датированными как делювий полярноуральского горизонта верхнего неоплейстоцена, каньонообразные и антецедентные долины и т.д. На большей части площади на неотектонические поднятия указывают глубокие врезы долин крупных рек, таких как Чусовая, Усьва, Вильва. В пределах плиоцен-четвертичной поверхности врезания выделяются крутые склоны долин, сложенные коллювиальными и делювиальными образованиями верхненеоплейстоцен-голоценового возраста, эрозионные уступы, висячие устья долин и т.д.

Унаследованные положительные неоструктуры хорошо фиксируются по результатам дешифрирования материалов аэрокосмических съемок (МАКС) и морфометрическим построениям в виде крупных кольцевых структур. По результатам аэрокосмогеологических исследований (АКГИ), проведенных на рассматриваемой территории [4, 12-15, 25, 28, 41] выделено более 500 субпрямолинейных линеаментов, отражающих неотектоническую трещиноватость, около 200 локальных кольцевых морфоструктур (неотектонических поднятий) [20], отождествляемых с локальными тектоническими поднятиями. Многие из них подтверждены бурением и геофизикой, на некоторых из них установлены залежи нефти и газа (рис. 2).

Неотектонические блоковые структуры и районирование. По неотектоническому и блоковому районированию [1, 16, 17] территория листа О-40-XVI расположена на западе – в области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья, (Предуральский геоблок, Предсреднеуральский мегаблок), где выделяются район район умеренных дифференцированных поднятий Косьвинско-Чусовской возвышенности (Косьвинско-Чусовской макроблок) и район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины (Сылвинский макроблок).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Линейные осевых зон трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, выделенные на стадии обзорных и региональных работ

- региональные линейные структуры большой протяженностью (200-300 км и более), по КС масштаба 1:1 000 000 и мельче
- региональные линейные структуры значительной протяженностью (50-200 км), по КС масштаба 1:500 000 - 1:1 000 000
- локальные линейные структуры протяженностью 15-50 км, по КС масштаба 1:500 000

Прямолинейные линейные структуры связанные с тектонической трещиноватостью, выделенные на стадии среднемасштабных и крупномасштабных работ

- линейные линейные структуры протяженностью 5-15 км, по КС масштаба 1:200 000
- короткие линейные структуры (мегатрещины), протяженностью 1-5 км, по КС масштаба 1:100 000

Кольцевые и дуговые структуры предположительно тектонического происхождения по результатам среднемасштабного дешифрирования

- Кольцевые структуры (морфоаномалии)
- кольцевые структуры, отраженные на КС масштаба 1:200 000
- дуговые структуры, отраженные на КС масштаба 1:200 000

Плотность мегатрещин

Участки мегатрещиноватости			
Цвет контура	км.т. усл. ед.	Статистическое распределение	Степень плотности мегатрещин
	< 0,1	$(x - s)$	Низкая
	0,1 - 1,5	$(x - s) - x$	Средняя
	1,7 - 3,2	$x - (x + s)$	Повышенная
	3,3 - 4,8	$(x + s) - (x + 2s)$	Высокая
	4,9 - 6,4	$(2x + s) - (3x + s)$	Очень высокая
	> 6,4	$> (3x + s)$	Чрезвычайно высокая

Элементы геологического строения выделенные по геологическим материалам и отраженные на КС

- Структурно-тектонические депрессии
- Контуры распространения потенциально аномальной тектонической системы

Рис. 2. Карта результатов дешифрирования космоснимков (лист О-40-XVI) [41]

На востоке территория расположена в области значительных дифференцированных поднятий западного склона Среднего Урала, где входит в Западно-Уральский геоблок, Западно-Среднеуральский мегаблок, занимает части Губахинского и Горнозаводского макроблоков. В составе макроблоков выделены несколько мезоблоков и несколько десятков локальных неотектонических блоков. Большая часть территории характеризуется умеренно-активной степенью неотектонической активности. Преобладающие амплитуды новейших поднятий 200-300 м. Однако, отдельные локальные блоки характеризуется высокой и очень высокой степенью неотектонической активности [5], что подтверждается высокой степенью эрозионной расчлененности рельефа и высокой энергией рельефа.

История формирования рельефа

Современный рельеф региона является результатом противоречивого взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Современная орография сложилась на древней тектонической структуре в результате тектонических и денудационных процессов. Ведущими факторами рельефообразования являются тектонические движения, эрозионно-денудационные процессы и литологический состав отложений [3]. Современный рельеф описываемой территории формировался в течение длительного времени, и имеет сложную историю, связанную с историей геологического развития всего Урала. Он характеризуется большой сложностью и разнообразием форм и обусловлен: 1) новейшими тектоническими движениями; 2) унаследованностью более древних структур; 3) литологическим составом рельефообразующих толщ.

Западная часть территории имеет структурно-денудационный равнинный рельеф, восточная часть имеет эрозионный структурно-денудационный рельеф.

Одним из важных вопросов изучения рельефа Урала и Предуралья является проблема его ярусности. Разновозрастные водоразделы группируются в несколько уровней, понижающихся к западу от главного водораздела Урала. Разные исследователи насчитывают 3, 4, 5 и более ярусов рельефа, считая их самостоятельными и разновозрастными; развивавшиеся на антиклинальных и синклинальных структурах, на устойчивых и неустойчивых к денудации породах (Д.В. Борисевич) [44].

Дискуссионным является вопрос о возрасте и природе этих уровней. Принимая предложения о сводовых новейших поднятиях Урала, ряд исследователей (Д.В. Борисевич, В.А. Варсанофьева, А.П. Сигов) придерживаются взглядов о наличии на Урале несколько разновозрастных древних поверхностей выравнивания. Другие же, доказывая блоковый характер новейших движений, предполагают новейшую высотную дифференциацию единой или нескольких поверхностей выравнивания с формированием ряда разновысотных уровней (С.Г. Боч, И.П. Герасимов, Н.В. Введенская и др.). Многие исследователи значительную роль в формировании ярусности рельефа отводят литологическому фактору, устойчивости пород к денудации (Л.В. Григорьев, И.С. Степанов и др.).

Анализ тектонического развития, особенностей осадконакопления, развития трансгрессий и регрессий мезо-кайнозойского этапа тектонического развития Урала и Предуралья позволили выделить две крупные эпохи относительно спокойного тектонического развития, преобладания медленных эпейрогенических движений, захватывающих крупные регионы, преобладания морских трансгрессий и выравнивания рельефа как в горной, так и в предгорной платформенной территории. Первая эпоха продолжалась со среднего триаса по среднюю юру, вторая – с поздней юры до среднего олигоцена [44].

Триас-среднеюрский этап. К началу мезозоя Предуральский прогиб был компенсирован и вместе с восточным склоном платформы представлял платформенную равнину, где проходили процессы денудации и континентального осадконакопления. Сильной денудации подвергся горный Урал, а обломочный материал разносился водными потоками по всему равнинному Предуралью. На исследуемой территории осадки этого цикла не сохранились. В этот этап создались условия для образования наиболее древней регионально развитой раннемезозойской полигенетической поверхности выравнивания, которая формировалась со среднетриасовой по среднеюрскую эпоху на Урале, где известны коры выветривания, перекрытые континентальными отложениями конца триаса, ранней и средней юры.

Позднеюрско-олигоценовый этап. В среднеюрскую эпоху отмечается активизация тектонических движений на Урале и Предуралье. Здесь происходит последовательная смена медленных эпейрогенических волновых поднятий и опусканий, обширные трансгрессии и регрессии мелководных эпиконтинентальных морей на территории Волго-Уральской области. Эти трансгрессии охватывали Урал со всех сторон, захватывая значительные части Предуральского прогиба и подступая временами в область предгорий. На исследуемой территории отложений палеоцена не обнаружено.

Позднемезозойская поверхность денудационного типа формировалась и в Предуралье, но уже поднятия позднего олигоцена вызвали усиление эрозии и здесь сформировались глубокие долины, заполнявшиеся в конце олигоцена и в миоцене продуктами размыва кор выветривания Урала. В конце плиоцена снова создаются условия для формирования поверхности выравнивания, которая развита в равнинном Предуралье на высотах 160-200м. В долинах в это время формировался комплекс плиоцен-четвертичных террас.

В раннем и среднем олигоцене палеотектонические условия значительно не изменились, однако климат сменился от сухого к более влажному. В начале палеогена началось заложение речной сети в очертаниях, близких к современному. На западном склоне Урала в ряде мест на карстующихся карбонатных породах, особенно в западинах и депрессиях, отмечаются остатки кор выветривания олигоценовой и миоценовой эпох. В палеоген-неогеновый этап сформировалась, вероятно, поверхность выравнивания: на терригенных древних отложениях в восточной части района (абсолютные отметки 350-500м).

Миоценовый этап преимущественно климатический с засушливым

климатом, с сезонами ливневых дождей, широко развиты склоновые процессы. С этим этапом связана широко проявившаяся педипленизация.

Позднеолигоцен-четвертичный этап. К позднему олигоцену приурочивается значительный рубеж тектонического развития Урала и Предуралья, намечается крупнейшая структурная дифференциация территории, знаменующая начало нового неотектонического этапа развития. На фоне плавных эпейрогенических волновых движений начинают отчетливо проявляться дифференцированные блоковые движения. На Урале значительно возрастает интенсивность поднятий, превышающих иногда платформенные в несколько раз. Амплитуда неотектонических поднятий Урала оценивается исследователями различно. Одни из них допускают значительные градиенты и амплитуды движений с резкой дифференциацией на границах структурных зон, другие лишь отдельных активных структур, а некоторые признают орогенный характер новейших движений.

В неоген-четвертичный этап развития древние поверхности выравнивания были в определенной степени деформированы и переработаны эрозионно-денудационными процессами, но отдельные поверхности с корами выветривания сохранились на водораздельных вершинах, по которым можно восстановить историю развития района и формирования рельефа.

На границе среднего и позднего олигоцена на Урале произошло, по-видимому, общее сводовое поднятие и активизировались процессы эрозии и денудации. Начался интенсивный размыв мезозойско-палеогеновых кор выветривания, продукты которых сносились реками в Предуралье. В конце олигоцена – начале неогена были выработаны крупные древние долины, преимущественно субмеридионального простирания, которые, видимо, были связаны с зонами новейших дифференцированных подвижек по древним разломам. Эти долины в миоцене были выполнены толщами аллювиально-пролювиальных отложений. На исследованной площади Н.В. Введенская, Г.И. Горецкий и др. отмечают древнюю долину реки Чусовой [5].

В плиоцен-четвертичный этап происходили поднятия, и формировалась поверхность врезания современных долин с комплексом террасовых уровней. Осадочная формация плиоцен-четвертичных эрозионных циклов на площади представлена аллювиальными отложениями четвертичного возраста I, II, III надпойменных террас. В связи с похолоданием климата в плейстоцене значительно активизировались процессы морозного выветривания, солифлюкционного сноса. В результате сформировался покров четвертичных дресвяно-щебнистых буровато-коричневых суглинков, перекрывающих вершины и склоны чехлом мощностью 2-5 м.

В днепровское (вильгортовское) время формируются покровно-ледниковые отложения, связанные с днепровским (вильгортовским) оледенением. Они на исследуемой площади не сохранились. Предполагаемая граница оледенения проходит севернее реки Чусовая.

Описание рельефа

По генетическим признакам рельеф территории подразделяется на денудационный, эрозионно-денудационный, эрозионно-аккумулятивный и аккумулятивный. Основными историко-генетическими категориями рельефа являются поверхности выравнивания, поверхности врезания (склоны) и комплексы речных террас (рис. 3, 4).

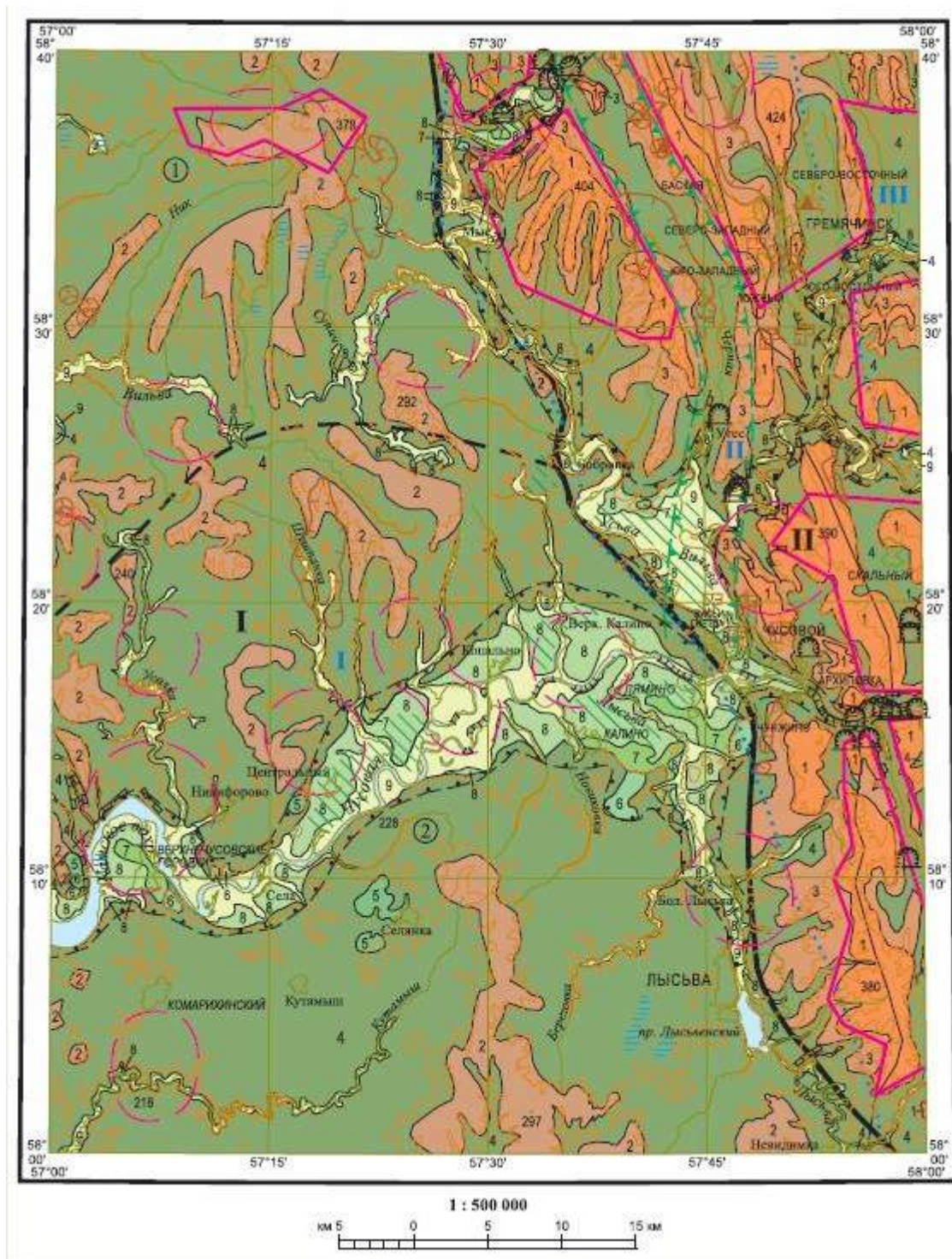


Рис. 3. Геоморфологическая карта листа О-40-XVI[2]

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Рис. 4. Условные обозначения к геоморфологической карте [2]

Олигоцен–миоценовая поверхность выравнивания развита на водоразделах с абсолютными отметками 320–500 м в области остаточных гор западного склона Среднего Урала и пространственно контролируется элювиальными и элювиальными и делювиальными отложениями неоплейстоцена.

Поверхность выравнивания плиоцен–четвертичного возраста отмечается в области денудационной равнины Предуралья на водоразделах с абсолютными отметками 260–320 м и также контролируется элювиальными и нерасчленяемыми элювиальными и делювиальными образованиями неоплейстоцена.

В области остаточных гор западного склона Среднего Урала денудационные уступы и денудационные склоны горных хребтов и возвышенностей, отделяющие олигоцен–миоценовую поверхность от склонов современных речных долин, отнесены к *педиплену олигоцен–четвертичного возраста*. Поверхности склонов сложены элювиальными и делювиальными образованиями, состав которых напрямую зависит от литологии субстрата.

Гипсометрически ниже по склону располагается *эрозионно-денудационная поверхность* врезания долин современных рек, сформированная в *плиоцен–четвертичное время*. На этом этапе происходило формирование современной речной сети и образование склонов от более древних поверхностей к современным рекам. Морфологически эта поверхность характеризуется значительными углами наклонов и покрыта чехлом делювиальных, коллювиальных и делювиальных, делювиальных и солифлюкционных образований, в западной части площади в поле развития плиоцен–четвертичной поверхности закартированы лессовые и элювиальные (фаций погребенных почв) нерасчленяемые отложения.

Плиоцен–четвертичная речная сеть представлена бассейнами рр. Чусовая, Усьва и Вильва. Перестройка речной сети произошла между миоценом и плиоценом. По реке Чусовой выделены кустанайская и аккумуляевская (плиоценовые) эрозионно-аккумулятивные террасы, по Усьве – аккумуляевская. По реке Вильве встречена аккумуляевская терраса, не выражающаяся в масштабе схемы. Высота поверхности террас достигает 15–20 м, до 30 м над урезом воды, мощность неогенового аллювия 1–5 м. Аллювий перекрыт чехлом склоновых делювиальных отложений.

Аккумулятивные поверхности представлены площадками исетской, камышловской и режевской террас, сложенных пойменным и русловым аллювием. На крупных реках хорошо развиты пойменные террасы; наибольшее развитие имеют аккумулятивная и эрозионно-аккумулятивная террасы верхнего неоплейстоцена – режевская и камышловская.

Аллювий исетской эрозионно-аккумулятивной террасы залегает на цоколе, возвышающемся на 10–15 м над урезом воды и создает субгоризонтальные пологонаклонные в сторону русла площадки шириной от десятков до первых сотен метров. Перекрыт средненеоплейстоценовый аллювий современными и верхненеоплейстоценовыми делювиальными отложениями.

Поздненеоплейстоцен–голоценовый пойменный комплекс представлен отложениями камышловской и режевской террас позднего неоплейстоцена и осадками русла, низкой и высокой пойм голоцена. Вторая (камышловская) терраса широко распространена, имеет субгоризонтальную площадку,

отделенную от поймы или первой террасы уступом высотой до 1,5–2 м, реже – 4–5 м. Аллювиальные отложения II надпойменной террасы развиты практически по всем крупным рекам. Мощность аллювия колеблется от 2 до 6–8 м в горной части и от 6–8 до 15 м – в равнинной части. Ширина террасы колеблется от десятков метров у молодых рек до сотен метров на эпигенетических участках крупных водотоков.

Аллювиальные отложения режеской надпойменной террасы развиты в долинах большинства рек района. Общая мощность аллювия режеской террасы 10 м, на равнинной части территории мощность увеличивается до 10–15 м. Отложения режеской террасы зачастую вложены в аллювий второй (камышловской) террасы, слагают днища пойм, постепенно выходя за борта. Площадка террасы отделяется от поймы пологим уступом высотой до 1–1,5 м. Ширина ее обычно составляет первые десятки метров, но у крупных рек, унаследовавших древние долины, ширина первой террасы может достигать 400–500 м (р. Вильва, Чусовая). Цоколь террасы находится на уровне уреза воды, участками поднимаясь и опускаясь на первые метры.

Пойма и первая терраса развиты обычно на обоих берегах рек, редко на одном, имеют горизонтальную или слабо наклонную поверхность и высоту 3–4 м. Так, общая ширина площадок поймы и первой террасы у р. Усьва 200–250 м, а у р. Чусовая превышает 1,5 км; часто они заболочены. У мелких рек поверхности поймы и первой террасы высотой 0,5–1,0 м. Аллювиальные отложения мощностью от 5,5 до 10–12 м. Пойменные террасы развиты в долинах всех рек и речек района. Они являются аккумулятивными на всем протяжении долин, отчетливо прослеживаясь на намывных берегах и отсутствуя в местах, где интенсивно развиты эрозионные процессы. Высота поймы над урезом реки изменяется от 0,5 до 2,5 м, а ширина от 20 до 800 м.

В аллювиальных отложениях на закарстованном плотике встречаются повышенные концентрации россыпных алмазов и шлиховые потоки золота.

Эрозионно-структурные депрессии

Наиболее крупными формами рельефа являются эрозионно-структурные депрессии. На площади выделяется *Всеволодо-Вильвенская эрозионно-структурная депрессия* предположительно мезозойского возраста [43], приуроченная к области остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала и расположенная в поле развития терригенных и карбонатных пород палеозоя. Депрессия вытянута параллельно основным Уральским структурам и приурочена к восточной границе Всеволодо-Вильвенской аллохтонной структуры и западной границе Луньевско-Чусовской складчато-надвиговой структуры. Ширина депрессии от 3 до 5 км. Днище депрессии имеет отметки 260–280 м на юге.

В пределах Всеволодо-Вильвенской эрозионно-структурной депрессии и восточнее ее выделены фрагментами эрозионно-карстовые депрессии неогенового возраста шириной до 3,5 км и длиной до 10 км. В них развиты отложения каракольской серии (N1–2kr), вещественный состав которых

представлен глиной коричневой, желто-коричневой, темно-серой; песчаной, с гравием, дресвой и щебнем, слабоокатанными обломками кремней, карбонатов, песчаников. Мощность этих отложений 8–24 м (скв. № 3) [2].

Формы рельефа

Денудационные формы рельефа развиты почти на всех водоразделах. Они возникли в результате денудационных процессов и отчетливо отображают особенности геологического строения. Денудационные формы рельефа представлены структурно-денудационными уступами, развитыми в области остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала. Уступы четко выражены в рельефе, имеют высоту до 8–10 м, простираются параллельно склону.

Ступенчатые склоны водоразделов встречаются на р. Усьва. Ширина ступеней колеблется от 10 до 150 м. Поверхность их обычно наклонена от 8 до 20° в сторону падения склонов.

В этой группе выделяются формы рельефа, создаваемые определенными экзогенными процессами. Сюда относятся каменные развалы, встречающиеся на крутых склонах в восточной части площади вблизи водораздела. При увлажнении горных пород под влиянием действия силы тяжести проявляются водно-склоновые процессы.

К *эрозионным формам рельефа* следует отнести эрозионные уступы в долинах крупных рек: Чусовой, Вильвы, Вижая, Усьвы. Высота уступов до 5–10 м.

Аккумулятивные и эрозионно-аккумулятивные формы включают в себя аллювиальные отложения. К первым относятся русло, пойма и первая (режевская) терраса.

К эрозионно-аккумулятивным формам рельефа относятся вторая (камышловская), третья (исетская), пятая (аккулаевская) и шестая (кустанайская) надпойменные террасы. Представлены они в большинстве случаев галечниками с примесью гравийно-песчаного материала, песками и глинами.

Карстовые формы рельефа имеют очень широкое распространение в изученном районе. К ним относятся воронки, суходолы, пещеры, поля.

Самой распространенной формой карста являются воронки в широкой полосе развития карбонатных пород, в зоне тектонических нарушений и трещиноватости. Размеры воронок весьма различны: от 1–5 м в поперечнике до 5–25 м и глубиной обычно 5–10 м и реже до 25 м и более.

На рассматриваемой территории имеются и закрытые формы карста. Примером могут служить ряд рек и ручьев Чусовского района: это Столбовка, Вижай и др., которые исчезают в карстующиеся пустоты и вновь появляются в русле, немного ниже места исчезновения [26].

Поноры и воклюзы встречаются в основном по берегам рек Усьвы, Вильвы и в сухих руслах и долинах. Они не глубже 2–3 м при поперечнике 10–20 см. Поноры типичны для зоны вертикальной циркуляции карстовых вод.

Воклюзы – карстовые источники, часто приурочены к карстовым воронкам или к карстующимся массивам. Такие источники установлены в г. Чусовой и др. местах.

Пещеры образуются под действием подземных вод в результате расширения трещин в карстующихся породах и вдоль плоскостей напластования, поэтому расположение их и форма определяются трещиноватостью и условиями залегания пород. Большинство пещер встречаются по берегам крупных рек: Чусовой, Усьвы, Вильвы. Длина некоторых более 100 м. Это пещеры Голубое Озеро на р. Чусовой (240 м), Глухая Ледяная (123 м), Большая Опокинская на реке Вильва (188 м).

Из *тектонических форм рельефа* следует отметить тектонически предопределенные седловины, которые выделяются на участках речных перехватов, в местах неотектонических поднятий и тектонические уступы, обусловленные крупными разломами.

Своеобразную генетическую группу, присущую только четвертичному периоду, представляют *техногенные формы рельефа*. В результате так называемой антропогенной денудации, связанной с перемещением масс горных пород, создаются отрицательные формы рельефа – карьеры, траншеи, провалы, просадки и т.д. Вследствие антропогенной аккумуляции возникают положительные формы рельефа и антропогенные отложения – терриконы, дамбы, отвалы пород, отвалы вдоль трасс, нефте- и газопроводов и т.п. Все это приводит к изменению облика земной поверхности, образуются террасированные углубления, плоские воронки (результат просадок) и др., изменяются ранее существующие формы рельефа, создается специфический техногенный ландшафт.

Данные формы рельефа и виды ландшафта отображаются на геоэкологических и инженерно-геологических картах.

В целом, геоморфологический фактор является одним из ведущих при формировании *геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий* [7-10, 18, 21-23, 27-30].

Связь геоморфологических факторов с полезными ископаемыми

Важное значение имеет установление связи геоморфологических факторов с образованием и концентрацией полезных ископаемых алмазов и золота в мезозойских и четвертичных отложениях. История развития россыпей территории листа тесно связана с историей развития рельефа. В мезозое в результате тектонических движений и денудации продуктивные кимберлиты и лампроиты, грубозернистые песчаники такатинской свиты, которые предположительно являются вторичным коллектором алмазов, были выведены на дневную поверхность, где произошло их разрушение с последующим образованием кор выветривания, высвобождением алмазов и переотложением их в карстовые понижения в пределах позднемезозойской эрозионно-структурной депрессии. В позднем олигоцене процесс корообразования продолжился, произошла трансформация ранее существующих россыпей в

олигоценый аллювий, а также образование новых россыпей за счет перемыыва ранее сформировавшихся кор выветривания. В неогенное время вследствие положительных эпейрогенических движений произошла педипленизация рельефа с образованием крутых склонов и формированием делювиальных и пролювиальных отложений каракольской серии, заполнивших карстовые понижения и явившихся промежуточным коллектором алмазов. В это же время неогеновые долины являлись наиболее пониженными зонами и служили местом скопления обломочного материала, в т. ч. и продуктов разрушения вторичного коллектора алмазов и коренных золотосодержащих пород. С этой позиции определенные перспективы можно связывать с долинами рр. Усьва, Чусовая, Вижай, Вильва. В период от конца среднего плейстоцена до голоцена произошло естественное обогащение алмазоносных россыпей за счет размыва олигоценых и раннечетвертичных долин и переотложения алмазоносных отложений в верхнеплейстоценовый и современный аллювий [19, 24, 40].

Корообразование происходило в пределах мелких водораздельных пространств внутри депрессий, способствовало высвобождению золота из коренных пород. Гидросеть, развивающаяся в голоценовое время, служила местом скопления обломочного материала, в т.ч. алмазов и золота, образуя их современные россыпи [2, 38].

Библиографический список

1. Бабак В.И., Николаев Н.И. и др. Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечернозёмной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000. М.: ГУГК, 1984.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Лист О-40-ХVI (Лысьва). Объяснительная записка / Под ред. Б.К. Ушкова. Научный редактор В.Р.Вербицкий. Составители: Г.П. Снитко и др. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», Минприроды России, Управление по недропользованию по Пермскому краю, ОАО «Геокарта-Пермь». 2017. 150 с.
3. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. Геодинамические и геохимические ландшафты: систематизация, районирование, аномалии // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2019. № 22. С. 345-352.
6. Копылов И.С. Геоморфология Среднего Урала (лист О-40-Х) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 262-280.
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Гидрогеологическая карта и подземные воды Кизеловского угольного бассейна // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 92-101.
9. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
10. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья //

Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.

11. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. №. 4.

12. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича*. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С.196-198.

13. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. 2020. С. 148-158.

14. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические нефтегазопроисследовательские исследования на Ново-Губахинском лицензионном участке // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2021. С. 224-252.

15. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.

16. Копылов И.С. Линеаментно-блоковый анализ, блоковое строение и карта неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья и Урала // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2022. С. 11-29.

17. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.

18. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2012. №. 2 (15). С. 16-34.

19. Копылов И.С. Методология аэрокосмогеологических и структурно-геоморфологических исследований при поисках алмазов и ее применение на Среднем Урале // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 41-65.

20. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.

21. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.

22. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. №. 1. С. 26-37.

23. Копылов И.С. Подземные воды западного склона среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 6-3. С. 460-464.

24. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазности // В сборнике: *Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания*. Пермь, 2015. С. 109-110.

25. Копылов И.С. Проведение аэрокосмогеологических исследований для выявления геодинамических активных зон территории трасс магистральных газопроводов ООО «Газпром Трансгаз Чайковский» (Соликамск - Кизел - Усьва) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2021. С. 316-326.

26. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.

27. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.

28. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 38-47.

29. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 3 (24). С. 30-47

30. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания

- микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.
31. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 92-110.
32. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1.
33. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 113-122.
34. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ. «Геоинформатика». 2013. № 2. С. 20-23.
35. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибраимов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 102-112.
36. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.
37. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201
38. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
39. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
40. Копылов И.С., Суслов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россыпей // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 111-112.
41. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.
42. Лунев Б.С. Неотектонические движения Среднего Прикамья // Геоморфология и новейшая тектоника Волго-Уральской области и Южного Урала. Тр. Уфимского совещания по геоморфологии и неотектонике Волго-Уральской области и Южного Урала. Уфа: БФ АН СССР, 1960. С.193-198.
43. Объяснительная записка к геоморфологической карте Урала / Под ред. А.П. Сигова и В.С. А.П., Шуба. Свердловск: Уралгеология, 1981. 232 с.
44. Сигов А.П. Геоморфология Урала // В книге: Геология СССР. Т.ХII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч.I. Геологическое описание. Книга 2. М., Недра. С. 252-279.
45. Сигов А.П., Шуб В.С. и др. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых. Саратов, 1968.
46. Спирин Л.Н., Шмыров В.А. Основные черты голоценовой тектоники и палеогеографии Пермского Приуралья // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 1984. С. 107-113.
47. Шимановский Л. А. Геоморфологическое районирование Пермской области // В сборнике: Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь, 1985. С. 55–56.
48. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2012. 91с.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СРЕДНЕГО УРАЛА (ЛИСТ О-40-XVI)

Приводится гидрогеологический анализ территории листа О-40-XVI, расположенного на Среднем Урале в восточной части Пермского края. Приведено гидрогеологическое районирование. Дана характеристика водоносных комплексов, горизонтов и месторождений подземных вод. Основные перспективы водоснабжения населенных пунктов связаны с подземными водными объектами в карбонатных комплексах и бассейнах карстовых вод, а также в пределах водообильных зон, приуроченных к зонам повышенной тектонической трещиноватости и разломам.

Ключевые слова: гидрогеология, подземные воды, комплексы, горизонты, месторождения, водообильные зоны, водоснабжение, Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

HYDROGEOLOGY OF THE MIDDLE URALS (SHEET O-40- XVI)

The article presents a hydrogeological analysis of the territory of the sheet O-40-XVI, located in the Middle Urals in the eastern part of the Perm Territory. Hydrogeological zoning is provided. The characteristics of aquifers, horizons and deposits of groundwater are given. The main prospects for water supply of settlements are associated with underground water bodies in carbonate complexes and karst water basins, as well as within water-rich zones confined to zones of increased tectonic fracturing and faults.

Keywords: hydrogeology, groundwater, complexes, horizons, deposits, water-rich zones, water supply, the Urals.

Введение

Территория Среднего Западного Урала характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными многими факторами формирования подземных вод, в первую очередь – тектонического и неотектонического, карстового и литологического. Существует проблема дефицита пресных подземных вод для обеспечения централизованного водоснабжения населенных пунктов. Широкомасштабное загрязнение подземных вод, связанное индустриальным развитием, разработкой месторождений полезных ископаемых и другим техногенезом создает серьезную экологическую проблему для региона [1, 6, 9, 26, 28, 31].

Для рассматриваемой территории существует недостаток современной гидрогеологической информации, особенно работ обобщающего характера, обеспечивающих создание гидрогеологической основы для поисков и разведки месторождений подземных вод.

Проведен гидрогеологический анализ территории листа О-40-XVI,

расположенного на Среднем Урале в восточной части Пермского края, на основе ГДП-200 листов О-40-Х (Кизел) и О-40-ХVI (Лысьва), проведенных в 2006–2009 гг. [2] в которых автор был ответственным исполнителем по разделу «Гидрогеология» и составлению гидрогеологической карты.

Гидрогеологическая изученность

Первая Государственная гидрогеологическая карта СССР листа О-40-ХVI масштаба 1:200 000 составлена в 1966 г. Е.А. Иконниковым [3]. В данной работе охарактеризованы водоносные комплексы и горизонты, намечены предполагаемые водообильные зоны.

В связи с имеющимися на площади месторождениями нефти проводились тематические работы по изучению гидрогеологических и гидрохимических критериев для выяснения закономерностей наводнения нефтеносных пластов и влияния эксплуатации нефтяных залежей на гидрогеологические условия нефтяных месторождений (Шимановский Л.А., 1977ф; Михайлов Г.К., 1980ф) [33].

Из обобщающих региональных гидрогеологических работ можно выделить работы: Е.А. Иконникова и др., 1995ф; И.С. Копылова и др., 2002ф [4, 6, 24].

В 2003 г. Копыловым И.С. разработана серийная гидрогеологическая легенда Пермской серии листов масштаба 1:500 000, прошедшая экспертизу в ВСЕГИНГЕО [25]. Проведено структурно-гидрогеологическое районирование и гидрогеологическая стратификация всего разреза отложений западного Предуралья и Урала в рамках листов Пермской серии. Сделана характеристика основных гидрогеологических подразделений, техногенных объектов, влияющих на состояние подземных вод.

В 2009 г. в рамках проведения ГДП-200 листов О-40-Х (Кизел) и О-40-ХVI (Лысьва), проведенных в 2006–2009 гг., составлена гидрогеологическая карта листа О-40-ХVI масштаба 1:200 000 (в отчете представлена карта масштаба 1:500 000) [2].

Гидрогеологическое районирование и общие условия

Территория листа О-40-ХVI по гидрогеологическому районированию находится на стыке и в пределах двух гидрогеологических регионов – Восточно-Европейского и Таймыро-Уральского [1]. Западная часть территории является частью Предуральского сложного бассейна (провинции) пластовых (блоково-пластовых) вод, где выделяется **Северо-Предуральский бассейн (область) (I)** с двумя районами: *Камско-Чусовским (I-1)* и *Уфимско-Чусовским (I-2)*. В северной части листа в Камско-Чусовском районе выделяется подрайон Восточно-Соликамский (I-1-А), а в южной части листа в районе Уфимско-Чусовском выделяются два подрайона: Западно-Чусовской (I-2-А) и Восточно-Чусовской (I-2-Б). Восточная часть листа является частью Большеуральского сложного бассейна (провинции) корово-блоковых (пластово-блоковых и пластовых) вод, большую часть которого занимает **Западно-Уральский**

бассейн (область) (II), меньшую часть на востоке – Уральский бассейн (область) (III). В Западно-Уральский бассейн (область) входит *Кизеловско-Дружининский район (II-1)*, а в Уральский бассейн (область) входит *Средне-Уральский район (III-1)* [2, 6, 30].

Рассматриваемая территория характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными многими факторами формирования подземных вод, в первую очередь – тектонического и неотектонического, карстового и литологического. По гидрогеологическим условиям западная часть площади резко отличается от восточной.

Территория, в пределах Предуральского бассейна, характеризуется слабо расчлененным рельефом и почти горизонтально залегающими слоями горных пород. Пластовые воды находятся в гидрогеологически закрытом артезианском бассейне, обладают большим гидростатическим напором, значительным метаморфизмом и высокой минерализацией. Водоносные горизонты и комплексы приурочены в основном к пермским отложениям. Основная часть водных ресурсов локализуется здесь в зонах интенсивной трещиноватости, связанных с соляной тектоникой и неотектоникой.

Территория, в пределах Большеуральского бассейна имеет расчлененный рельеф, характеризуется широко развитой пликтивной и дизъюнктивной тектоникой с проявлением меридионально вытянутых зон трещиноватости и закарстованности. Эти факторы способствуют образованию водообильных зон. Пластовые воды здесь залегают в небольших по площади обособленных бассейнах поверхностного дренирования. Часто подземные воды локализуются в линейно вытянутых трещиноватых закарстованных зонах, приуроченных к ослабленным участкам, омоложенным неотектоническими подвижками [11, 14, 29].

Геодинамические (неотектонические) активные зоны играют ведущую роль в формировании водообильных зон [5, 8, 12, 32, 34], а литогеохимические аномалии обуславливают формирование гидрогеохимических аномалий [10, 13, 16, 21-23].

Гидрогеологическое строение, водоносные комплексы и горизонты

В зависимости от вещественного состава водовмещающих пород, их возрастной принадлежности, степени дислоцированности, метаморфизма и трещиноватости [1, 6, 27], химического состава вод на территории выделяется 13 гидрогеологических подразделений. Распространение их показано на гидрогеологической карте (рис. 1, 2), характеристика приводится по материалам гидрогеологического картирования [2, 7, 15, 17, 24, 25]. При этом некоторые водоносные комплексы и горизонты в складчатых структурах, показаны объединенными, виду сложного строения и малой ширины выхода. Ниже приводится краткое описание в стратиграфической последовательности сверху вниз.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

aQ_{IV}	Четвертичный аллювиальный водоносный горизонт
$P_1 s/l$	Соликамский водоносный горизонт
	Кунгурский водоносный комплекс
$P_1 k \pm$	Кошелевский водоносный горизонт
P_1 /k	Лекский водоносный горизонт
	Ассельско-артинский водоносный комплекс
$P_1 a \pm$	Артинский водоносный горизонт
$P_1 a + s$	Ассельско-самарский водоносный горизонт
$C_1 v \cdot P_1 a \pm$	Визейско-артинский водоносный комплекс
$C_1 z u$	Западноуральский спорадически обводненный водоупорный комплекс
$D_3 f \cdot C_1 t$	Франско-турнейский водоносный комплекс
D_{1+2}	Нижне-среднедевонский водоносный комплекс
V_2	Верхневендский водоносный горизонт

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Бассейны подземного стока (ВСЕГИНГЕО, 1990, 1998)

Восточно-Европейская система бассейнов	
Предуральский сложный бассейн	
I	Северо-Предуральский бассейн (область)
I-1	Камско-Чусовская группа бассейнов (район)
I-1-A	Восточно-Соликамский бассейн (подрайон)
I-2	Уфимско-Чусовская группа бассейнов (район)
I-2-A	Западно-Чусовской бассейн (подрайон)
I-2-B	Восточно-Чусовской бассейн (подрайон)
Таймыро-Уральская система бассейнов	
Большеуральский сложный бассейн	
II	Западно-Уральский бассейн (область)
II-1	Кизеловско-Дружининский бассейн (район)
III	Уральский бассейн (область)
III-1	Средне-Уральский бассейн (район)

ГРАНИЦЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

- области
- - - районов
- подрайонов

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

водопроявления

Естественные проявления. Родники.

Нисходящий
обозначения: цифра слева - дебит, л/с;
справа - минерализация воды, г/дм³

Восходящий
обозначения: цифра слева - дебит, л/с;
справа - минерализация воды, г/дм³

Искусственные водопроявления

Скважина: сверху - возраст водоносного горизонта или комплекса, слева в числителе дебит, л/с; в знаменателе - понижение, м; справа в числителе - глубина установившегося уровня, м; в знаменателе минерализация, г/дм³

Химический состав водопунктов

-  гидрокарбонатный (Ca, Mg, Na)
-  сульфатный (Na, Ca, Mg)

Преобладающая минерализация подземных вод по площади (г/л)

до 0,1 0,1-0,5 0,5-1,0

 600 Изолинии глубины залегания кровли рассолов (более 50 г/дм³)

Месторождения подземных вод промышленные

Минеральные

- 1  средние 4  малые
- 8  Пресные (малые) 2  Действующие водозаборы с подсчитанными запасами питьевых вод

Примечание: 8 - номер на КПИ

Рис. 2. Условные обозначения к гидрогеологической карте [2, 6]

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (аQ_{IV})

Основное развитие горизонт имеет по долинам крупных рек, таких как Чусовая и Усьва.

В пределах Предуралья бассейна, в области развития пологозалегающих терригенных образований перми, реки имеют широкие долины, достигающие 1,5–2,0 км, и мощность аллювия до 25 м (р. Чусовая в районе пос. Калино, Верхнечусовские Городки). В пределах Большеуральского бассейна реки носят горный характер, имеют каньонообразные и ящикообразные речные долины с незначительным развитием аллювиальных образований.

Подземные воды, приуроченные к аллювиальным образованиям, обычно безнапорные грунтовые. Уровенная поверхность грунтовых вод аллювия поймы и первой надпойменной террасы едина и тесно связана с уровнем воды в реках, который и является их регулятором. Грунтовые воды аллювиальных отложений обычно гидравлически связаны с подстилающими их коренными породами, т. е. не имеют постоянно выдержанного водоупора. Глубина залегания грунтовых вод аллювия изменяется от 0,15 до 8,3 м. Малые значения глубин характерны для низких террас, а большие – для более высоких.

Подземные воды, приуроченные к аллювиальным образованиям, обычно безнапорные, грунтовые. Уровенная поверхность грунтовых вод аллювия поймы и первой надпойменной террасы едина и тесно связана с уровнем воды в реках, который и является их регулятором. Грунтовые воды аллювиальных отложений обычно гидравлически связаны с подстилающими их коренными породами, т.е. не имеют постоянно выдержанного водоупора. Глубина залегания грунтовых вод аллювия изменяется от 0,15 м до 8,3 м. Малые значения глубин характерны для низких террас, а большие – для более высоких.

Водообильность аллювиального горизонта весьма изменчива. По скважинам и колодцам дебит изменяется от 0,35 до 21 л/с. Дебит редких родников весьма незначителен и изменяется от 0,01 до 0,5 л/с.

В химическом составе подземных вод аллювиального горизонта преимущественным развитием пользуются гидрокарбонатно-кальциевые воды, но встречаются и смешанные гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные воды, появление которых обусловлено, во-первых, влиянием минерализованных вод нижележащих горизонтов и, во-вторых, загрязнением хозяйственно-бытовыми отходами и промышленными стоками. Минерализация грунтовых вод аллювия изменяется от 0,4 до 0,49 г/дм³. Общая жесткость колеблется от 0,76 до 11,23 мг-экв. Реакция подземных вод горизонта нейтральная (рН=6,0–7,5).

Естественные ресурсы водоносного горизонта аллювиальных отложений в целом по рассматриваемому району незначительные. Аллювиальный водоносный горизонт широко используется для водоснабжения небольших деревень и сел, расположенных вдоль крупных рек.

Водоносный четвертичный элювиально-делювиальный горизонт (edQ_{III-IV})

Элювиально-делювиальные отложения распространены повсеместно, покрывая палеозойский и протерозойский субстрат, но ввиду обычно незначительной и изменчивой мощности, различного геоморфологического положения и механического состава содержат в себе переменное количество воды в виде верховодки. На водоразделах часто безводны. Водоносными являются супеси, пески, суглинки и глыбово-щебнистый материал, залегающие на глинах или коренных породах. Химический состав этих вод отличается пестротой и ультрапресной минерализацией. На гидрогеологической карте данный водоносный горизонт не показывается, ввиду его малой мощности, редко превышающей 3-5 м, или незначительной площади распространения. Практического значения эти воды почти не имеют за исключением водоснабжения редких деревень. Из-за неглубокого залегания воды легко загрязняются.

Водоносный соликамский горизонт (P_{1sl})

Приурочен к соликамскому горизонту уфимского яруса нижней перми. Выходит на поверхность в виде полосы меридионального простиранья шириной до 30 км в Предуральском бассейне. По литологическому составу соликамская толща крайне неоднородная и представляет собой переслаивание водопроницаемых и водоупорных вод неvyдержанных как по разрезу, так и по площади. Это обуславливает развитие взаимосвязанных водоносных слоев и линз, образующих единый водоносный горизонт с единой гидравлической поверхностью. Водонесущими породами являются мергели, песчаники, реже алевролиты. Характерной особенностью соликамских отложений является загипсованность и незначительная засоленность в нижней части разреза.

В верхней части соликамского горизонта мощностью от 0 до 100 м залегают трещинно-грунтовые безнапорные воды, закономерно увеличиваясь в мощности от речных долин и оврагов к водораздельным пространствам. Глубина залегания трещинно-грунтовых вод изменяется от 0 до 21,6 м. При погружении соликамского горизонта под шешминские отложения подземные воды приобретают трещинно-пластовый характер и обладают довольно значительным напором. Они залегают на глубинах от 32 до 77,1 м. Дебиты родников варьируют от 0,05 до 130 л/с с преимущественным значением дебитов от 0,1 до 3,0 л/с. Дебиты скважин изменяются от 1,0 до 25,0 л/с.

Химический состав подземных вод соликамского горизонта отличается большим разнообразием и находится в зависимости от геолого-структурных и гидродинамических условий. Преимущественное развитие получили гидрокарбонатно-кальциевые, гидрокарбонатно-кальциево-магниевые и гидрокарбонатно-кальциево-натриевые воды с общей минерализацией от 0,1 до 0,5 г/л, характеризующие зону активного водообмена. Значительно реже встречаются смешанные гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые и сульфатно-кальциевые, сульфатно-натриевые воды с общей минерализацией до 3,5 г/л. Сульфатные и хлоридные

воды повышенной минерализации появляются на участках развития локальных поднятий за счет подтока по зонам трещиноватости из нижележащих отложений. С глубиной, в зоне затрудненного водообмена, гидрокарбонатные воды постепенно замещаются сульфатными, и общая минерализация их возрастает. Общая жесткость воды увеличивается с увеличением минерализации. Гидрокарбонатно-кальциевые воды обычно умеренно жесткие, реже мягкие. Общая жесткость их изменяется от 1,54 мг-экв до 5,28 мг-экв. Сульфатно-кальциевые и сульфатно-натриевые воды жесткие и очень жесткие (6,72-51,47 мг-экв). Хлоридно-натриевые воды всегда очень жесткие (21,99-52,12 мг-экв). Реакция вод нейтральная (pH=6,6-7,6). Среди вредных элементов обнаружены медь, цинк, фтор, бор, йод, бром.

Ресурсы подземных вод соликамского горизонта распределяются неравномерно, что зависит от геотектонических, геоморфологических и гидрогеологических особенностей. Так, на изолированных участках распространения соликамской свиты среди кунгурских отложений в северо-западной части территории на довольно значительных площадях, приуроченных к верховьям р. Вильва, отмечаются участки безводных соликамских отложений. В целом ресурсы водоносного горизонта оцениваются достаточно высоко, составляют 6 869 л/с, могут удовлетворить потребности в питьевой воде крупных населенных пунктов. Современное использование подземных вод горизонта ограничивается отдельными водозаборными скважинами, колодцами и родниками.

Водоносный кунгурский комплекс (P_1k)

Представлен двумя водоносными горизонтами в терригенных отложениях кунгурского яруса: *кошелевским* – P_1k_3 и *лекским* – P_1lk . Развита на поверхности по восточному борту Предуралья прогиба. В западном направлении он погружается под соликамские отложения с глубиной залегания кровли до 150–164 м. Литологическая пестрота и невыдержанность водовмещающих пород, фациальное замещение преимущественно песчаниковой кошелевской свиты на западе глинисто-мергельными породами поповской свиты с одновременным погружением толщи приводит к закономерным изменениям гидрогеологических условий в западном направлении.

В верхней трещиноватой зоне, выше эрозионного вреза развиты безнапорные трещинно-грунтовые воды, питающие многочисленные нисходящие родники. Глубина залегания трещинно-грунтовых вод в долинах рек 1,84–12,0 м, а на водоразделах и склонах от 16 до 50 м.

Ниже дренирующей сети залегают напорные трещинно-пластовые воды. Нередко напорные воды питают восходящие источники. Глубина залегания напорных вод колеблется в пределах 6–121 м. Для кунгурского водоносного комплекса характерно постепенное увеличение напора подземных вод по мере вскрытия все более глубоких водоносных слоев.

Водообильность кунгурских терригенных отложений довольно неравномерна. Фактически дебиты родников изменяются от 0,01 до 65,0 л/с. Дебиты скважин изменяются от 1,1 до 83,3 л/с. Наиболее высокая

водообильность отмечается для пород кошелевской свиты, развитой на востоке. Водообильные зоны отмечаются на площади Косьвинско-Чусовской седловины в бассейнах рр. Супич, Полуденка, Куб, Степковка, Брусун, Березовка с дебитами родников до 60,0 л/с; в районе дер. Каменный Лог с дебитами скважин от 20 до 102,7 л/с.

По химическому составу подземные воды кунгурского комплекса весьма разнообразны и находятся под влиянием метеорологических факторов, литологических особенностей водовмещающих пород, геоморфологического и геоструктурного положения. В зоне активного водообмена преобладающее развитие получили пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды с общей минерализацией 0,1–0,54 г/л. Редко встречаются гидрокарбонатно-натриевые воды с общей минерализацией 0,11–0,68 г/л. Относительно часто встречаются сульфатно-натриевые, сульфатно-кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые (натриевые) воды, появление которых обусловлено за счет выщелачивания гипса, залегающего в виде прослоев и линз. Минерализация сульфатных вод изменяется от 0,37 до 4,1 г/дм³. Общая жесткость гидрокарбонатно-кальциевых вод колеблется от 2,21 до 6,34 мг-экв. По степени жесткости это мягкие и умеренно жесткие воды. Сульфатные и хлоридные воды по степени жесткости (11,1–100,1 мг-экв) относятся к категории очень жестких. Среди вредных элементов обнаружена медь в количестве 0,006–0,013 мг/л. Содержание бора достигает 30,0 мг/л, йода – 3,39 мг/л, брома – 0,5–23,97 мг/л, фтора – 0,02–0,07 мг/л.

Ресурсы подземных вод кунгурского водоносного комплекса в целом по площади, вне водообильных зон, невелики. За счет их можно удовлетворить потребности до 3–5 л/с. Несравненно большими возможностями обладают водообильные зоны. Подземные воды кунгурского водоносного комплекса широко используются для водоснабжения городов, поселков, деревень.

Водоносный ассельско-артинский комплекс (P₁ a-ar)

Приурочен к терригенным толщам ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижней перми. На рассматриваемой территории включает два водоносных горизонта: *артинский* (P₁ar) и *ассельско-сакмарский* (P₁a+s).

Данный комплекс выходит на поверхность в передовых складках Западного Урала вдоль восточного борта Предуральского краевого прогиба. Комплекс сложен ритмично построенной флишеидной терригенной толщей, погружающейся на запад под более молодые отложения. В пределах Предуральского прогиба он является краевым склоном артезианского бассейна, находясь полностью в зоне затрудненного водообмена. Водоносными породами являются песчаники, конгломераты, алевролиты и в меньшей степени известняки, разделенные невыдержанными водоупорными прослоями и пачками аргиллитов, образующие сложную систему водоносных слоев. Глубина залегания трещинно-грунтовых подземных вод колеблется от 0,7 до 84 м. Преобладающий тип родников нисходящий. Водообильность комплекса обусловлена литологическим составом, трещиноватостью, наличием разрывных нарушений и условиями залегания. Дебиты родников колеблются от 0,05 до

60,0 л/с. Дебиты скважин изменяются от 0,91 до 42,0 л/с. Удельные дебиты скважин от 0,03 до 5,96 л/с.

В химическом составе верхней гидродинамической зоны трещинно-грунтовых вод преимущественное развитие имеют пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды с общей минерализацией 0,09–0,48 г/дм³. Смешанные гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые и сульфатно-кальциевые, сульфатно-натриевые воды встречаются исключительно редко. Минерализация этих вод колеблется от 0,29 до 3,04 г/дм³. В зоне затрудненного водообмена развиты соленые сульфатные и хлоридные воды. Общая жесткость гидрокарбонатно-кальциевых вод колеблется от 1,06 до 5,23 мг-экв. Жесткость сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевых и сульфатно-кальциевых вод составляет 4,2–9,31 мг-экв. Реакция воды обычно нейтральная (рН=6,6–7,6). Из «вредных» компонентов обнаружена медь в количестве 0,00088–0,00999 мг/л, следы цинка, фтор – 0,05–0,12 мг/л.

Ресурсы подземных вод ассельско–артинского водоносного комплекса в целом невелики и распределены неравномерно. В большинстве случаев этот комплекс может служить источником водоснабжения мелких населенных пунктов. Несколько больший интерес для организации водоснабжения имеют участки, тяготеющие к зонам дизъюнктивных нарушений, где одиночными скважинами можно каптировать до 15–20 л/с пригодных для питья вод. В настоящее время подземные воды комплекса служат для водоснабжения небольших деревень отдельными скважинами, родниками и колодцами.

Водоносный визейско-артинский комплекс (C_1v-P_1ar)

В комплекс объединены карбонатно-терригенные образования от артинского яруса нижней перми до ладейнинской толщи верхневизейского подъяруса. Распространенны в восточной части территории в пределах Западно-Уральского бассейна (отложения артинского яруса распространены на смежной площади). На рассматриваемой территории данный комплекс объединяет среднекаменноугольно–нижнепермский карбонатный водоносный горизонт и визейско–башкирский водоносный терригенный горизонт. Ввиду их сложного строения и малой ширины выхода в складчатых структурах на гидрогеологической схеме масштаба 1 : 500 000 они показаны как один комплекс. Описание горизонтов в тексте приводится отдельно.

Водоносный среднекаменноугольно-нижнепермский комплекс ($C_{2-3}-P_1$)

Данный комплекс объединяет карбонатные отложения от нижней перми, подстилающей урминскую серию, до московского яруса среднего карбона включительно. Глинисто-карбонатная толща нижнемосковского возраста является общерайонным нижним водоупором комплекса. Этот водоносный горизонт распространен в виде прерывающейся полосы субмеридионального простирания в Западно-Уральском бассейне. Водовмещающие породы представлены в верхней части кремнистыми, в нижней – доломитизированными известняками и доломитами. Породы комплекса подвержены карстованию. Линейный коэффициент закарстованности вблизи поверхности достигает 4,7–6,5 %. С глубиной закарстованность уменьшается, и

ниже уровня рек коэффициент закарстованности составляет всего 0,03 %. Линейная локализация интенсивной трещиноватости и связанной с ней закарстованности обуславливает линейную водообильность в тектонических нарушениях и сводах антиклинальных структур. Уровень подземных вод горизонта на водоразделах и склонах свободный, а в долинах основных дрен нередко имеет напор до 10–20 м. Глубина залегания уровня трещинно-карстовых вод фиксируется от 2,7 до 129,0 м от поверхности земли. Мощность зоны современной активной циркуляции в комплексе достигает 500–600 м. Водообильность на абсолютных отметках –300–(–350) м и становится практически ничтожной.

В целом водообильность горизонта изменяется в широких пределах. Дебит родников варьирует в пределах от 0,1 до 16,9 л/с, при удельных дебитах до 2,7 л/с. Наиболее высокая водообильность горизонта характерна для зоны контакта с артинскими терригенными отложениями. В целом по площади на общем фоне выделяются участки повышенной водообильности. Распределение таких зон в плане носит прерывистый характер. Ориентировка водообильных зон преимущественно меридиональная, совпадающая с направлением разрывных нарушений и складчатых структур. В стороне от таких зон блоки пород почти монолитны, слабо трещиноваты и водообильность горизонта на таких участках незначительна. Повышенная водоносность горизонта имеет место вдоль крупных тектонических нарушений, но масштабы ее невелики, а обводненность их спорадическая.

По химическому составу подземные воды среднекаменноугольно-нижнепермского горизонта гидрокарбонатно-кальциевые с общей минерализацией от 0,08 до 0,4 г/дм³. Среди катионов второе место занимает магний, реже натрий. Общая жесткость подземных вод изменяется от

0,98 до 11,07 мг-экв, но в большинстве случаев не превышает 4 мг-экв. При загрязнении шахтными водами повышается до 14,1 мг-экв.

В Предуральском бассейне данный водоносный комплекс находится в зоне затрудненного водообмена. Здесь он изучен слабо. Известно, что в районе Верхнечусовских Городков в рифовой фации заключены локальные скопления подземных вод, вскрываемые на глубинах от 500 до 1 000 м. Дебиты скважин здесь не превышают 0,06 л/с при понижениях уровня до 200–250 м и более. Эти подземные воды имеют хлор-натриевый состав с минерализацией до 320 г/дм³. Содержание брома в них 225,0–1912,0 мг/л, йода 7,3–90 мг/л. Присутствует сероводород.

Ресурсы подземных вод этого комплекса в пределах территории небольшие ввиду специфических геолого-геоморфологических условий залегания. Родниковый сток, подсчитанный по 34 родникам, составляет 264,64 л/с. Современное использование ресурсов подземных вод горизонта незначительное и ограничивается эксплуатацией отдельных скважин и родников.

Водоносный визейско-башикирский горизонт ($C_1 v$ - $C_2 b$)

Данный горизонт ограничен региональными водоупорами: визейской

терригенной толщей снизу и глинисто-карбонатными породами московского яруса, содержит в себе самый высокопроизводительный водоносный горизонт. Литологической особенностью разреза толщи является наличие конгломератовидных и брекчиевидных известняков, залегающих слоями до 5 м мощностью и значительно облегчающих процессы современного карста. Известняки наиболее интенсивно закарстованы до глубины 150 м ниже вреза речных долин, к водоразделам граница закарстованности повышается. Отдельные карстовые полости встречаются на глубине до 1 000 м. Линейный коэффициент закарстованности изменяется от 0,2 до 14 %, уменьшаясь с глубиной. Подземные воды горизонта имеют единый, чаще всего свободный уровень, но характеризующийся большой неровностью в силу неоднородности толщ. Глубина залегания подземных вод изменяется от 0,9 до 63 м.

Трещинные и закарстованные зоны являются основными путями циркуляции подземных вод и аккумулируют иногда очень обильные высоконапорные воды, окружающие же блоки пород как правило монолитны и почти безводны. Дебиты родников изменяются от 0,05 до 300 л/с. Дебиты скважин изменяются от 0,05 до 17,36 л/с, а удельные дебиты – от 0–0,02 до 14,3 л/с. Повышенной водообильностью характеризуется разбитый многочисленными нарушениями блок визейско–башкирских известняков в Усьвинской синклинали, прорезанный долиной р. Усьва. Локализация подземных вод происходит в зонах тектонических нарушений, омоложенных новейшими движениями. Примером могут служить крупные родники в зоне Луньевско-Чусовского надвига в районе г. Чусовой.

В химическом составе подземных вод преобладают гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,08 до 0,26 г/дм³. На втором месте обычно стоят ионы SO₄ и Mg, реже Na. Появление сульфатов обусловлено процессами окисления сульфидной минерализации в приконтактной зоне визейских известняков с угленосной толщей. Минерализация таких вод колеблется от 0,11 до 0,5 г/дм³. Для вод глубокой циркуляции отмечается сероводородное загрязнение. Общая жесткость воды изменяется от 0,5 до 4,0 мг-экв. Воды обычно нейтральные.

В пределах Предуральяского прогиба данный водоносный горизонт не изучен. Лишь в районе Верхнечусовских Городков подземные воды горизонта вскрыты на глубине 1 705 м, а статический уровень установился на глубине 43,5 м. По химическому составу это хлоридно-натриевые рассолы.

Ресурсы подземных вод визейско–башкирского горизонта весьма значительны, но распределены по площади неравномерно. Среднегодовая норма подземного стока составляет 8– л/с с 1 км². Подземные воды горизонта эксплуатируются рядом разведочных эксплуатационных скважин. Рассредоточенный водозабор г. Чусовой состоит из отдельных скважин и каптированных родников, питающихся этим водоносным горизонтом с общей производительностью 5 330 м³/сут.

Спорадически обводненный водоупорный западноуральский комплекс (C_{1zu})

Распространен в пределах Западно-Уральского бассейна и приурочен к отложениям западноуральской свиты (бывшей угленосной) визейского яруса. Свита обнажается на поверхность в виде узких полос на крыльях ряда антиклинальных и синклинальных структур в Западно-Уральском бассейне. Включает серию водоносных горизонтов, приуроченных к пластам трещиноватых кварцевых песчаников, изолированных друг от друга водоупорными пачками аргиллитов, алевролитов, углистых пород и в целом представляет единый водоносный комплекс.

Для выше- и нижележащих водоносных горизонтов западноуральская свита благодаря своей низкой водопроницаемости служит региональным водоупором. В тектонически ослабленных зонах и в зонах замещения углисто-глинистых пород песчаниками водоупорные свойства могут нарушаться.

Естественные водопрооявления из свиты довольно редкое явление. Немногочисленные родники имеют чаще всего рассредоточенные выходы с дебитом отдельных струек 0,1–2 л/с. Дебиты сосредоточенных выходов достигают 25 л/с. Средний дебит родников 0,9 л/с. Дебиты скважин варьируют в пределах 0,01–0,0 л/с, в среднем 1,4 л/с. Удельные дебиты скважин колеблются от 0,01 до 6,71 л/с. Синклинальное и моноклинальное залегание угленосной толщи обусловило напорный характер подземных пластовых вод. Величина напоров над кровлей трещинно-пластовых вод составляет десятки и сотни метров, закономерно увеличиваясь с глубиной. Ненапорные трещинно-грунтовые воды наблюдаются в зоне выветривания. Мощность зоны аэрации составляет обычно 50–5 м, иногда более. Водообильность ее весьма незначительна. Глубина залегания подземных вод комплекса колеблется от 0,2 до 611 м и более.

По химическому составу подземные воды рассматриваемого комплекса преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые с общей минерализацией от 0,07 до 0,5 г/л. На втором месте среди катионов обычно стоит магний и реже натрий. Относительно часто встречаются смешанные гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые (натриевые) и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые (натриевые) воды, появление которых обусловлено окислением сульфидной минерализации, в обилии содержащейся в углистых аргиллитах. Общая жесткость гидрокарбонатно-кальциевых вод колеблется от 1,06 до 5,23 мг-экв. Общая жесткость подземных вод комплекса составляет 0,32–6 мг-экв. Значение pH колеблется от 5,6 до 7,7.

В Предуральском бассейне водоносный комплекс находится в зоне затрудненного водообмена. Он вскрыт скважинами в районе Верхнечусовских Городков на глубинах от 2046 до 2109 м, с притоком 0,39 и 1,14 л/с. По химическому составу воды хлоридно-натриевого типа с минерализацией до 22,8 г/л, содержащие бром до 1 572 мг/л, йод до 28,2 мг/л.

Подземные воды рассматриваемого комплекса почти не используются, за исключением редких родников и отдельных скважин. Для организации

централизованного водоснабжения комплекс бесперспективен.

Водоносный франско-турнейский комплекс ($D_3fr - C_1t$)

Комплекс включает в себя преимущественно известняки франского, фаменского и турнейского ярусов, развитые в северо-восточной части территории до р. Вильва в виде широкой полосы субмеридионального простирания. Породы, заключающие подземные воды рассматриваемого водоносного комплекса, сложены известняково-глинистыми битуминозными и кремнистыми сланцами, кремнями, известняками, доломитами, песчаниками, переслаивающимися с прослоями аргиллитов и алевролитов. Основные водоносные горизонты и слои приурочены к наиболее мощным пачкам карбонатных пород, залегающих в толще франского яруса, в нижней части фаменского яруса и в верхней части турнейского яруса.

В целом водообильность комплекса в связи с пестротой литологического состава пород и сложностью гидрогеологических условий крайне неравномерна. Основные водообильные зоны приурочены к долинам рек среди закарстованных и трещиноватых известняков. С глубиной водообильность комплекса резко уменьшается. Активная циркуляция подземных вод комплекса осуществляется до глубины 250–00 м. Уровень подземных вод вскрывается скважинами от 0 до 73 м. Трещинно-пластовые воды комплекса в большинстве случаев имеют напорный характер. Дебиты родников изменяются от 0,1 до 25 л/с, при среднеарифметическом дебите 2,54 л/с. Дебиты скважин от 0,1 до 1,1 л/с, при удельных дебитах от 0,01 до 0,44 л/с.

Химический состав подземных вод рассматриваемого комплекса в зоне активной циркуляции преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией от 0,1 до 0,3 г/дм³. В некоторых случаях в результате промышленного загрязнения отмечаются сульфатно-натриевые воды с повышенной минерализацией. Общая жесткость воды колеблется от 0,5 до 7,93 мг-экв. Значение рН колеблется от 5,2 до 8,0. На площади листа подземные воды повсеместно загрязнены нитритами и нитратами. Содержание нитритов колеблется от 0,01 до 1,5 мг/л, а нитратов от 0,17 до 61,92 мг/л. Здесь же широким распространением пользуется сероводород. На больших глубинах в зоне затрудненного водообмена воды приобретают характер рассолов.

Ресурсы подземных вод данного комплекса незначительны. Воды данного комплекса эксплуатируются довольно интенсивно одиночными и групповыми водозаборными скважинами для хозяйственно-питьевых и промышленных нужд г. Гремячинск и других населенных пунктов.

Водоносный средне-нижнедевонский комплекс (D_{1-2})

Данный комплекс представлен в нижней части песчаниками и конгломератами такатинской свиты и битуминозными известняками, доломитами с прослоями мергелей, аргиллитов и алевролитов кыновской свиты в верхней части. Эти отложения распространены в виде узких полос на крыльях антиклинальных структур в Западно-Уральском бассейне. В верхней части комплекса водовмещающими породами являются известняки и доломиты, разделенные водоупорными прослоями мергелей, аргиллитов и алевролитов,

имеющими невыдержанное распространение по площади, на ряд относительно самостоятельных водоносных горизонтов, иногда обладающих напором. Верхним регионально выдержанным водоупором служит толща песчано-глинистых пород пашийской свиты.

По характеру циркуляции подземные воды такатинских отложений относятся к трещинно-пластовому типу. Почти повсеместно они имеют напорный характер. Водообильность такатинских отложений по долинам рек слабая. Дебиты родников составляют 0,1–2 л/с. По-видимому, терригенная часть разреза ниже-среднедевонского комплекса включает в прослоях песчаников незначительные запасы напорных подземных вод с локализацией их в ослабленных зонах. Водообильность карбонатных отложений незначительная и неравномерная. Дебиты родников изменяются от 0,1 до 0,5 л/с. Причем повышенной водообильностью характеризуются чистые разности известняков, подверженные карстованию.

По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,06 до 0,46 г/л. Иногда встречаются гидрокарбонатно-сульфатные воды. Общая жесткость вод колеблется от 0,45 до 5,6 мг-экв ($pH=6,2-7,3$). Результатом промышленного загрязнения является повышенное содержание азотных соединений. Содержание нитрат-иона достигает 36 мг/л. Содержание нитрит-иона колеблется в пределах 0,01–1 мг/л.

Ресурсы подземных вод комплекса ограничены, но вполне достаточны для водоснабжения промышленных объектов населенных пунктов с потребностью до 5 л/с, а в благоприятных условиях до 10–5 л/с.

Водоносный верхневендский горизонт (V2) распространен в восточной части площади, представлен породами сыльвицкой серии, слагающими ядра Чусовской антиклинали, в западных крыльях Гремячинской синклинали. Водовмещающие породы сыльвицкой серии представлены в основном полимиктовыми песчаниками и алевролитами, чередующимися с глинистыми алевролитами и аргиллитами. Обводненность верхневендских образований обуславливается интенсивной их трещиноватостью. Мощность зоны трещиноватости по данным бурения и каротажа скважин составляет 60–70 м на придолинных участках и не превышает первых десятков метров на водоразделах.

Подземные воды имеют в основном свободный уровень, находящийся на глубине от 0,0 до 20,0 м в придолинных участках, и лишь в отдельных случаях обладают местным напором. Дебиты родников изменяются от 0,01 до 5 л/с. Дебиты скважин, пробуренных в придолинных участках, составляют от 0,4 до 4,0 л/с, при удельных дебитах от 0,015 до 0,22 л/с.

Химический состав подземных вод в зоне активного водообмена довольно однообразен. Преобладают гидрокарбонатно-натриевые и гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией 0,1–2 г/дм³. Общая жесткость подземных вод изменяется в пределах от 0,2 до 3,96 мг-экв. Значение pH изменяется от 5,5 до 7,4. Кремнекислоты содержится от 14 до 20 мг/л. По бактериологическим показателям воды вполне пригодны для питья.

Статические запасы подземных вод в вендских отложениях весьма ограничены в связи с малой глубиной зоны эффективной трещиноватости и, следовательно, незначительными емкостными возможностями. Подземные воды венда в настоящее время практически не используются. В благоприятных случаях дебит скважин может достигать 2,0 л/с.

Месторождения подземных вод

Минеральные лечебные воды

На площади известно два месторождения минерально-лечебных вод: участок «Лесная вода» и д/о «Сокол».

Участок «Лесная вода» расположен на территории санатория-профилактория «Зорька» в 7,5 км северо-западнее г. Лысьва. Скважиной 2/88 в интервале 100–200 м вскрыты минеральные воды сульфатного магниево-кальциевого состава с минерализацией 2,35–2,66 г/дм³. По заключению ЕМНЦ профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий минеральные воды отнесены к XII группе сульфатных магниево-кальциевых вод казанского типа в соответствии с ГОСТ 13273-88 «Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые».

Протоколом ГКЗ при Министерстве природных ресурсов Российской Федерации от 22.11.2000 г. № 612 запасы минеральных лечебно-столовых вод по участку «Лесная вода» оценены в количестве 0,032 тыс. м³/сут по категории «В» в расчете на 25-летний срок эксплуатации.

Водоносный горизонт в интервале 150–185 м расположен в кунгурских отложениях Р₁.

По лицензии ПЭМ 01438 МЭ объект передан в 2001 году ОАО «Акционерная компания Лысьвенский металлургический завод» для добычи вод для лечебных целей и промышленного разлива.

Дом отдыха «Сокол» (IV-4-3). Скважина № 3006 глубиной 70 м пробурена в 1990 году с целью поиска минеральных питьевых лечебно-столовых вод для цехов разлива минеральных вод и курорта Усть-Качка и находится на востоке от г. Лысьва в районе подсобного хозяйства дома отдыха «Сокол», на правом берегу р. Невидимка, в ее устье, 30 м от уреза воды. Водоносный горизонт с минеральной водой находится в интервале 50–70 м в кавернозных окремненных известняках Р₁кз. Дебит 4 л/с (350 тыс. м³/сут). Вода сульфатная магниево-кальциевая. Сухой остаток 1 448 мг/л.

Питьевые пресные воды

На площади выявлено 6 месторождений пресных вод: *водозабор Ляминского ДСК, Ротомские ключи, Кипун (III-4-2), Привод (IV-4-1), Болотинское (IV-4-4) и Каменноложское (Лысьвенское).* Из них 3 месторождения отработано и 3 разрабатываются.

Месторождение Привод находится в 4 км от плотины Лысьвенского пруда в долине правого притока р. Лысьва, в 0,5 км вверх по ручью. Водозабор осуществляется на 2-х участках: Северный – 4 скважины; Южный – 8 скважин, для технологических нужд Лысьвенского завода «Привод». Дебит каждой

скважины при откачке 0,43 тыс. м³/сут. Всего дебит по восьми скважинам 3,4 тыс. м³/сут. Водоносный комплекс мощностью до 50 м представлен фациально невыдержанной толщей переслаивающихся терригенных отложений (песчаники, аргиллиты, алевролиты, мергели) с прослоями известняков кунгурского возраста. Скважины глубиной 40–45 метров пробурены в 2007 г. Вода техническая. Минерализация 338–395 мг/л. Месторождение разрабатывается.

Болотинское месторождение подземных вод расположено около г. Лысьва и состоит из 2-х участков: Северного, находящегося на северной стороне Болотинского пруда и состоящего из 4-х скважин, и Южного, находящегося на южной стороне Болотинского пруда и состоящего из 8 скважин. Вода отбирается из кунгурского водоносного комплекса – фациально невыдержанной толщи переслаивающихся терригенных пород (песчаники, аргиллиты, алевролиты, мергели) с глубины до 50 м. В период с 1996 по 2001 гг. расход воды в среднем 5,4 тыс. м³/сут. Качество воды не отвечает требованиям, предъявляемым к хозяйственной воде по жесткости. Сейчас разрешено отбирать не более 3,0 тыс. м³/сут. Сухой остаток от 101 до

619 мг/л. Вода техническая. Месторождение разрабатывается.

Каменноложское (Лысьвенское) месторождение подземных вод расположено в 2 км к югу от южной окраины г. Лысьва, на правобережье р. Лысьва. Подземная вода из скважин с минерализацией менее 1 г/л. Вода трещинная, в основном гидрокарбонатно-кальциевая и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая. Обильный водоносный горизонт пресных вод заключен в трещинных породах кунгура (песчаниково-конгломератовая толща). Запасы составляют по категории: В 24,8 тыс. м³/сут; С₁ - 10,0 тыс. м³/сут. Источник постоянного пополнения подсчитанных запасов – приток трещинных вод с бытовым расходом ≈36,9 тыс. м³/сут и р. Лысьва, инфильтрация из которой составляет до 21,05 тыс. м³/сут. Месторождение разрабатывается [2].

Заключение

Проведенный анализ показывает, что наибольшими ресурсами подземных вод, пригодных для хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения, в пределах Предуральского бассейна обладает соликамский водоносный горизонт, а в пределах Большеуральского бассейна – визейско–артинский и франко–турнейский водоносные комплексы. Централизованное водоснабжение населенных пунктов и крупных предприятий перспективно в районах развития карбонатных комплексов и бассейнов карстовых вод, а также в пределах водообильных зон, приуроченных к зонам повышенной тектонической трещиноватости и разломам.

Поиски новых месторождений подземных вод необходимо осуществлять на основе проведенного среднемасштабного гидрогеологического картографирования с применением специализированных аэрокосмогеологических исследований [18-20] по выделенным зонам геодинамической активности.

Библиографический список

1. *Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / Под ред. И.К. Зайцева. М.: Недра, 1972. 648 с.*
2. *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Лист О-40-XVI (Лысьва). Объяснительная записка / Под ред. Б.К. Ушкова. Научный соредактор В.Р.Вербицкий. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», Минприроды России, Управление по недропользованию по Пермскому краю, ОАО «Геокарта-Пермь». 2017. 150 с.*
3. *Иконников Е.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 листа О-40-XVI (отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XVI за период 1964–1966 гг.). Т. 1 и 2. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1966.*
4. *Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. Пермь, 2013. 112 с.*
5. *Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.*
6. *Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. 501 с.*
7. *Копылов И.С. Гидрогеологическая карта и подземные воды Кизеловского угольного бассейна // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 92-101.*
8. *Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.*
9. *Копылов И.С. Гидрогеология Среднего Урала (Кизеловский угольный бассейн, лист О-40-X) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 281-300.*
10. *Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.*
11. *Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.*
12. *Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.*
13. *Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 2 (15). С. 16-34.*
14. *Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
15. *Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.*
16. *Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 1. С. 26-37.*
17. *Копылов И.С. Подземные воды западного склона среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6-3. С. 460-464.*
18. *Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 210-217.*
19. *Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 468-484.*

20. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологических исследований в центральной части Кировской области для поисков подземных вод в трещинных зонах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 274-283.
21. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
22. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47
23. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.
24. Копылов И.С., Алексеева Л.В. Составление гидрогеологической карты пермской области масштаба 1:500 000 на основе создания базы данных «Региональная гидрогеология Пермской области масштаб 1:500 000». Отчет о НИР. Пермь, 2002.
25. Копылов И.С., Алексеева Л.В. Составление (обновление) серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 (Пермская серия). Отчет о НИР. Пермь, ОАО «Геокарта-Пермь». 2003.
26. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 92-110.
27. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
28. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
29. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.
30. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Мин-во геол. СССР, ВСЕГИНГЕО. Сост.: Л.А.Островский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова. М., Недра, 1990. 240 с.
31. Оборин В.В., Копылов И.С. Обоснование гидрогеологического доизучения и геоэкологического картирования масштаба 1:200 000 листа 0-40-Х (Кизеловская площадь) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2020. № 3 (40). С. 3-11.
32. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии земли // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 4 (25). С. 43-55.
33. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Перм. книж. изд-во, 1973. 197 с.
34. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2012. 91с.

СТРАТИГРАФИЯ КАЙНОЗОЯ И КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА (ЛИСТ О-40-Х)

Представлены результаты комплексного изучения четвертичных (антропогенных) отложений западного склона Среднего Урала. Рассматриваемая территория характеризуется сложным геоморфологическим строением, находящимся на стыке Восточно-Европейской равнины и Урала, что предопределило специфику проявления четвертичного оледенения и седиментационных процессов. Проведенный литолого-стратиграфический анализ позволил выделить основные горизонты четвертичной системы и реконструировать палеогеографические условия их формирования. Полученные данные имеют важное значение для палеоклиматических реконструкций, инженерно-геологического и геоэкологического районирования и оценки минерально-сырьевого потенциала региона.

Ключевые слова: четвертичные образования, стратиграфия, литология, геоморфология, палеогеография, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

CENOZOIC STRATIGRAPHY AND MAP OF QUATERNARY FORMATIONS OF THE MIDDLE URALS (SHEET O-40-X)

The results of a comprehensive study of Quaternary (anthropogenic) deposits of the western slope of the Middle Urals are presented. The territory under consideration is characterized by a complex geomorphological structure located at the junction of the East European Plain and the Urals, which predetermined the specifics of the manifestation of Quaternary glaciation and sedimentation processes. The lithological and stratigraphic analysis made it possible to identify the main horizons of the Quaternary system and reconstruct the paleogeographic conditions of their formation. The data obtained are important for paleoclimatic reconstructions, engineering-geological and geoecological zoning and assessment of the mineral resource potential of the region.

Keywords: Quaternary formations, stratigraphy, lithology, geomorphology, paleogeography, Middle Urals.

Введение

Средний Урал и его западный склон, представляющий собой низкогорную часть Уральской горной страны, является ключевым регионом для понимания палеогеографических обстановок четвертичного периода на границе Европы и Азии. Четвертичные образования здесь отличаются сложным строением, прерывистым распространением и многообразием генетических типов, что связано с взаимодействием покровных и горно-долинных оледенений, а также перигляциальных, аллювиальных и склоновых процессов.

Несмотря на длительную историю изучения (с 20-х гг. XX в.), многие вопросы стратиграфии, корреляции разрезов и палеогеографических реконструкций остаются дискуссионными.

Из картосоставительских работ, ранее, на рассматриваемую территорию были составлены схематические карты четвертичных отложений. Наиболее известная из них (но также схематичная) была карта четвертичных отложений Урала масштаба 1:500 000 под редакцией В.А. Лидера (1965) [10]. При проведении геологического доизучения масштаба 1:200 000 (ГДП-200) листов О-40-Х (Кизел) и О-40-ХVI (Лысьва), в 2006–2009 гг., автором составлена карта четвертичных образований и соответствующий раздел объяснительной записки к Госгеолкарте-200/2 [3].

Целью данной работы является систематизация и комплексный анализ данных о четвертичных отложениях западного склона Среднего Урала на основе новейших исследований с применением современных методов.

Объекты и методы исследований

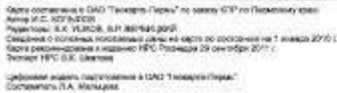
Исследования проводились на территории западного склона Среднего Урала, (в пределах восточной части Пермского края), на территории листа О-40-Х.

Рассматриваемая территория характеризуется сложным геологическим и геоморфологическим строением, находящимся на стыке Восточно-Европейской равнины и Урала, что предопределило специфику проявления четвертичного оледенения и седиментационных процессов [3, 9-19].

В процессе проведения ГДП-200 были изучены ключевые разрезы в долинах рек Яйвы, Косьвы, Усьвы и др. Применялся комплекс методов: полевые методы: маршрутные исследования, описание стратиграфических разрезов, отбор проб на литологический, спорово-пыльцевой и диатомовый анализы; лабораторные методы: гранулометрический анализ, минералогический анализ шлихов, спорово-пыльцевой анализ для реконструкции растительности и климата; абсолютное датирование: радиоуглеродный метод (^{14}C) для датирования органических остатков в межледниковых и голоценовых отложениях. дистанционные методы: аэрокосмогеологические исследования и дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [19] для выявления геоморфологических индикаторов (моренные гряды, террасы, древние ложбины стока и др.); литолого-стратиграфический анализ, картосоставительские работы с применением ГИС-технологий [3, 27].

В результате исследований в соответствии составлена карта четвертичных образований листа О-40-Х, ее легенда, схема соотношений четвертичных образований и схема корреляции подразделений (район бассейнов рек Яйвы, Косьвы, Усьвы, геологические разрезы. Карта составлена в ОАО «Геокарта-Пермь» по заказу КПП по Пермскому краю. Автор И.С. Копылов. Редакторы БК. Ушков, В.Р. Вербицкий (рис. 1-9).

O-40-X (Класс)



186

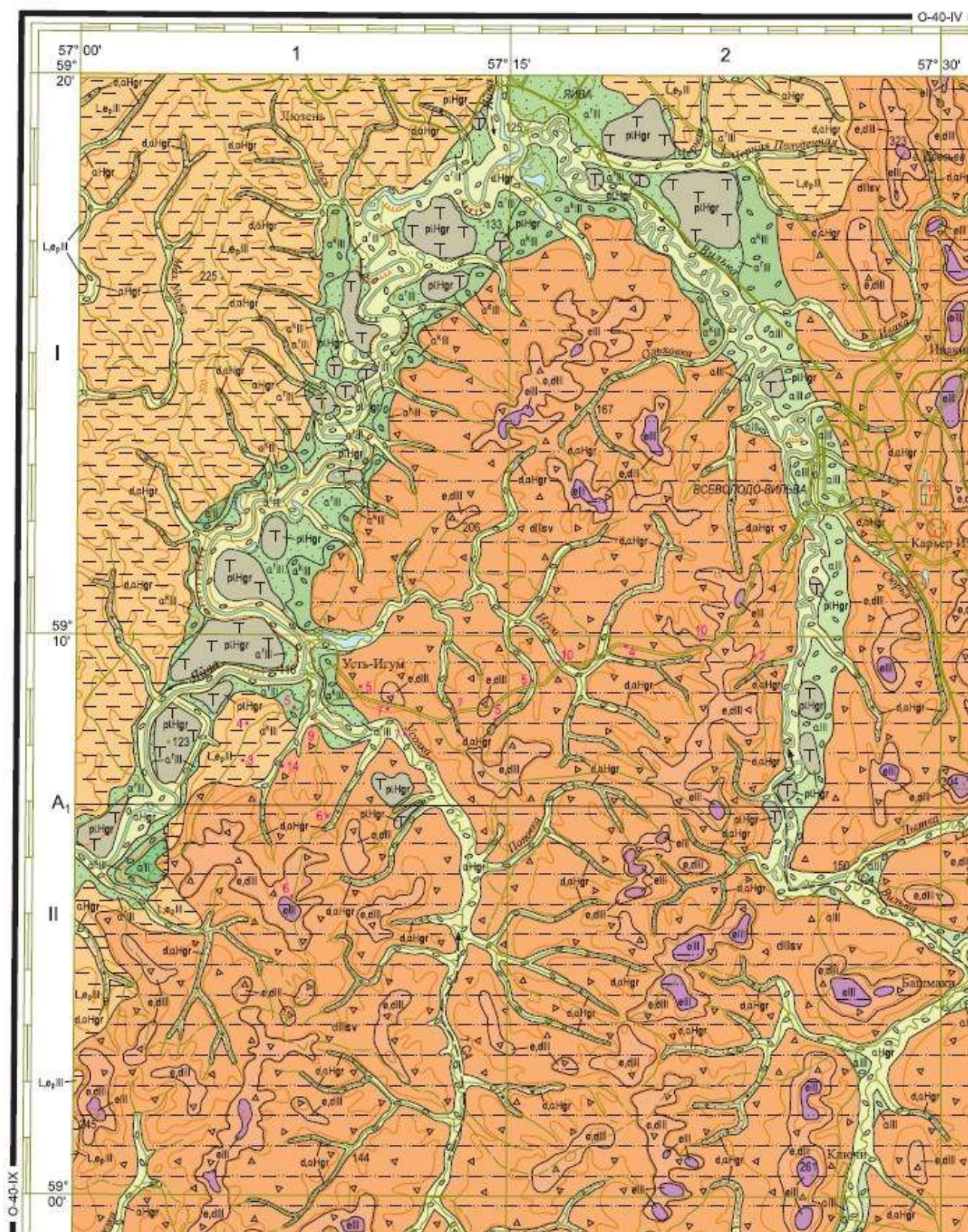


Рис. 2. Карта четвертичных образований листа О-40-Х (фрагмент – О-40-Х-А) [3]

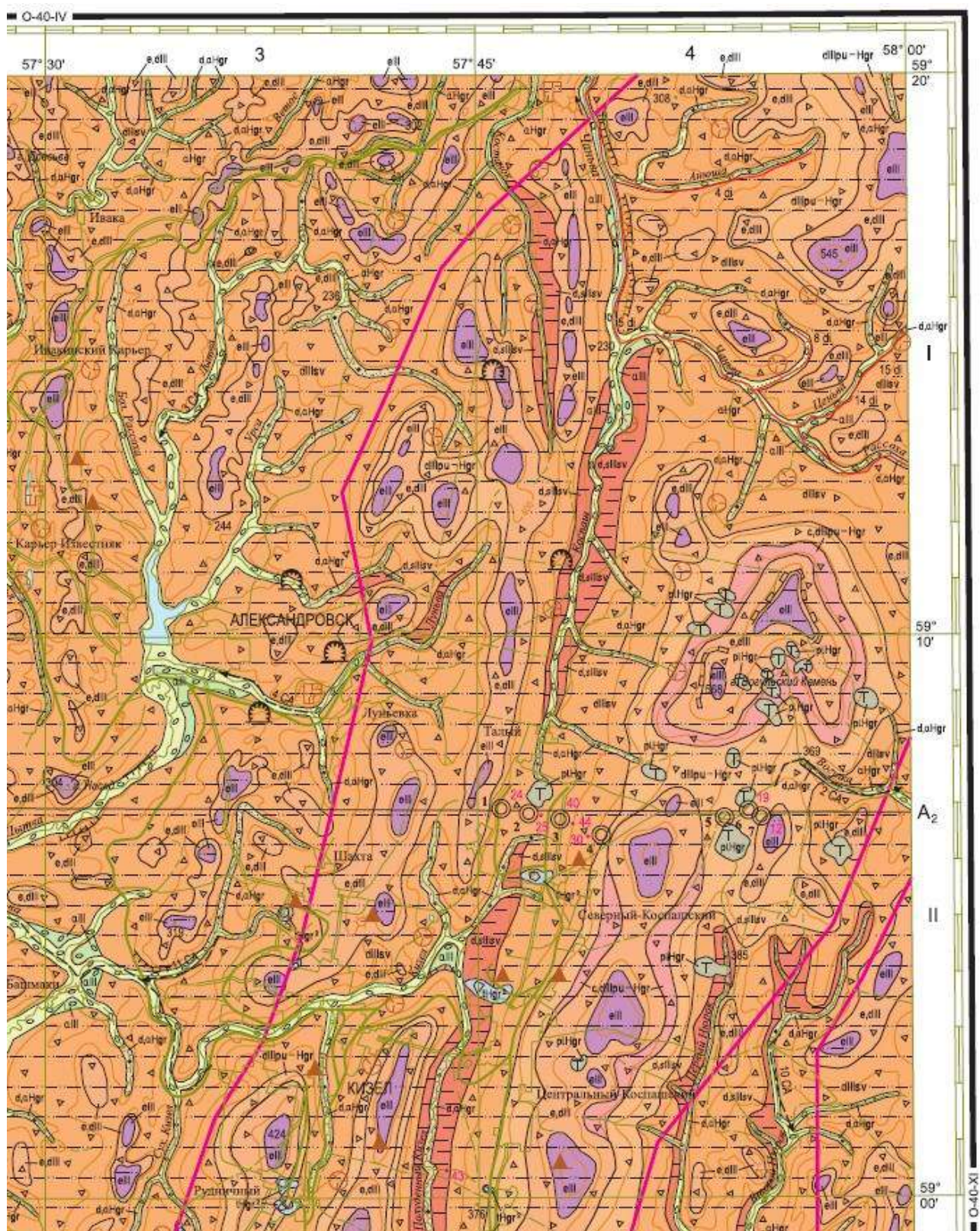


Рис. 3. Карта четвертичных образований листа О-40-Х (фрагмент – О-40-Х-Б) [3]

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

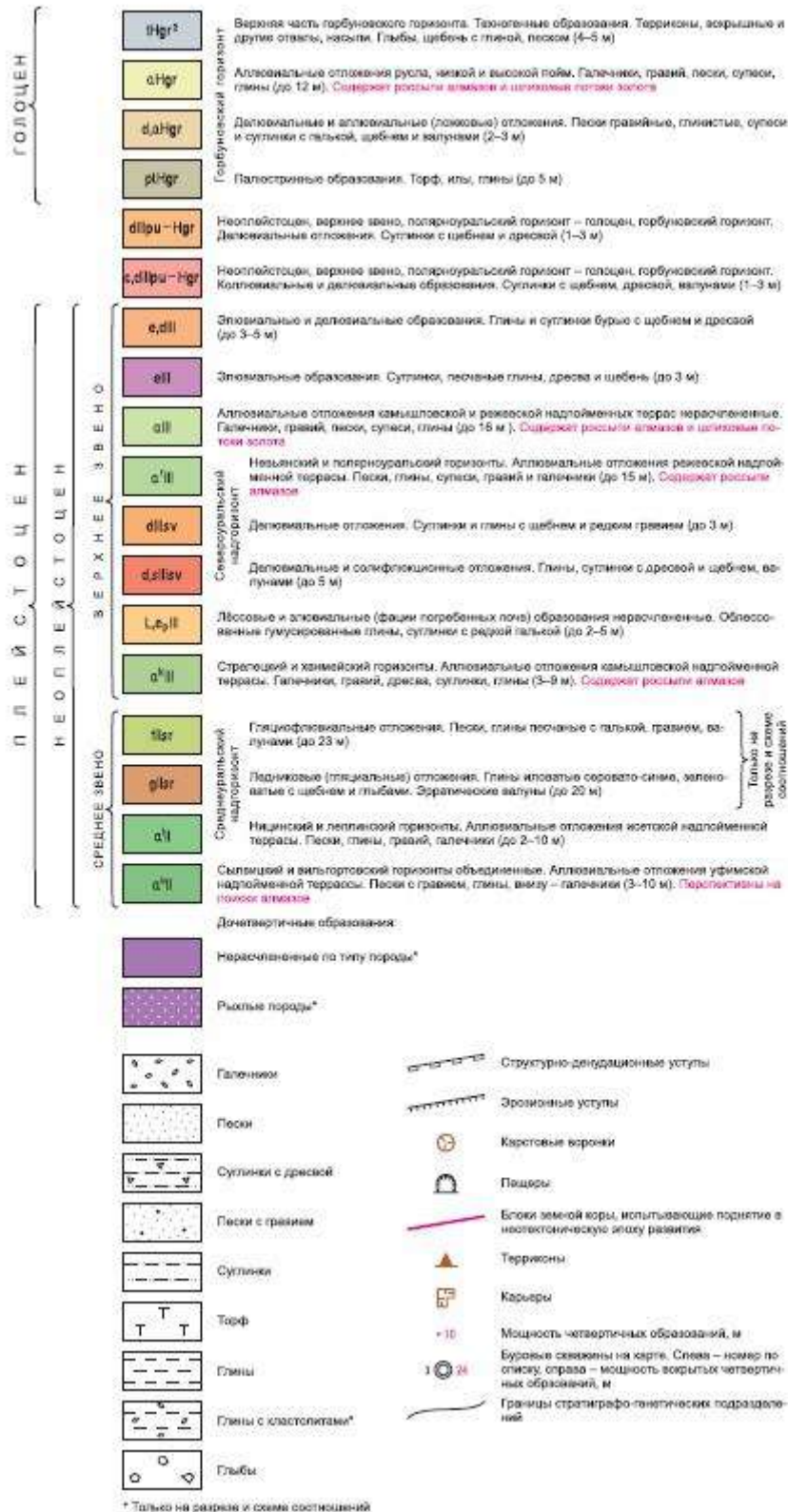


Рис. 6. Карта четвертичных образований листа О-40-Х (легенда) [3]

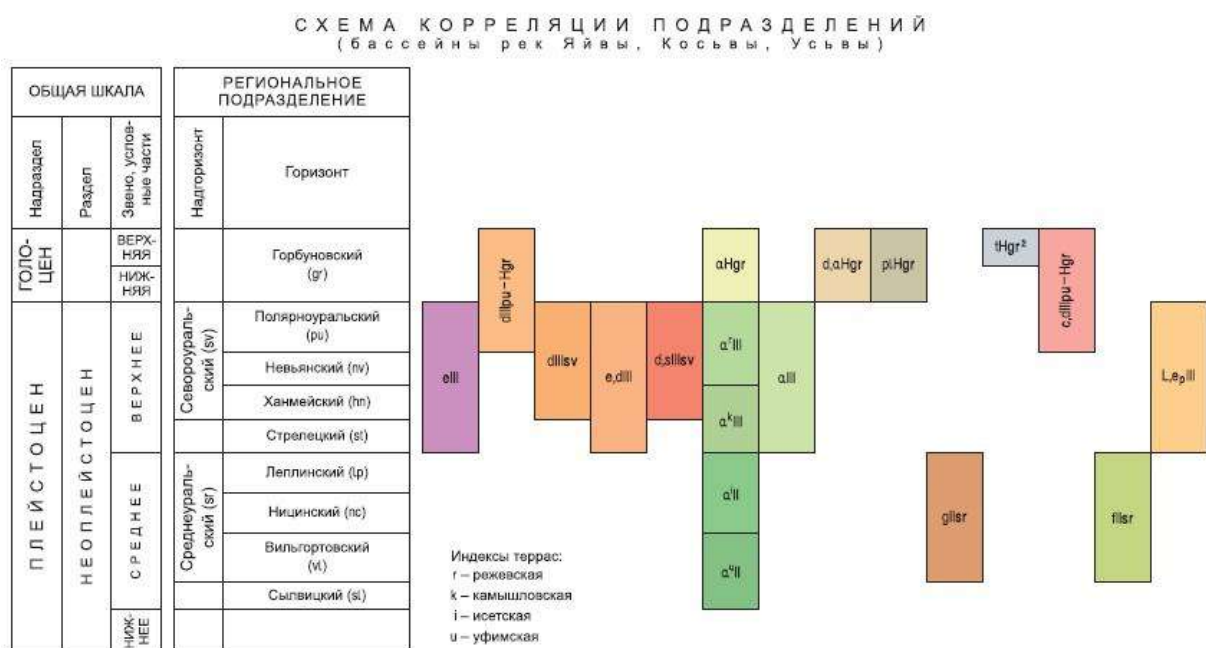


Рис. 7. Карта четвертичных образований листа О-40-Х (схема корреляции подразделений) [3]



Рис. 8. Карта четвертичных образований листа О-40-Х
(Схема соотношения четвертичных образований) [3]

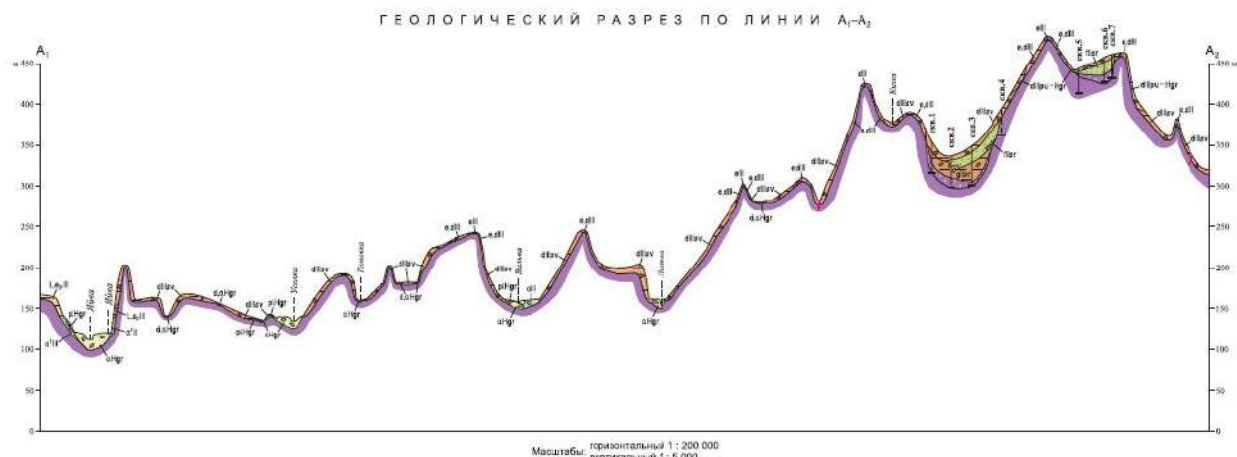


Рис. 9. Карта четвертичных образований листа О-40-Х
(геологический разрез) [3]

Ниже приводится описание стратиграфии и литологии четвертичных образований листа О-40-Х.

Кайнозойская эратема

Среди кайнозойских образований выделены отложения миоцена, плиоцена, плейстоцена, голоцена.

Палеогеновая и неогеновая система

Олигоцен и плиоцен

Куртамышская и наурзумская свиты (P3kr–N1nr). Отложения свит входят в под-зону – Северное и Среднее Предуралье, западный склон Урала Западно-Уральской зоны в схеме районирования Урала для палеогеновых и неогеновых отложений [20].

Образования данного возрастного диапазона выявлены в северо-западном углу площади в районе пос. Усть-Игум. Породы представлены глинами гидрослюдисто-каолиновыми, кварцевыми песками и галечниками.

Сводный разрез по поисковым скважинам [23, 24] пройденным для изучения огнеупорных глин следующий. Сверху вниз:

1. Глина желто-бурая песчаная (делювий) 0,5–3 м.
2. Галечник кварцевый с песком и глиной желтого цвета 3–6 м.
3. Глина желтого цвета с тонкими прослоями лигнита (торф) и гнездами желтого песка 2–4 м.
4. Глина серая пластичная плотная (огнеупорная) 2–4 м.
5. Песок серый кварцевый с линзами серой огнеупорной глины 3–5 м.
6. Глина серая плотная с растительными остатками (огнеупорная).
7. Песок серый тонкозернистый кварцевый 2–3 м.
8. Галечник кварцевый с валунами кварцевого песчаника.
9. Коренные породы песчаника и аргиллита соликамской свиты.

Мощность пород по данным бурения до 50 м. Глины входят в состав Усть-Игумского месторождения огнеупорных глин. Пригодны для использования в фармацевтических целях. Галечные образования перспективны на вмещение россыпей алмазов.

Основание свит изучено в карьере (№ 15). В западной стенке карьера обнажаются следующие породы (сверху вниз):

1. Почвенно-растительный слой 0,1 м.
2. Галечные и песчано-галечные с валунами отложения ржаво-коричневые, оранжевые, желтые 1,4 м.
3. Литифицированный гравийный песчаник с железисто-марганцевым цементом 0,3 м.
4. Песчано-гравийно-галечные с валунами отложения. Галька, валуны, гравий хорошей окатанности представлены кварцем белым, желтым, кварцитопесчаниками, реже яшмой и кремнем 8,5 м.

5. Элювий песчаников, аргиллитов, алевролитов соликамской свиты. Галечные образования перспективны на вмещение россыпей алмазов.

Споро-пыльцевой комплекс с *Tsuga* sp., *Taxodium* sp., *Betula* sp., *Alnus* sp. олигоцена [9].

Миоцен–плиоцен

Каракольская серия (N1–2kr) представлена делювиально-пролювиальными и аллювиальными красноцветными отложениями, вскрытыми в пределах эрозионно-структурных депрессий (Кизеловско-Чаньвинской, Первой Нюрокской и др.). Это буровато-красные глины каолинит-гидрослюдисто-монтмориллонитового состава запесоченные, гравийные, с редкой кварцевой галькой, со щебнем кварцевых песчаников и кремней, с гидрогетитовым бобовником. Включают россыпи алмазов.

В составе тяжелой фракции шлихов преобладают гидроокислы железа (86–100 %), циркон (0,1–4,0 %), лейкоксен (0,2–6,0 %), рутил (до 0,9 %), турмалин (до 0,3 %), марганцевые обломки (до 5,0 %), участками магнетит (до 100 %), в редких знаках встречаются амфибол, магнитные шарики, хромшпинелид, муассанит. Мощность до 30 м. Отложения характеризуются низким удельным сопротивлением (20–100 Ом·м), хорошо картируются методом ВЭЗ.

Аккулаевская свита (N2ak) представлена аллювиальными отложениями пятой надпойменной террасы и прослежена в долине реки Усьва. Аллювий залегает на вендских образованиях и перекрыт склоновыми отложениями четвертичного возраста. Аллювиальные отложения представлены красноцветными галечниками (кварц – 70 %, кварцитопесчаники – 9 %, известняки – 14 %) в глине песчаной красновато-коричневой, кирпично-красной. В составе тяжелой фракции преобладает лимонит (до 70 %), маггемит (до 10 %), лейкоксен (1–10 %). Мощность отложений до 5 м [25].

Квартер

Стратиграфия четвертичных образований рассмотрена в соответствии с Легендой Пермской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (издание второе) [20]. Согласно схеме районирования территории Пермской серии листов для четвертичных образований территория листа О-40-Х полностью входит в зону Пермского Урала, что не соответствует тектоническому и геоморфологическому районированию этой территории. Поэтому для актуализации Легенды сделано дополнение по районированию для четвертичных образований территории листа О-40-Х, где предлагается перенести границу Пермского Предуралья восточнее, т. е. на территорию данного листа. Тогда на территории листа О-40-Х будут выделяться две зоны: Пермское Предуралье и Пермский Урал.

Отложения четвертичного возраста развиты практически повсеместно и представлены комплексом рыхлых континентальных осадков различного генезиса, среди которых преобладают аллювиальные, элювиальные, элювиальные и делювиальные, делювиальные образования. Возраст их охватывает весь неоплейстоцен, а также голоцен. Обоснование возраста пород определяется чаще на основании литологического состава, геоморфологического положения и взаимоотношения с подстилающими и перекрывающими осадками.

Плейстоцен. Неоплейстоцен

Среднее звено

Среднее звено представлено сылвицким горизонтом и среднеуральским надгоризонтом, включающим вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты.

Сылвицкий и вильгортовский горизонты объединенные. Аллювиальные отложения уфимской эрозионно-аккумулятивной террасы (auII) отмечаются в пределах листа О-40-Х небольшими участками в долинах рек Косьвы и Усьвы. Отложения уфимской террасы залегают на относительных высотах над урезом рек 45–50 м (р. Косьва) и 25–40 м (р. Усьва), иногда сливаются с отложениями третьей надпойменной террасы. В составе – пески с гравием и коричневые глины; в нижней части встречаются галечники. Мощность уфимского аллювия от 3–5 до 10 м.

Среднеуральский надгоризонт. Ледниковые (гляциальные) отложения среднеуральского надгоризонта (gII_{sr}) – развиты в восточной части листа – вскрыты скважинами (№ 5, 6, 7) в Кизеловско-Чаньвинской и Первой Нюрокской структурно-эрозионных депрессиях. Повсеместно перекрыты покровными делювиальными суглинками и глинами североуральского надгоризонта. Представлены глинами иловатыми серовато-синими, зеленоватыми со щебнем и глыбами, ленточными глинами, в нижней части со щебнем устойчивых пород ближнего геологического окружения. В разрезе описываемые образования залегают между четвертичными образованиями от голоцена до среднего плейстоцена и подстилаются отложениями каракольской серии миоцена (N1_{kr}) или лежат на коренных породах палеозоя. Мощность от 3–5 до 15–20 м.

И.С. Степанов [25] в описании скв. 3 выделяет ледниковые отложения в интервале 20,6–40,5 м: глина иловатая голубовато-зеленовато-серая, местами почти черная; вязкая пластичная плотная, с дресвой, щебнем, отломами кварцевых песчаников светлых, иногда скоплениями глыб, щебенки с примесью вышеописанной глины. Распределение обломков неравномерное. Контакт с вышележащей толщей резкий – gII_{sr} – 19,9 м.

Характерными особенностями описываемых отложений, позволяющими отнести их к ледниковым, является отсутствие слоистости, сортировки обломочного материала, неравномерность содержания их. О возрасте осадков свидетельствует и спорово-пыльцевой комплекс среднеплейстоценового возраста в пробе из скв. 3 [25] в интервале 30,3–32,8 м. Здесь были обнаружены: *Abies* sp., *Picea*, *Pinus*, *Betula*, *Salix* sp., *Alnus* sp., *Poligonum* sp., *Chenopodiaceae*, *Thalictrum* sp., *Ericaceae* sp., *Selaginella* sp., *Sphagnum* sp., *Batrachium* sp., *Artemisia* sp., *Sparganiaceae*, *Tricolpites* sp., *Caryophyllaceae*, *Compositae* sp., *Lycopodium* sp., *Umbelliferae*.

Гляциофлювиальные отложения среднеуральского надгоризонта (fII_{sr}) вскрыты скважинами (№ 1, 2, 3, 4) [25] там же, где и ледниковые отложения – в структурно-эрозионных депрессиях в восточной части площади листа. Перекрываются покровными делювиальными глинами и суглинками

североуральского надгоризонта. В скв. 2 [25] в Кизеловско-Чаньвинской депрессии в интервале 2,5–22,5 м гляциофлювиальные отложения представлены: глина серая, голубовато-зеленовато-серая, редко черная, иловатая с прослоями глыб и щебня кварцевых песчаников. Обломочного материала в глине до 5 %. Мощность 20 м.

Гляциофлювиальные отложения представлены на площади песками, плотными песчаными глинами серого цвета с различными оттенками, с гравием, галькой и валунами. Характерно частое переслаивание литологических разностей, их невыдержанность по площади. Мощность в среднем от 8–15 до 22–23 м.

Ницинский и леплинский горизонты. Аллювиальные отложения *исетской эрозионно-аккумулятивной террасы* (аіІІ) картируются в долинах рек Косьвы и Усьвы на относительных высотах над урезом рек от 15 до 25–30 м. Они представлены песками, глинами, гравием и галечниками с примесью гравийного и песчаного материала. Петрографический состав галечников разнообразен: кварц, кремень, песчаник, кварцит, известняк. Часто фрагменты третьей надпойменной террасы сложены галечниками с линзами песков и пестроцветных глин. Галечники сильно ожелезнены гидроокислами железа и имеют буровато-ржавый цвет. По результатам палинологического анализа был определен пылевой спектр таежного леса, найдены остатки *Mammuthus primigenius* (Blum.) раннего типа [28].

По времени формирования аллювия отложения *исетской* (третьей) террасы В.С. Верещагина [7, 8] разделяет на два горизонта: нижний, отвечающий межледниковью, и верхний – ледниковью. Нижний горизонт аллювия обычно представлен галечником, выше по разрезу сменяющимся серыми полимиктовыми песками с алевритистыми глинами; встречаются прослои и линзы торфа мощностью до 2 м. Мощность горизонта 5–8 м. Верхний горизонт *исетской* (третьей) террасы складывается иловатыми серыми суглинками, алевролитами, алевритистыми глинами, макропористыми со столбчатой отдельностью. Мощность осадков до 10 м. По мнению В. А. Лидера [10] эти отложения являются осадками перигляциальной формации. На изученной площади верхний горизонт отложений *исетской* террасы отвечает леплинскому ледниковью. По данным Н.В. Введенской [6] в шлихах преобладают гематит (до 72 %), эпидот (от 11,8 до 59 %). Из устойчивых минералов присутствуют: ильменит (до 4,5 %), гранат (до 2,4 %), циркон (до 3,2 %). В редких знаках встречаются сфен, лейкоксен, турмалин.

Отложения залегают на дочетвертичных породах и элювии и перекрыты покровными суглинками, в ледниковой зоне могут залегать на морене вильгортовского горизонта. Мощность *исетского* аллювия от 2–5 до 10 м.

Верхнее звено

В составе верхнего звена неоплейстоцена выделяются: стрелецкий, ханмейский, невянский и полярноуральский горизонты. Три последних объединяются в североуральский надгоризонт.

Элювиальные образования (ееІІІ) развиты на самых высоких отметках

рельефа и покрывают вершины холмов, увалов, водоразделов. Отложения представлены суглинками, песчаными глинами, дресвой и щебнем подстилающих коренных пород, не претерпевших какого-либо перемещения. Мощность этих образований 1–3 м. Возраст устанавливается по их положению в разрезе.

Элювиальные и делювиальные образования (e,dIII) развиты на вершинах водоразделов рек, междуречных пространствах и их склонах. Представлены глинами и суглинками бурыми со щебнем и дресвой подстилающих пород. Для них характерна более глубокая проработка материала. Состав их зависит от состава материнских пород. Спорово-пыльцевой комплекс изучен юго-восточнее рассматриваемой площади, в пределах листа О-40-ХVII [26] и представлен пыльцой хвойных (49,8 %) при преобладании ели (32,3 %), пыльцой березы (33,1 %) и достаточно большим количеством широколиственных пород: орешника (10 %), граба (15 %) и липы (1,1 %). Споровые растения представлены полиподиевыми папоротниками (91,7 %), мхами зелеными и сфагновыми, плаунами. Присутствие в спектрах большого количества пыльцы орешника на фоне преобладания пыльцы березы и ели указывает на умеренно теплые и влажные климатические условия одной из фаз микулинского (стрелецкого) межледниковья. Мощность элювиальных и делювиальных образований от 1–3 до 5 м.

Лёссовые и элювиальные (фаций погребенных почв) образования нерасчлененные (L,erIII) выделены на северо-западе изученной площади на плоских междуречьях, пологих склонах водоразделов. Эти образования во многом сходны с перигляциальными, но имеют иное происхождение и занимают более высокое гипсометрическое положение. Большинство исследователей признают первично водный генезис этих отложений при последующей интенсивной переработке их элювиальными и делювиальными процессами. Они представлены облессованными и гумусированными глинами, суглинками с редкой галькой. Иногда встречаются горизонты погребенных почв, обычно сильно криотурбированных. Мощность отложений 2–5 м. В разное время эти отложения разными авторами назывались по-разному: покровными, полигенетическими, лёссовидными суглинками [5]. В.А. Лидер [10, 21] называл эти отложения полигенетическими, т. е. образованиями сложного генезиса (плоскостной смыв, деятельность воды и ветра).

В ряде случаев, при невозможности расчленить *режевскую и камышовскую террасы*, они показаны на карте как нерасчлененные (aII).

Стрелецкий и ханмейский горизонты. *Аллювиальные отложения камышовской террасы* (akIII) имеют наибольшее развитие по долинам рек Яйвы, Косьвы, Усьвы, Вильвы. Они представлены галечником, гравием, дресвой, суглинками, глинами. Наиболее полный разрез отложений второй надпойменной террасы описан в ледниковой подзоне Пермского Урала, в северо-западной части листа О-40-Х, на левом берегу р. Яйва у пос. Яйва [22]. Здесь верхняя часть разреза мощностью 2 м сложена пластичной глиной желтовато-бурой и темно-серой с синеватым оттенком. Нижняя часть разреза

мощностью 1,5 м представляет собой тонкое переслаивание мелко- и тонкозернистых глинистых песков. Подводная часть террасы (более 6 м) сложена гравием, галькой и валунчиками с песком. Споро-пыльцевые комплексы этих отложений очень бедные и принадлежат, в основном, травянистым растениям, что характеризует собой лесостепь тундрового типа. Мощность до 9 м.

Североуральский надгоризонт. Делювиальные отложения (dIIIsv) наиболее широко развиты и картируются на протяженных склонах речных долин, увалов и холмов. Делювий представлен суглинками, глинами бурыми, темно-бурыми и буровато-серыми со щебнем коренных пород и редким гравием. Мощность отложений 2–3 м. В спорово-пыльцевом комплексе юго-восточнее изученной территории (лист О-40-XVII) преобладает пыльца ели (6–38 %), березы (30–58 %) и сосны (10–15 %). Встречается пыльца пихты (1–2 %), ольхи (3–11 %). Широколиственные представлены орешником (5–19 %), липой (1,1 %), грабом (1,7 %), травянистые растения – пылью группы разнотравья, полыни и маровых. Комплекс спор на 80–90 % состоит из папоротников, встречаются плауны, зеленые и сфагновые мхи. Описанные спектры соответствуют времени конца микулинского (стрелецкого) межледниковья. Делювиальные отложения содержат месторождения глин кирпичных, черепичных, песка строительного.

Делювиальные и солифлюкционные образования (d,sIIIsv) отмечаются в восточной части площади, небольшими узкими участками в нижней части склонов наиболее высоких водоразделов. Представлены глинами, суглинками с дресвой, щебнем, валунами, слабоокатанными обломками местных пород, хаотично расположенными в красновато-бурой глине. Юго-восточнее изученной площади (лист О-40-XVII) глинистая фракция представлена гидрослюдой (30–40 %), каолинитом несовершенной формы (10–15 %), смешанослойным минералом монтмориллонит-гидрослюдистого состава (10 %), кварцем, мусковитом, полевым шпатом, хлоритом (25 %), гидроокислами железа (10–15 %). Среди минералов тяжелой фракции преобладает лимонит (17–35 %), ильменит (15–20 %), магнетит (15–20 %), эпидот (4–10 %), актинолит (5–7 %); присутствуют лейкоксен, турмалин, гематит, циркон. Мощность отложений до 5 м.

Невьянский и полярноуральский горизонты. Аллювиальные отложения режевской первой надпойменной террасы (arIII) прослеживаются по долинам основных рек и крупных притоков. На реках Яйве, Косьве, Усьве, Вильве режевские отложения нередко погружены под пойму и перекрываются голоценовым аллювием. Представлены песками, глинами, супесями, гравием и галечником в глине песчаной зеленовато-серой, желтовато-серой. Характерной особенностью является грубообломочный состав аллювия – галечники и пески. Иногда режевская терраса нацело сложена галечниками русловой фации. Мощность режевского аллювия изменяется от нескольких метров до 15 м на крупных реках.

Окатанность обломочного материала хорошая. Галька полимиктового

состава. В малых реках зачастую проявляется небольшая глинистость (5–8 %). В составе галечников преобладают кварцитопесчаники (45–75 %), кварциты (10–25 %), кварц (10–15 %) и кремнеземные известняки (до 10 %). По данным Г.И. Горещкого [4] в отложениях первой надпойменной террасы отлагаются торфяники, образовавшиеся в старицах. В их спектрах преобладают споры *Licopodium* sp. и *Sphagnum* sp. В составе спорово-пыльцевого комплекса преобладает ель (20–21 %) и сосна (16–30 %), реже встречается береза (5–7 %), ольха (91 %), пихта (2 %), из трав встречены *Artemisia* sp., *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*.

По археологическим данным режевская терраса сформировалась в конце мезолита–начале неолита, так как позднемезолитические стоянки Волго-Камья располагались не только на внутренних участках этой поверхности, но нередко и у ее края [1, 2]. Южнее изученной площади (в пределах листа О-40-XVI), у д. Пеньки (левый берег р. Чусовая) известна археологическая стоянка, относящаяся к мезолиту. Археологический памятник эпохи неолита обнаружен в Глухой пещере.

Неоплейстоцен, верхнее звено, полярноуральский горизонт–голоцен, горбуновский горизонт

Коллювиальные и делювиальные нерасчлененные образования (сс,dIIIpu–Hgr) развиты на крутых склонах врезанных долин рек и в верхних частях выгнутых склонов, залегают на коренных породах различного состава и, по-видимому, отражают участки неотектонических поднятий. Отложения представлены дресвяно-щебнистыми обломками в суглинке буровато-коричневом, буровато-сером с валунами. Состав обломочного материала полимиктовый, ближнего сноса; заметной гранулометрической дифференциации обломочного материала не наблюдается. Фракция – 0,01 мм представлена гидрослюдой (60–70 %), кварцем (15–20 %), в незначительных количествах присутствуют вермикулит, монтмориллонит. Мощность отложений 1–3 м.

Делювиальные отложения (cdIIIpu–Hgr) закартированы на крутых склонах врезанных долин малых рек и логов, в основном в восточной части площади. Вещественный состав их определяется характером размываемых пород. В составе осадка преобладают суглинки бурого цвета со щебнем и дресвой. В ряде случаев делювий отмечается на аллювиальных отложениях режевской террасы. Мощность отложений 1–3 м.

Голоцен

Горбуновский горизонт. Аллювиальные отложения русла, низкой и высокой пойм (aHgr) представлены галечниками, гравием, песками, супесями и глинами. Они имеют двухслойное строение. Нижний – галечный слой (русловая фация) – залегает на коренном ложе или на аллювии верхнего неоплейстоцена и представлен глыбами, галькой, валунами полимиктового состава в песчано-глинистом сером заполнителе. Верхний слой (пойменная

фация) сложен темно-серыми, илистыми сизыми глинами с линзовидными прослоями песчано-гравийно-галечного материала с остатками древесной растительности. Для высокой поймы характерно преобладание глинистых осадков серого, темно-серого цвета с пресноводными моллюсками, растительными остатками и почвенным слоем на поверхности поймы. В пойменной и старичной фациях высокой поймы по рр. Яйва, Косьва, Вильва развиты месторождения торфа. Залегают современные аллювиальные отложения на коренных породах, элювии или на древнеаллювиальных отложениях. Мощность современных аллювиальных отложений изменяется от нескольких метров в бассейнах малых рек до 12 м в бассейне р. Яйва.

В составе легкой фракции шлихов пойменных отложений присутствуют в основном кварц и кремень, в тяжелой фракции – минералы группы эпидота, циркон, хромшпинелид, альмандин, муассанит, гематит, пирит, гидрокислы Fe, реже встречаются знаки золота, оливин, уваровит.

Время накопления осадков высокой поймы относится к неолиту и началу бронзы (энеолиту).

С русловым и пойменным аллювием связаны россыпи золота и алмазов.

Делювиальные и аллювиальные (ложковые) отложения (d,aHgr) развиты по всей площади в верховьях многих мелких и средних водотоков. Отложения представлены плохо-сортированными песчано-гравийными образованиями, глинистыми песками, супесями, суглинками со щебнем, галькой и валунами, залегающими в днищах логов и долин. Цвет отложений меняется от зеленовато-серого, темно-серого до желтовато-коричневого. Мощность отложений 2–3 м.

Палюстринные образования (plHgr) занимают значительные участки в долине рр. Яйва, Вильва, в низовье Косьвы. Выделяются две разновидности: пойменные, залегающие на аллювиальных отложениях высокой поймы и аккумулятивных террас, и верховые, залегающие на плосковершинных водоразделах. Отложения представлены торфом, илами и темно-серыми, черными иловатыми глинами. Участками отложения ожелезнены и имеют ржаво-бурый цвет. Торф сфагновый, тонкослоистый, часто содержит хорошо сохранившиеся стволы деревьев, содержащих спектры лесных и лесостепных растений. Мощность палюстринных образований до 5 м. Исследования фауны и флоры показали, что в торфе широко развиты остракоды, гастроподы, пелециподы, оогонии харовых водорослей [7, 10].

Техногенные образования (tHgr2) представлены отходами подземной разработки месторождений каменного угля (угольными терриконами высотой от 1–5 до 20 и более м); отвалами дражных отработок россыпей (песчано-гравийно-галечные отложения высотой 4–5 м), насыпями вдоль газопроводов (суглинки, глины, песчано-глинистые разности со щебнем и глыбами коренных пород, высотой 2–3 м) [3].

Заключение

Проведенные исследования позволили уточнить стратиграфическую схему четвертичных отложений Среднего Урала и реконструировать палеогеографические условия их формирования. Установлено, что основную роль в строении четвертичного покрова играют ледниковые, флювиогляциальные, аллювиальные, делювиальные, элювиально-делювиальные комплексы. Выявленная сложная структура четвертичного чехла определяет актуальность дальнейших исследований для решения фундаментальных (уточнение хронологии и корреляции событий, палеоклиматические реконструкции) и прикладных задач – поиск россыпных месторождений, оценки минерально-сырьевого потенциала региона, рациональное инженерно-геологическое и геоэкологическое обустройство территорий.

Библиографический список

1. Бадер О.Н. Археологические памятники Прикамья. М., 1950. 115 с.
2. Бадер О.Н. Поселения турбинского типа в среднем Прикамье. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 196 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Лист О-40-Х (Кизел). Объяснительная записка / Составители: Г.П.Снитко, В.В.Гай, И.С.Копылов и др. Редактор: Б.К.Ушков. Научный соредактор В.Р.Вербицкий. Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», (Минприроды России, Управление по недропользованию по Пермскому краю (Пермьнедра), ОАО «Геокарта-Пермь»). 2017. 167 с.
4. Горецкий Г.И. Аллювий великих антропогенных прарек Русской равнины. М.: Наука, 1964. 416 с.
5. Юшкин Н.П., Иванов О.К., Попов В.А. Введение в топоминералогию Урала. М.: Наука, 1986.
6. Введенская Н.В. Отчет о палеогеографических исследованиях в бассейне среднего течения р. Камы в 1956–1961 гг. Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1962.
7. Верецагина В.С., Зыков Л.В. Стратиграфия четвертичных отложений западного склона Среднего Урала (Информационный отчет Уральской тематической четвертичной партии № 2 за 1960 г.). Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1961.
8. Верецагина В.С. Четвертичные отложения раннего Западного склона Среднего Урала и Предуралья, лист О-40 (Информационный отчет о работе четвертичного отряда № 2 за 1961–1962 гг.). Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1963.
9. Денисов М.И., Никитин А.Г., Мартеньянов В. В. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1 : 200 000 групповым методом листов Р-40-XXXIII (юж. пол.), Р-40-XXXIV (юго-зап. четв.), О-40-III, О-40-IV (зап. пол.), О-40-IX (сев. пол.), О-40-Х (сев.-зап. четв.) в бассейнах рек Камы, Яйвы, Глухой Вильвы на Сред-нем Урале за 1977–1980 гг. Т. 3. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1980.
10. Карта четвертичных отложений Урала масштаба 1 : 500 000 и объяснительная записка. Т. 1 / Под ред. В.А. Лидера. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1965.
11. Копылов И.С. Геоморфология Среднего Урала (лист О-40-Х) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 262-280.
12. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.

13. Копылов И.С. Гидрогеология Среднего Урала (Кизеловский угольный бассейн, лист О-40-Х) // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 281-300.
14. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.
15. Копылов И.С. Эколого-геологическая обстановка Среднего Урала (Кизеловский угольный бассейн, лист О-40-Х) // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 128-145.
16. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геозкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201
17. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
18. Копылов И.С., Суслов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россыпей // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 111-112.
19. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.
20. Легенда Пермской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (издание второе) / Леонова-Вендровская З.А., Морозов Г.Г., Черткова И.И., Зильберман А.М. Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 2002.
21. Лидер В.А., Глазырина Н.С. и др. Четвертичные отложения Урала // Сводный отчет за 1960–1966 гг. по теме: Составление комплекса карт четвертичных отложений Урала. Изучение опорных разрезов и обнажений. Составление схемы стратиграфии с детальным обоснованием. Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1965.
22. Матвеев П.М. и др. Геологическая карта Урала, масштаб 1 : 100 000. Листы О-40-7 и О-40-19 (Отчет Березниковской геолого-съёмочной партии о работах 1961–1963 гг.). Т. 3. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1966.
23. Нацик П.Т. Отчет о результатах поисков белых глин и каолинов в Кизеловском и Чердынском районах Пермской области и обследование некоторых месторождений белых глин и каолинов Первоуральского и Свердловского районов Свердловской области. Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1940.
24. Сажин Г.Г., Пескин Б.Л., Гатауллин И.К. и др. Отчет о поисковых работах на светложгущиеся глины в Александровском, Соликамском, Кишертском, Суксунском и Березовском районах Пермской области в 1969–1973 гг. Т. 1 и 2. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1973.
25. Степанов И.С., Сычкин Г.Н., Рыбьякова Н.М. и др. Отчет о геоморфологических исследованиях на Среднем Урале масштаба 1 : 200 000 в пределах Западно-Уральской зоны складчатости (Лист О-40-Х – вост. пол.) в Александровском, Кизеловском, Губахинском, Гремячинском районах Пермской области за 1981–1983 гг. Т. 3. – ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1983.
26. Суслов С.Б., Зорин В.Н. и др. Информационный отчет по геологическому доизучению масштаба 1 : 200 000 Горнозаводской площади (Лист О-40-XVII). Т. 1 и 2. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 2004.
27. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2012. 91 с.
28. Щербаков О.А., Щербакова М.В., Головин П.В. и др. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Пермская. Листы О-40-Х и О-40-XVI. Т. 1. Пермский филиал ФГУ «ТФИ по Приволжскому федеральному округу», 1984.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ, СФОРМИРОВАННЫХ ПОД РАЗВИТИЕ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В МКР. №1 ПГТ БЕЛЫЙ ЯР

В связи с расширением городской застройки в пос. Белый Яр, были проведены инженерно-геологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания. Район изысканий расположен в микрорайоне №1, в пределах улиц Некрасова, Лесная, Толстого.

Ключевые слова: инженерные изыскания, грунты, грунтовые воды, коррозионная активность, инженерно-геологические процессы, Сургутский район, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Тюменская область.

A.N. Kuznetsova

Navigation and Geodynamic Systems of Yugra (NavGiS), Surgut, Russia

ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEYS ON LAND PLOTS FORMED UNDER DIFFERENT BUILT-IN TERRITORIES IN MKR. №1 OF THE SETTLEMENT OF URBAN TYPE WHITE YAR

In connection with the expansion of urban development in the village of Bely Yar, engineering-geological and engineering-hydrometeorological surveys were carried out. The survey area is located in microdistrict No1, within the boundaries of Nekrasova, Lesnaya, Tolstoy streets.

Keywords: engineering surveys, soils, groundwater, corrosivity, engineering and geological processes, Surgut District, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra, Tyumen Region.

Введение

Целью инженерных изысканий на объекте являлось получение материалов и данных о ситуации и рельефе местности, существующих зданий и сооружений, необходимых для разработки проектной документации.

Целевым назначением инженерно-геологических работ являлось:

- изучение геолого-литологического строения;
- определение горизонта грунтовых вод и прогнозируемого уровня;
- определение коррозионной активности грунтовых вод к металлу и бетону марки W 4; определение коррозионной активности грунтов к бетону и металлу, свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля;
- определение степени относительной деформации пучения грунтов;
- определение глубины промерзания грунтов;
- наличие инженерно-геологических процессов.

Район изысканий расположен в Тюменской области, Ханты-Мансийском автономном округе - Югре, Сургутском районе, п. Белый Яр. Район изысканий расположен в мкр. №1, в пределах улиц Некрасова, Лесная, Толстого [8].

Краткая физико-географическая характеристика района работ

Район изысканий хорошо освоен. Техногенные условия обусловлены наличием густой сети автодорог, линий электропередач и трубопроводов. Рельеф местности - равнинный. Абсолютные отметки площадки изысканий колеблются в пределах от 38 до 42 м.

Географическое положение территории определяет ее климатические особенности. Наиболее важными факторами формирования климата является перенос воздушных масс с запада и влияние континента. Взаимодействие двух противоположных факторов придаёт циркуляции атмосферы над рассматриваемой территорией быструю смену циклонов и антициклонов, способствует частым изменениям погоды и сильным ветрам. Кроме того, на формирование климата существенное влияние оказывает огражденность с запада Уральскими горами, незащищённость с севера и юга. Над территорией осуществляется меридиональная циркуляция, вследствие которой периодически происходит смена холодных и теплых масс, что вызывает резкие перепады от тепла к холоду.

Климатическая характеристика района изысканий принята по метеостанциям Сургут и Ермаково согласно СНиП 23-01-99* и Научно прикладному справочнику по климату СССР, Серия 3, Многолетние данные, Части 1-6, Выпуск 17, Тюменская и Омская области.

Климат данного района резко континентальный. Зима суровая, холодная, продолжительная. Лето короткое, теплое. Резкие колебания температуры в течение года и даже суток. Среднегодовая температура воздуха - минус 3,1 °С, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца января – минус 22 °С, а самого жаркого июля + 16,9 °С.

Осадков в районе выпадает много, особенно в теплый период с апреля по октябрь - 425 мм, в холодное время с ноября по март - 160 мм, годовая сумма осадков - 585 мм. Соответственно держится высокая влажность воздуха, средняя относительная влажность меняется от 67,8 до 82,1 %.

Средняя дата образования снежного покрова - 16.10, дата схода - 14.05. Сохраняется снежный покров 207 дней. Средняя годовая скорость ветра - 4,3 м/с. В течение года преобладают ветры юго-западного направления, в январе также юго-западного, в июле - северного. По климатическому районированию для строительства территория относится к I климатическому району, к подрайону – ID.

Согласно СП 11-103-97 опасных гидрометеорологических процессов и явлений в районе работ нет.

Рассматриваемая территория по естественно - историческому районированию входит в лесную зону правобережного бассейна Средней Оби. В среднем течении река Обь типично равнинная река, протекает в пределах тайги и принимает ряд многоводных притоков, поэтому водоносность ее резко увеличивается. Согласно схеме основных орографических единиц (по Г.А. Рихтеру) район работ расположен в пределах Сургутского Полесья Западно-Сибирской равнины на первой надпойменной террасе р. Оби.

Согласно геоморфологическому районированию Западно-Сибирской плиты (по В.Т. Трофимову, 1975), территория изысканий расположена в Среднеобской области позднечетвертичных аллювиальных и озерно-аллювиальных террасных равнин. Основными геолого-геоморфологическими элементами Среднего Приобья являются высокие и низкие поймы речных долин; аллювиальные равнины первой, второй и третьей надпойменных террас; озёрные, озерно-аллювиальные и водно-ледниковые равнины междуречий, расположенные на различных гипсометрических уровнях.

В соответствии с приложением Б СП 11-105-97 по совокупности геологических, геоморфологических, техногенных и гидрологических факторов, район проектируемого строительства относится ко второй категории сложности инженерно-геологических условий. Согласно СНиП 22-01-95 Приложение Б природные процессы характеризуются как умеренно опасные.

Ближайшими водными объектами к изысканной площадке являются река Обь (протока Кривуля) и ручей без названия, впадающий в протоку Старая Обь и в период весеннего половодья находящийся в подпоре от р. Оби.

Инженерно-геологические изыскания

Инженерно-геологические изыскания на объекте: «Земельные участки, сформированные под развитие застроенных территорий в мкр.№1 п.г.т. Белый Яр» выполнены в мае-июле 2015 г. отделом инженерных изысканий ЗАО «НавГиС» на основании договора №01-01/14-И от 13.01.2015г., в соответствии с нормативно-техническими документами и техническим заданием заказчика. Заказчиком является ООО «Сургутское Ремонтно-Строительное Управление». Вид строительства: новое. Стадия проектирования: проектная документация [8].

Инженерно-геологические изыскания выполнялись согласно свидетельству о допуске к определённым видам или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства № 01-И-№1760-1 от 20 февраля 2012 г.

Работы проведены в соответствии с требованиями СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». Актуализированная редакция СНиП 11-02-96, по материалам, полученным при выполнении полевых работ, фондовым материалам, с использованием специальной литературы, атласов и топографических карт [1-7].

Полевые работы выполнены в мае 2015 года.

Инженерно-геологическая рекогносцировка заключалась в проведении рекогносцировочного обследования на площадках изысканий. Целью обследования являлось получение материалов, характеризующих инженерно-геологические условия исследуемой территории - наличия поверхностных проявлений физико-геологических процессов, способных отрицательно повлиять на эксплуатацию проектируемых сооружений.

Буровые работы выполнялись для изучения геолого-литологического строения, гидрогеологических условий, отбора проб грунта и воды для лабораторных исследований.

На площадке было пробурено 12 скважин, глубиной 20,0 м. Общий метраж бурения составил 240,0 м. Бурение проводилось колонковым способом диаметром 127мм, буровой установкой ПБУ-2 на базе УРАЛ и КАМАЗ.

Во всех пробуренных скважинах были произведены замеры уровней появления и установления подземных вод.

Разведочные скважины пройдены с отбором образцов грунта нарушенной и ненарушенной структуры. Образцы отбирались по всей глубине скважины послойно, но не реже, чем через 1,5 – 2,0 м. Образцы грунтов отбирались, упаковывались и транспортировались в соответствии с ГОСТ 12071-2000. Всего было отобрано 124 образца грунта из них: 66 образцов нарушенной структуры, 12 ненарушенной структуры и 46 образцов для определения плотности грунта.

По образцам нарушенной и ненарушенной структуры в лаборатории ЗАО «НавГиС» согласно свидетельству №1670 о состоянии измерений в лаборатории, были определены для песков - гранулометрический состав, естественная влажность, плотность частиц грунта, плотность грунта, углы откосов, коэффициент фильтрации, плотность сухого грунта для коэффициента фильтрации. По образцам из глинистых грунтов определялась гранулометрический состав грунта, естественная влажность и влажность на границах текучести и раскатывания, плотность частиц грунта, плотность грунта.

По образцам ненарушенной структуры был проведён полный комплекс физико-механических, прочностных и деформационных свойств грунтов.

Химический анализ подземных вод и водной вытяжки грунта выполнен комплексной аналитической лабораторией в соответствии с ГОСТами и действующими нормативными документами.

Лабораторные исследования грунтов производились с соблюдением требований соответствующих ГОСТов.

На участке изысканий проводилось испытание грунтов статическим зондированием по достижению максимальных значений установкой ПБУ-2, согласно ГОСТ 19912-2001. При выполнении работ использовался комплект статического зондирования ТЕСТ К2. Для обработки результатов статического зондирования применена программа Geoexplorer. Результаты статистической обработки значений сопротивления грунта под конусом зонда и по боковой поверхности муфты трения зонда приведены в текстовом.

Удельное электрическое сопротивление грунта определялось непосредственно на местности. Использовался прибор - измеритель сопротивления ИС-10, стальные электроды длиной 250-350 мм и диаметром 15-20 мм.

Измерение электрического сопротивления грунта проводилось по четырехэлектродной схеме. Электроды размещают на одной линии, которая для проектируемого сооружения должна совпадать с осью трассы, а для

уложенного в землю сооружения должна проходить перпендикулярно или параллельно этому сооружению на расстоянии 2-4 м от оси сооружения. Измерения выполняют в период отсутствия промерзания грунтов на глубине заложения подземного сооружения.

Камеральные работы заключались в обработке и анализе данных полевых и лабораторных работ, проведены необходимые и достаточные статистические расчеты, построены инженерно-геологические разрезы, выполнены геолого-литологические колонки.

По результатам выше перечисленных работ составлен технический отчет с соответствующими текстовыми и графическими приложениями. Все текстовые и графические материалы оформлены на магнитных и бумажных носителях.

Камеральная обработка материалов изысканий выполнена на ПЭВМ с использованием программных комплексов «CREDO», «AutoCAD», «Excel», «Word».

Результаты исследований

Характеристика грунтов

В геологическом строении участка изысканий, до разведанной глубины 20,0 м, принимают участие аллювиальные отложения четвертичной системы. Сводный геолого-литологический разрез следующий (сверху - вниз):

Четвертичная система:

1) песок мелкий, светло-коричневый, плотный, средней степени водонасыщения. Вскрытая мощность 1,6-3,3 м, глубина залегания 0,0-3,3 м;

2) песок мелкий, светло-коричневый, плотный, насыщенный водой. Вскрытая мощность 1,0-11,1 м, глубина залегания 2,0-20,0 м;

3) песок мелкий, коричневый, средней плотности, до уровня подземных вод средней степени водонасыщения, ниже насыщенный водой. Мощность слоя 1,5-4,2 м, глубина залегания 0,0-7,5 м;

4) песок пылеватый, серый, средней плотности, насыщенный водой. Мощность слоя 0,8-4,6 м, глубина залегания 4,4-12,7 м;

5) песок пылеватый, серый, плотный, насыщенный водой. Вскрытая мощность слоя 0,9-4,4 м, глубина залегания 6,2-20,0 м;

6) суглинок серый, тугопластичный. Мощность слоя 1,0-2,4 м, глубина залегания 3,3-6,1 м;

7) суглинок серый, мягкопластичный. Мощность слоя 0,9-3,4 м, глубина залегания 4,8-17,2 м.

По данным инженерно-геологических исследований в соответствии со СНиП 11-02-96 (СП 11-105-97), специфических грунтов на изучаемой территории не обнаружено.

Характеристика подземных вод

Гидрогеологические условия района работ характеризуются наличием водоносного горизонта подземных вод, приуроченного к аллювиальным отложениям.

Водоносный горизонт поровый, безнапорный. Уровень подземных вод на момент бурения встречен на глубине 1,9-3,3 м. Водовмещающими породами являются пески мелкие, пылеватые и суглинки мягкопластичные.

Режим грунтовых вод района изысканий, согласно карты районирования (А.А.Коноплянцев, В.С.Ковалевский, С.М.Семенов, М., 1963), относится к провинции Б подтипу обильного питания, слабодренированной области. В соответствии с графиком годового цикла колебаний уровня грунтовых вод, уровень подземных вод на момент изысканий находится в районе приближенном к многолетнему максимуму. В связи, с чем прогнозный подъем уровня может составить 0,5 м.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока напорных вод из нижележащих горизонтов. Разгрузка подземных вод идет в ближайшие реки и ручьи. В общем виде конфигурация пьезогидроизогипс подземных вод повторяет рельеф местности.

Воды пресные, гидрокарбонатные.

Подземные воды (согласно СП 28.13330.2012, таб. В.3) слабоагрессивные по бикарбонатной щёлочности (HCO_3 —1,1 – 3,6 мг-экв/дм³), по водородному показателю рН (7,4 – 8,0, д.ед), слабоагрессивные и среднеагрессивные по содержанию агрессивной углекислоты ($\text{CO}_2\text{агр}^*$ - 61,6 – 4,4 мг/дм³) при марке бетона W4. Подземные воды среднеагрессивные на металлические конструкции при свободном доступе кислорода в интервале температур от 0 до 50°С и скорости движения до 1 м/с согласно СП 28.13330.2012, таб. Х.3.

По таблице Г.2 СП 28.13330.2012 подземные воды неагрессивные на арматуру железобетонных конструкций при постоянном погружении и слабоагрессивные при периодическом смачивании.

Подземные воды (согласно ГОСТ 9.602-2005, таб. 3) по отношению к свинцовой оболочке кабеля низкой и средней коррозионной агрессивности по рН и высокой по общей жесткости, низкой по концентрации Нитрат-ион.

Подземные воды (согласно ГОСТ 9.602-2005, таб. 5) по отношению к алюминиевой оболочке кабеля по рН обладают низкой и средней коррозионной агрессивностью, средней по массовой доле хлор-ион и низкой по массовой доле ион железа.

Геологические и инженерно-геологические процессы

По данным выполненных изысканий, в районе работ выделены следующие инженерно-геологические процессы и явления: сезонное промерзание и оттаивание грунтов.

Более значительные и сложные изменения состава и строения пород, а также физического состояния происходят в процессе промерзания глинистых пород. Под влиянием разности упругости пара (в водонасыщенных грунтах),

поверхностных и капиллярных сил, превышающих силы порового давления, наблюдается передвижение влаги к фронту промерзания, где происходит ее замерзание и выделение льда в виде прослоек, линз, жилок и других форм. В результате промерзания в глинистых породах у фронта волны холода резко возрастает их влажность (льдистость), которая существенно влияет на их свойства при оттаивании. Перераспределение влаги в глинистых породах при промерзании сопровождается явлениями морозного пучения, заключающегося в том, что влажные дисперсные грунты при замерзании способны увеличиваться в объёме. При последующем оттаивании в этих грунтах происходит обратный процесс, сопровождающийся их разуплотнением и снижением несущей способности. Эти процессы, как правило, проявляются на глубине промерзания грунтов.

Район изысканий относится к зоне развития сезонномерзлых грунтов. У поверхности в зимний период грунты будут промерзать, летом оттаивать. Процессы сезонного промерзания грунтов в районе работ развиты повсеместно. Нормативная глубина сезонного промерзания (на открытой, оголённой от снега поверхности) для грунтов выше уровня подземных вод, определяется согласно СНиП 2.02.01-83: для суглинистых грунтов – 2,11 м, для песков мелких и пылеватых – 2,6 м.

В связи со значительным промерзанием получили развитие процессы пучения грунтов. По относительной деформации пучения согласно «Пособию к СНиП 2.02.01- 83...»:

- пески мелкие насыщенные водой ($D > 1$) – пучинистые,
- пески пылеватые насыщенные водой ($D > 1$) – пучинистые,
- суглинки мягкопластичные ($R_f 0.35$) – среднепучинистые,
- суглинки тугопластичные ($R_f 0.37$) – среднепучинистые.

Заключение

В соответствии с приложением Б СП 11-105-97 по совокупности геологических, геоморфологических, техногенных и гидрологических факторов, район проектируемого строительства относится ко второй категории сложности геологического строения. Согласно СНиП 22-01-95 Приложение Б природные процессы характеризуются как умеренно опасные.

Степень агрессивного воздействия грунтов по лабораторным исследованиям на конструкции из углеродистой и низколегированной стали по удельному электрическому сопротивлению. По полевым определениям коррозионная агрессивность грунтов к конструкциям из углеродистой и низколегированной стали низкая и средняя. Грунты неагрессивные на бетонные и железобетонные конструкции.

Нормативная глубина сезонного промерзания (на открытой, оголенной от снега поверхности) для грунтов выше уровня подземных вод, определяется согласно: для суглинистых грунтов – 2,11 м, для супесей, песков мелких и пылеватых – 2,6 м.

В связи со значительным промерзанием получили развитие процессы пучения грунтов.

В соответствии СП 11-105 - 97 район работ относится ко II категории по сложности инженерно-геологических условий.

Библиографический список

1. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Том II. 2005.
2. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация». М., 2011.
3. Новиков И.П., Вассерман С.Н., Воронов Ю.Н., Гамарник В.Б., Захаров Ю.Ф., Пикер Г.И., Симонов А.В. Исследование процессов сезонного промерзания грунтов Среднего Приобья // Проектирование обустройства нефтяных месторождений Западной Сибири, 1978, вып. 46. 141 с.
4. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
5. СП 11-105-97 Часть I. «Инженерно-геологические изыскания для строительства», 1997.
6. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии»
7. СП 11-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства»
8. Технический отчет «Земельные участки, сформированные под развитие застроенных территорий в мкр. №1 п.г.т. Белый Яр». Сургут: ЗАО «НавГис», 2015.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. ПЕРМЬ

В данной статье приведена методика построения инженерно-геологических условий исследуемой территории на основе применения системы геологической информации (геоинформационной), а также её готовая 3D модель. В качестве объекта выступает участок, находящийся в Ленинском районе г. Пермь.

Ключевые слова: 3D модель, геоинформационные системы, инженерно-геологические условия, Пермь.

M.A. Sukhanov

Perm State University, Perm, Russia

MODELLING ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE STUDY AREA IN THE CENTRAL PART OF PERM

This paper presents a methodology for constructing engineering-geological conditions of the study area based on the use of a geological information system (geoinformation), as well as its finished 3D model. The site is located in the Leninsky district of Perm.

Keywords: 3D model, geoinformation systems, engineering-geological conditions, Perm.

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) являются специализированными базами данных, которые с помощью уникальных алгоритмов обрабатывают не только атрибутивные данные, но и пространственную информацию. Это ключевое отличие ГИС от традиционных СУБД (систем управления базами данных). Чтобы создать современную модель геологической среды, необходимо учитывать её трехмерную структуру и определять пространственное расположение геологических формаций. В рамках данного процесса важно наличие цифровых карт выбранных территорий и проектирование послойной структуры пространственных данных в системе ГИС. Данная модель выступает «фундаментом» для разработки датологической модели, которая строит логические связи между элементами данных, абстрагируясь от их физического содержания и места хранения [1, 14].

С использованием 3D-моделей в изучении геологической среды обеспечивается значительно более высокий уровень информативности по сравнению с традиционными 2D-системами.

Такой подход дает возможность осуществлять обработку данных без строгого соблюдения масштаба, учитывая, что объем информации в трехмерных моделях может превышать необходимый минимум в десятки раз [6].

Цель и задачи исследований - применение ГИС-технологий при изучении инженерно-геологических условий в центральной части г. Перми и построение 3D модели.

В данной работе для построения трёхмерной модели изучался участок в г. Перми, расположенный в центральной части города с границами по улицам Крисанова (с запада), Окулова (с севера), Монастырская (с востока) и Советская (с юга) (рис. 1).

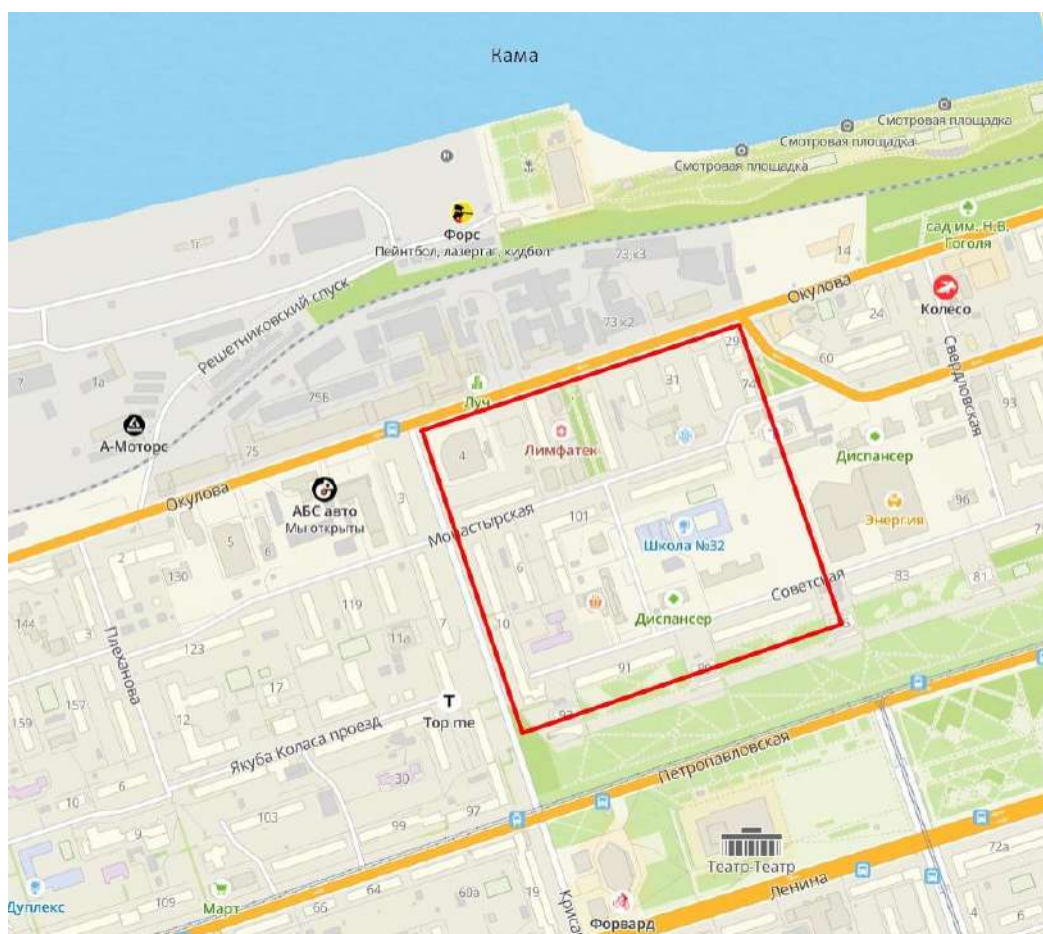


Рис. 1. Административное положение участка исследования

Природно-геологические и инженерно-геологические условия

Рельеф местности в черте города характеризуется сложной пересечённостью, а также носит всхолмлённо-равнинный характер. Основными же формами рельефа являются пойма и аккумулятивно-эрозионные надпойменные террасы. На поверхности таких пойм находится большое число заболоченных и частично заторфованных участков. Долина реки Камы имеет чётко выраженный характер с террасированными склонами [2, 7]. Левый берег заметнее выше правого, его средняя высота 165 м., в то время как правого – 137 м. Юг и юго-восток города находится на холмах, высота которых

может достигать 255 м. При этом вся восточная часть Перми лежит на равнине, где минимальная высота равна 87 м. Рельеф осложнён многочисленными оврагами и логами, которые были образованы малыми реками и ручьями, впадающими в Каму в различных местах. Они разделяют город на отдельные водораздельные пространства, которые транспортно плохо связаны друг с другом.

В процессе городской застройки, естественная поверхность территории города в районе работ испытала влияние техногенных факторов. В районе участка исследования находятся разные наземные, а также подземные коммуникации. На территории Перми в 18-19 веках происходила добыча медистых песчаников.

В геологическом отношении территория расположена на востоке Восточно-Европейской платформы, в центральной части Пермского свода. В верхней части разреза залегают карбонатно-терригенные породы верхнего палеозоя, на поверхность выходят отложения шешминской свиты уфимского яруса пермской системы, перекрытые маломощным чехлом четвертичных образований [7, 8].

По гидрогеологическим условиям изучаемая территория находится в пределах Восточно-Русского сложного бассейна (первого порядка) пластовых и блоково-пластовых безнапорных и напорных вод, в пределах Тулвинского бассейна подземных вод (второго порядка). В зоне активного водообмена имеют распространение подземные воды шешминского водоносного комплекса, а также аллювиальных отложений. Шешминские отложения характеризуется сильной и довольно неравномерной загипсованностью пород, что сказывается на минерализации воды. Для района характерным является резкое увеличение минерализации с глубиной [8, 9].

На изучаемой территории развиты различные экзогенные геологические процессы, среди которых наиболее характерны процессы подтопления и морозного пучения. Подтопление является наиболее распространённым процессом, который ведёт за собой негативные последствия и ущерб для зданий и сооружений. Данный процесс ухудшает физико-механические свойства грунтов, которые впоследствии влияют на функционирование сооружений [2, 10]. Участок исследования можно отнести, согласно СП 11-105-97 приложение «И», к категории I-A-1, а именно к постоянно подтопленному в естественных условиях [4, 5].

Методика и результаты исследований

Основные методики по ГИС-технологиям, применяемые в исследованиях изложены в работах [3, 11-13].

С помощью программы Carlson Mining AutoCAD CIVIL 3D возможно визуализировать исследуемое, проектируемое сооружение в пространстве, с использованием заранее выделенным инженерно-геологическим элементам (ИГЭ) можно строить колонки скважин, различные поверхности и тела, также строить блочную модель, которая необходима для подсчёта запасов полезных

ископаемых при разработке карьеров, объёмов грунта при планировке территории и тому подобное.

Этапы построения геологической 3D модели:

1. На первом этапе производится формирование блока исходных данных, который формируется после предварительной обработки результатов полевых, лабораторных и камеральных работ. На данном этапе выделяют инженерно-геологические элементы (ИГЭ), составляются буровые журналы и каталоги скважин обязательно в том формате, который подходит для импорта эти скважин в используемую программу.

2. Осуществляется процесс ввода данных для формирования модели геологического строения в программе Carlson Mining AutoCAD CIVIL 3D. Это данные о дате бурения, полное описание выделенных инженерно-геологических элементов (наименование, возраст, абс. отметки кровли / подошвы, их мощность и генетический комплекс), а также, при наличии, УГВ.

3. Построение геологической 3D модели. Данный этап представляет собой предварительный пространственный анализ инженерно-геологических условий, осуществляется создание шаблонов для построения модели (вертикальный масштаб, горизонтальный масштаб, виды пространственного отображения слоев, колонок скважин, настройки построения поверхностей кровли и подошвы, штриховки разрезов и прочее).

Конечным результатом построения геологической модели является пространственная визуализация условий залегания грунтов в виде тел и поверхностей кровли и подошвы (рис. 2) с описанием их возраста, генезиса и наименования (рис. 3)

Инженерно-геологическая информация на полученной модели представлена в виде скважин с указанием их координат, описания условий залегания грунтов включая отметки, глубины залегания кровли/подошвы, возраст пород, № инженерно-геологического элемента, а также описание номенклатуры грунта.

Заключение

Полученная модель инженерно-геологических условий изученного участка позволяет строить различные инженерно-геологические разрезы данной территории. Также она даёт возможность построить геологический срез поверхности на конкретной глубине, который в дальнейшем позволит получить данные необходимые для выбора типа фундамента (ленточный, плитный, свайный и так далее), глубину заложения этого фундаментов при строительстве новых зданий и сооружений, а также разработать мероприятия по защите зданий и сооружений от подземных вод.

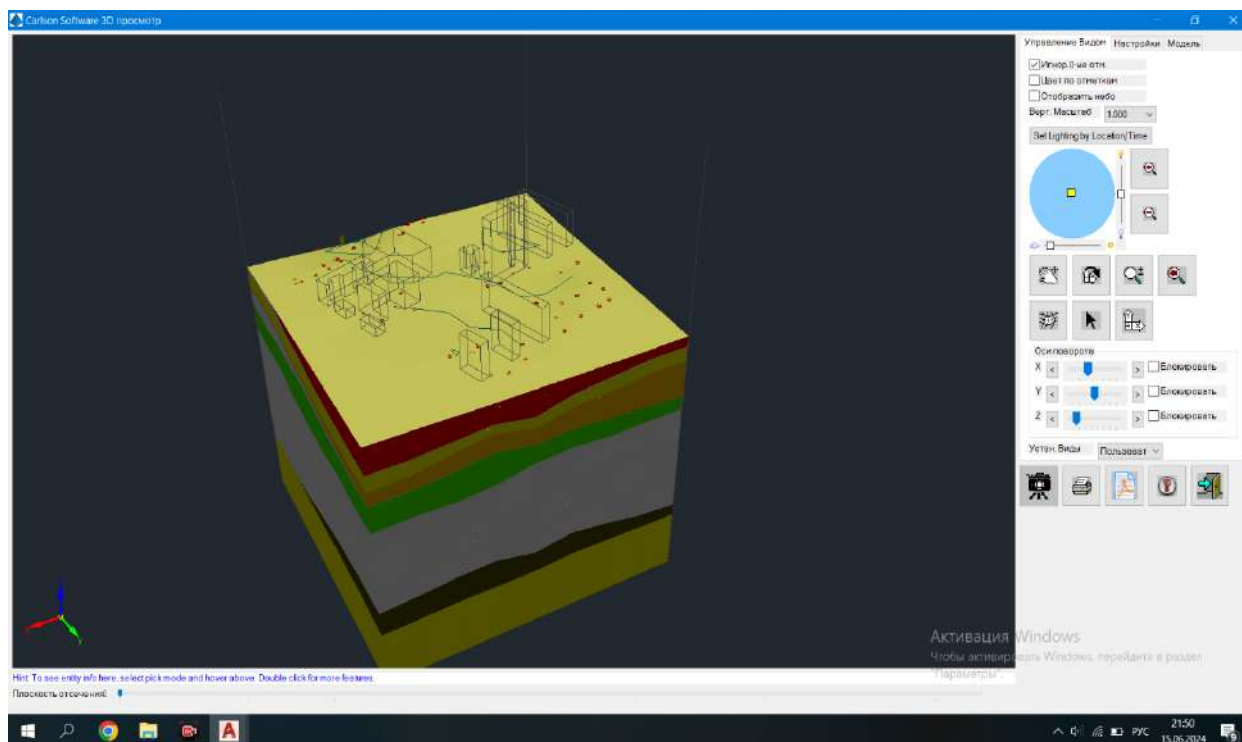


Рис. 2. Инженерно-геологическая 3D модель участка

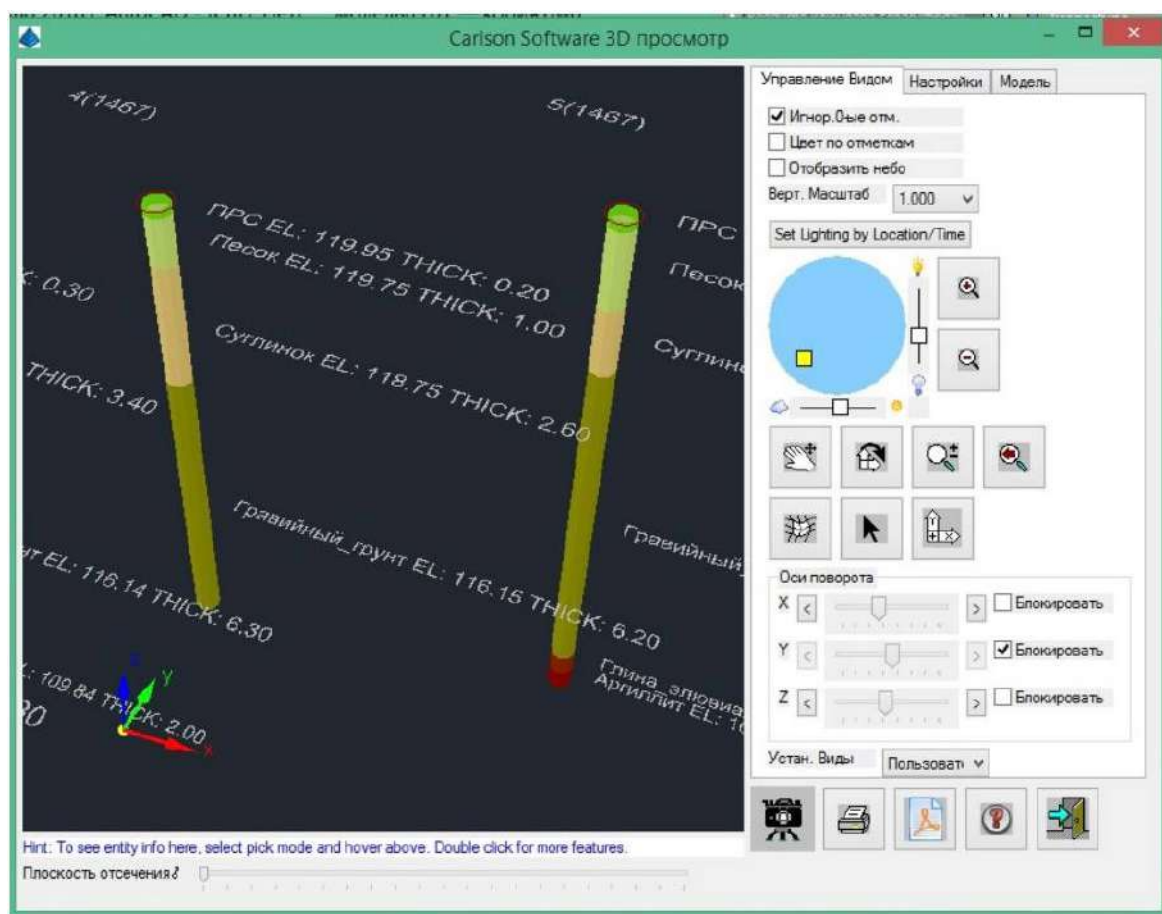


Рис. 3. Фрагмент базы данных ИГЭ

В конечном итоге, готовая 3D модель участка помогает оптимизировать затраты на проведение инженерно-геологических работ в пределах исследуемой территории для строительства и реконструкции зданий и сооружений. Дополнение модели новыми инженерно-геологическими данными позволяет оперативно актуализировать объёмную геологическую модель, сокращая временные затраты на анализ материалов изысканий прошлых лет.

Помимо этого, визуализированная трёхмерная модель инженерно-геологического строения, построенная на базе Carlson Mining AutoCAD CIVIL 3D содержит данные о положении границ и тел слоев грунтов, 3D колонки включая номер скважин, их абсолютные отметки устья и глубины залегания, а также наименования, состояния и свойства инженерно-геологических элементов, их генезис и возраст.

Библиографический список

1. Ананьев Ю.С. Геоинформационные системы. Учеб. пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2003. 70 с.
2. Атлас Пермского края / Коллектив авторов под общей редакцией А.М.Тартаковского. Пермь, 2012.
3. «Геология в среде AutoCAD».
4. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
5. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статической обработки результатов испытаний.
6. Козловский С.В. Теория и практика создания ГИС в инженерной геологии. Диссертация. РГГРУ, 2011. 313с.
7. Копылов И.С. Геология и геодинамика центральной части города Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41). С. 280-287.
8. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края, Пермь, 2001. 501 с.
9. Копылов И.С. Подземные воды и гидрогеологические условия г. Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2024. № 7 (44). С. 82-89.
10. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, ПГНИУ, 2021, 501 с.
11. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 3. С. 85-90.
12. Соколова И.А. Методика структурирования данных для информационного моделирования геологической среды // Геопрофи. № 6. 2007. С. 14-18.
13. Сборник упражнений Carlson Geology. НИИП-Информатика, 2023. 305С.
14. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: Финансы и статистика, 1997. 290 с.

ОЦЕНКА КАРСТООПАСНОСТИ УЧАСТКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ ТРАССЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – МОСКВА НА УЧАСТКЕ КРЮКОВО (АЛАБУШЕВО) – ОБУХОВО

Проведена оценка карстоопасности участка проектируемой трассы высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва на участке Крюково (Алабушево) – Обухово в Тверской области. Рассмотрен методический подход по оценке поверхностной и подземной закарстованности. Рассчитаны показатели: плотность карстопоявлений, интенсивность провалообразования, коэффициент площадной и объемной закарстованности. По данным инженерно-геологического бурения подсчитано количество зон дробления, их мощность и плотность развития. Выполнено карстологическое районирование участка проектируемой трассы, с применением метода балльной оценки классификационного признака, а также по факторным признакам. Дана оценка карстоопасности изучаемой территории с определением категорий устойчивости выделенных участков относительно провалообразования.

Ключевые слова: инженерно-геологические процессы, оценка карстоопасности, поверхностная закарстованность, подземная закарстованность, карстологическое районирование, проектируемая трасса высокоскоростной железнодорожной магистрали.

D.S. Teplenin

Perm State University, Perm, Russia
LLC Antikarst and Coastal Protection, Perm, Russia

ASSESSMENT OF THE KARST HAZARD OF THE SECTION OF THE PROJECTED ROUTE OF THE HIGH-SPEED RAILWAY RAILWAY ST. PETERSBURG - MOSCOW AT THE SECTION KRYUKOVO (ALABUSHEVO) – OBUKHOVO

An assessment of the karst hazard of the section of the planned route of the high-speed railway line St. Petersburg – Moscow on the Kryukovo (Alabushevo) – Obukhovo section in the Tver region was carried out. A methodological approach to assessing surface and underground karstification is considered. The following indicators were calculated: density of karst manifestations, intensity of sinkhole formation, coefficient of areal and volumetric karstization. According to engineering-geological drilling data, the number of crushing zones, their thickness and density of development was calculated. A karstological zoning of the section of the designed route was carried out, using the method of scoring the classification attribute, as well as based on factor characteristics. An assessment of the karst hazard of the study area is given, with the determination of categories of stability of the selected areas with respect to sinkhole formation.

Keywords: engineering-geological processes, karst hazard assessment, surface karst formation, underground karst formation, karstological zoning, projected route of the high-speed railway.

Введение

В современном мире, с его стремительным развитием инфраструктуры и ростом населения, оценка карстоопасности в районах развития карста становится все более актуальной.

Карстовые процессы представляют серьезную угрозу для строительства и использования различных объектов. Они могут привести к серьезным последствиям, включая разрушение инженерных сооружений и ущерб окружающей среде.

Оценка карстоопасности играет важную роль в стратегическом планировании развития территорий, строительстве новых объектов и модернизации существующих. Она помогает учесть все возможные риски и принять обоснованные решения для обеспечения безопасности и устойчивого развития территории.

Целью данной работы является оценка карстоопасности участка проектируемой трассы высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва на участке Крюково (Алабушево) – Обухово.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

- сбор и анализ опубликованной и нормативной литературы по оценке карстоопасности и устойчивости изучаемой территории;
- оценка поверхностной закарстованности исследуемого участка;
- оценка подземной закарстованности территории;
- районирование участка изысканий по карстоопасности;
- определение категории устойчивости территории относительно провалообразования;
- оценка карстовой опасности территории.

Оценка карстоопасности участка проектируемой трассы проведена в рамках изысканий и камеральной обработки данных проектируемой трассы высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва на участке Крюково (Алабушево) – Обухово, проходящего по территориям Торжокского и Калининского районов Тверской области и имеющего протяженность 57 км.

Природные условия участка трассы

В геоморфологическом отношении территория исследований находится в центральной части Восточно-Европейской равнины, в пределах Верхне-Волжской низменности и Вышневолоцкой гряды, в области моренного рельефа и водно-ледниковых равнин. Территория прохождения трассы осложнена переходами через реки и временные водотоки, пересекает р. Логовежь, руч. Галицкий, р. Тверца, р. Волга и р. Тьмака.

В тектоническом строении изучаемая территория располагается на Восточно-Европейской платформе, в пределах Тверской моноклинали Московской синеклизы. В геологическом строении в приповерхностной её части принимают участие породы четвертичной (Q) и каменноугольной (C) систем.

Сейсмичность. Согласно картам ОСР-2015 для массового строительства, приведенным в СП 14.13330.2018, на исследуемой территории расчетная интенсивность сейсмических сотрясений по шкале MSK-64 составляет: 1) 5 и менее баллов, ожидаемой на данной площади с вероятностью 10%; 2) 5 и менее баллов, ожидаемой на данной площади с вероятностью 5%; 3) 5 и менее баллов, ожидаемой на данной площади с вероятностью 1%.

В *гидрогеологическом* отношении территория принадлежит к Восточно-Европейскому сложному артезианскому бассейну, осложненному Московским артезианским бассейном. В пределах исследуемого участка развиты подземные воды, приуроченные к водоносному комплексу четвертичных (Q) и каменноугольных (C) отложений, а также трещинно-карстовые подземные воды, относящиеся к каменноугольным трещиноватым известнякам, мергелям и доломитам. Грунтовые воды от пресных до умеренно солоноватых имеют минерализацию от 0,326 до 3,953 г/дм³, в среднем – 0,978 г/дм³. Согласно химическим анализам, грунтовые воды преимущественно неагрессивны по отношению к известнякам и агрессивны по отношению к доломитам. Трещинно-карстовые воды пресные и слабосолоноватые имеют минерализацию в пределах от 0,437 до 1,983 г/дм³, в среднем составляя 0,916 г/дм³. Согласно химическим анализам, трещинно-карстовые воды преимущественно неагрессивны по отношению к известнякам и агрессивны по отношению к доломитам.

Современные геологические процессы

Среди экзогенных процессов, развивающихся на этой территории, можно выделить заболачивание, линейную и речную эрозию, склоновые процессы, эоловые, карстовые и карстово-суффозионные, подтопление и затопление, а также морозное пучение.

Заболачивание. Основными факторами формирования и развития болот на территории являются: обильные осадки в летнее время, паводки, разгрузка подземных вод, пологие формы рельефа, широкое распространение глинистых пород. Процесс проявляется в виде заболоченных земель и болот I, реже III типов с плохо- и среднеразложившимся торфом устойчивой консистенции. Около 70% болот приходится на верховые, 20% - на переходные и 10% - на низинные. Верховые распространены на повышенных элементах рельефа междуречий, низинные – в понижениях рельефа, в долинах рек, переходные – на склонах долин и междуречий. Мощность торфа не превышает 2,5 м. Подстиляется торф песками, суглинками, супесями. Болота обводнены с глубины 0,1 – 1,5 м. Весной и осенью все болота обводнены с поверхности. Промерзание болот начинается в декабре, реже январе-феврале, в мягкие зимы иногда не замерзают. Максимальная глубина промерзания наблюдается в марте (0,2 – 0,4, реже 0,6 м). Оттаивание происходит с середины апреля до середины – конца мая. Наиболее активны процессы заболачивания в междуречье Тверцы – Волги. В руслах подпруженных водотоков происходит заиление, заболачивание прибрежной зоны.

Линейная эрозия в целом на участке изысканий распространена незначительно. Это объясняется преимущественно равнинным рельефом и большой заселённостью. Растущие овраги и промоины развиты на правобережье Тверцы. В морфологическом отношении овраги чаще всего имеют корытообразную форму. Реже встречаются V-образной формы. На исследуемой территории все встречающиеся овраги имеют крутые и часто обрывистые склоны. Глубина их может достигать до 8 – 10 м.

В районе исследования во всех основных речных долинах наблюдается *боковая речная эрозия*. Это можно судить по эрозии основания берегового уступа. Эти уступы образуют ниши, способствующие возникновению обрушения вышележащих пород в крутых берегах и впадинах. Участки подмыва и обрушения берегов встречаются по рекам Волга и Тьмака, реже по мелким речкам. Они представляют собой обрывы и крутые обнаженные склоны высотой от 2 – 3 м до 10 – 15 м, у подножья которых часто наблюдаются обвалы и осыпи.

Оползневые процессы. В целом территория Тверской области характеризуется относительно невысокой степенью пораженности и активности проявления оползневых процессов. Оползни, как правило, приурочены к долинам крупных рек – Волги, Тверцы и расчлененным эрозией склонам водоразделов. Оползневым процессам подвержены, в основном, моренные, озерно-ледниковые, реже аллювиальные отложения.

Размер оползней варьируется от единиц до десятков метров. Они классифицируются как неглубокие или мелкие до 5 м глубиной. Форма плоскости обычно круглая и длиной 3 – 5 м. По механизмам смещения они классифицируются как оползни скольжения и потока. Известны случаи оползания водонасыщенных аллювиальных песков поймы и надпойменных террас, залегающих на ленточных озерно-ледниковых глинах (р. Тверца).

Степень активности оползней незначительна. Однако следует учитывать, что различные вариации природных и климатических условий, а также влияние антропогенного фактора, могут в большей степени способствовать развитию оползневых процессов. Даже небольшой оползень может вызвать значительные нарушения в строительстве и эксплуатации близлежащих объектов.

Эоловые процессы. Развевание песков отмечается на пойме и надпойменных террасах реки Волги, где развиты песчаные дюны. Перевевание незакрепленных песков широко распространено в области развития зандровых и эоловых песков. Дюнообразованию способствуют лесные пожары и сплошные рубки леса, нарушения растительного покрова.

Подтопление и затопление. В соответствии с п. 5.4.8 СП 22.13330.2016 по характеру подтопления в пределах исследуемой территории выделяются неподтопленные районы III-Б-1 (глубина уровня подземных вод с учетом сезонных колебаний более 3 м), естественно подтопленные районы I-А-1 (глубина залегания уровней грунтовых вод менее 3 м с учетом сезонных колебаний).

Морозное пучение. В виде отдельных пучин и площадного сезонного пучения грунтов на исследуемой территории проявляется такой процесс, как

морозное пучение. Данный процесс ярко проявляется в толще торфов, пылеватых глинистых, иногда и песчаных грунтов. Происходит это в условиях близкого залегания грунтовых вод и сезонного промерзания. Пучины растут непрерывно до самой весны и достигают в высоту 20 – 40 см. Весной при оттаивании несущая способность переувлажненных грунтов резко снижается, образуются западины, в которых скапливается вода.

Карст на изучаемом участке проектируемой трассы является наиболее опасным и активно развивающимся процессом. Основными карстующимися породами являются известняки, доломиты и мергели верхнекаменноугольной системы (рис. 1). По данным бурения инженерно-геологических скважин установлено, что карстующиеся породы залегают под толщей песчано-глинистых четвертичных и каменноугольных отложений.

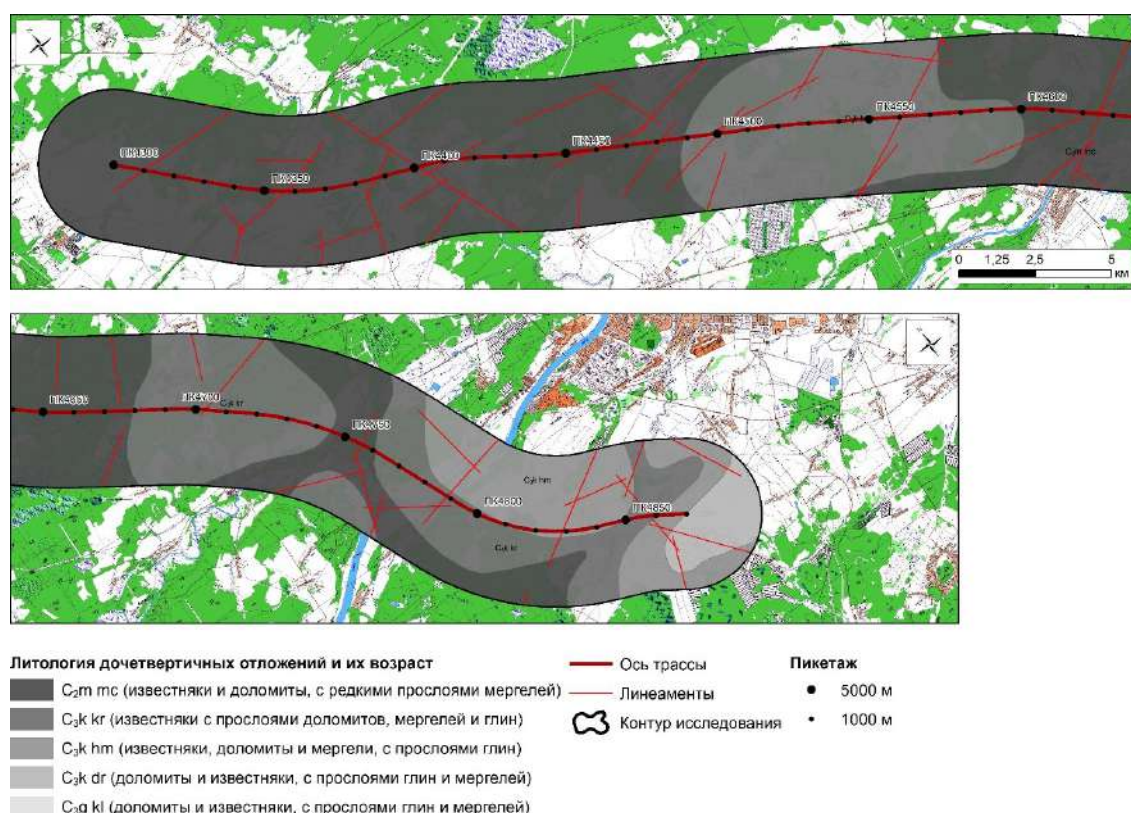


Рис. 1. Литологическая карта дочетвертичных отложений участка проектируемой трассы

Согласно СП 11-105-97, ч. II (п. 5.1.5) они являются труднорастворимыми породами. По степени обнаженности карстующихся пород и характеру перекрывающей толщи развит покрытый тип карста. По времени образования карст современный, так как он продолжает проявлять себя в виде образования новых карстовых форм. По отношению к подземным водам карстующиеся породы залегают в зоне постоянного водонасыщения.

Согласно схеме районирования карста Русской равнины [8], исследуемый участок расположен в Центрально-Русской карстовой области. В северо-западной части трасса приурочена к Валдайско-Торжокскому карстовому округу Валдайской карстовой провинции.

Согласно карте «Опасность карста» [3], на протяжении всей проектируемой трассы исследуемая территория характеризуется опасной (чрезвычайные ситуации регионального уровня) степенью карстового процесса.

Согласно карте распространения карста на территории Российской Федерации [7], исследуемый участок трассы характеризуется распространением карбонатного карста.

Согласно карте карстовой опасности на территории России [2], исследуемая трасса проектируемой высокоскоростной магистрали проходит по территории с различными типами опасности карста, характеризующейся мало опасной, умеренно опасной и опасной категориями.

Методика изучения поверхностной закарстованности

Оценка поверхностной закарстованности осуществлена в соответствии с «Руководством по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста» [5], ТСН 302-50-95 и СП 11-105-97, ч. II. Для количественной оценки поверхностной закарстованности применяются следующие показатели:

1) плотность карстопроявлений p – их количество n , отнесенное к площади их локализации S (шт./км²) (1):

$$p = \frac{n}{S} \quad (1);$$

2) интенсивность провалообразования λ – количество карстопроявлений n , образующихся на площади S за время t (шт./км²·год) (2):

$$\lambda = \frac{n}{S \cdot t} \quad (2);$$

3) коэффициент площадной закарстованности K_S – отношение суммарной площади карстопроявлений ΣS_e к площади расчетного участка S (м²/км²) (3):

$$K_S = \frac{\Sigma S_e}{S} \quad (3);$$

4) коэффициент объемной закарстованности K_V – отношение суммарных объемов карстопроявлений ΣV_e к площади расчетного участка S (м³/км²) (4):

$$K_V = \frac{\Sigma V_e}{S} \quad (4).$$

Оценка поверхностной закарстованности

Поверхностная закарстованность оценена по результатам дешифрирования космоснимков, анализа топографических карт масштаба 1:25 000, фондовых материалов, 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), и с учетом результатов полевого карстологического рекогносцировочного обследования.

Всего на площади 304,6 км², в радиусе 2,5 км от оси трассы, было зафиксировано 95 поверхностных карстопроявлений, представленных

карстовыми воронками, понижениями и карстовыми озерами. Из выделенных карстовых форм 84 классифицированы как воронки, 9 – понижения и 2 – карстовые озера (табл. 1).

Таблица 1

Типы карстопоявлений и их морфометрические показатели

Тип карстопоявлений	Возраст		Форма		Диаметр, м			Глубина, м		
	Древние, шт	Молодые, шт	в плане	в профиле	от	до	среднее	от	до	среднее
Воронки	73	11	эллипсоидная, округлая, сложная	чашеобразная, блюдцеобразная, конусообразная	0,4	21,0	2,6	0,3	2,0	0,7
Понижения	9	–	эллипсоидная, округлая, сложная	чашеобразная, блюдцеобразная	12,5	139,5	39,1	0,5	5,0	2,1
Карстовые озёра	2	–	эллипсоидная, сложная	чашеобразная	32,5	53,0	48,2	–	–	–

По большей части все зафиксированные поверхностные карстопоявления имеют травянистый покров. В основном, по их бортам можно наблюдать кустарники и деревья. Местами дно поверхностных карстопоявлений заполнено водой или заболочено (рис. 2).

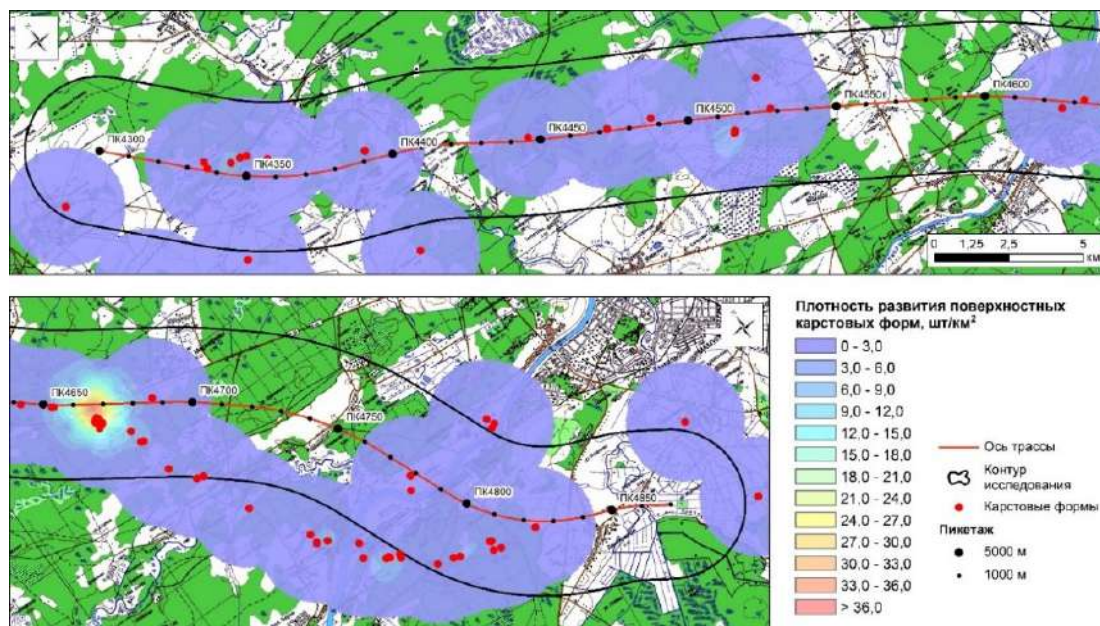


Рис. 2. Плотность развития поверхностных карстовых форм исследуемого участка

Оценка подземной закарстованности

По результатам геофизических исследований аномалий в интервалах развития каменноугольных отложений не зафиксировано. Карстовых форм в непосредственной близости к участкам развития данных прослоев не зафиксировано.

В ходе бурения инженерно-геологических скважин провалы бурового инструмента не выявлены, тем не менее, необходимо отметить, что по всей вскрытой мощности растворимых пород вскрыты интервалы малопрочных, сильнотрещиноватых, сильновыветрелых зон. Данные разуплотненные участки представляют собой зоны дробления.

По данным инженерно-геологического бурения на участке изысканий вскрыто 728 зон дробления (рис. 3). Они развиты в интервале глубин от 8,9 до 62,0 м. Мощность варьирует от 0,3 до 30,0 м (рис. 4).

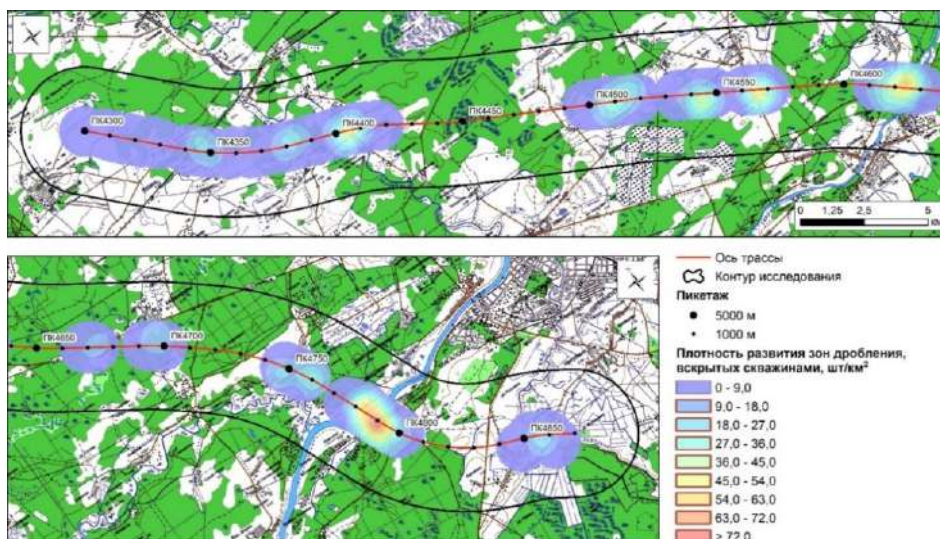


Рис. 3. Плотность развития зон дробления исследуемой трассы

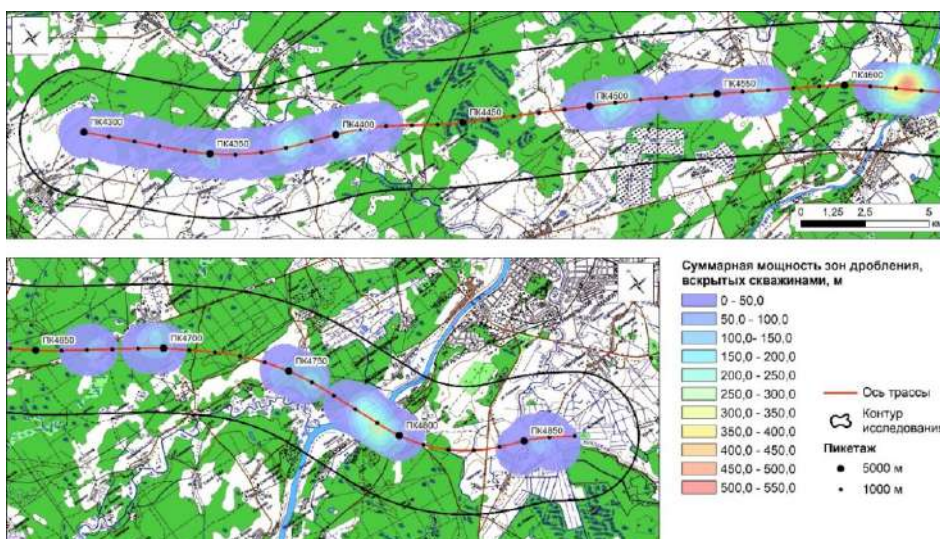


Рис. 4. Суммарная мощность зон дробления исследуемой территории

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о возможном присутствии незаполненных и заполненных карстовых полостей в геологическом разрезе.

Следующим шагом при оценке закарстованности является районирование изучаемой территории. Районирование участка проектируемой трассы было выполнено по методике балльной оценки классификационного признака [6]. Основой предложенного метода для выполнения карстологического районирования является разделение исследуемой территории на зоны на основе применения классификационных показателей K_p и их граничных значений при установлении численных значений факторных признаков.

При районировании участка изысканий были учтены следующие факторы, влияющие на карстообразование:

Структурно-тектонические факторы (районы):

- 1) приуроченность к тектоническим структурам I-III порядков;
- 2) плотность линеаментов, км/км²;
- 3) количество пересечений линеаментов, шт./км²;
- 4) удаленность от линеаментов, км.

Геоморфологические факторы (подрайоны):

- 1) приуроченность к геоморфологическим элементам разных порядков (водораздел, русло, склон и т.д.);
- 2) средний по площади уклон рельефа, градус (определен по топографической карте масштаба 1:2000).

Геолого-гидрогеологические факторы (участки):

- 1) наличие и мощность перекрывающих глин, м;
- 2) песчаность грунтовой толщи перекрывающих отложений, определенной через отношение мощности всех песчаных слоев и прослоев к общей мощности перекрывающей толщи грунтов в рамках каждой отдельной скважины;
- 3) литологический состав карстующихся пород;
- 4) установившиеся уровни грунтовых и трещинно-карстовых вод;
- 5) напор подземных трещинно-карстовых вод;
- 6) минерализация и фациальный состав подземных вод.

В результате районирования, основанного на балльной оценке классификационного признака, а также районирования по факторным признакам, в буфере 2,5 км (по обе стороны от оси трассы) выделено 10 карстовых участков, характеризующихся общностью природного строения (структурно-тектонического, геолого-гидрогеологического и геоморфологического) (рис. 5). В их пределах условия развития карста могут характеризоваться квазиоднородностью.

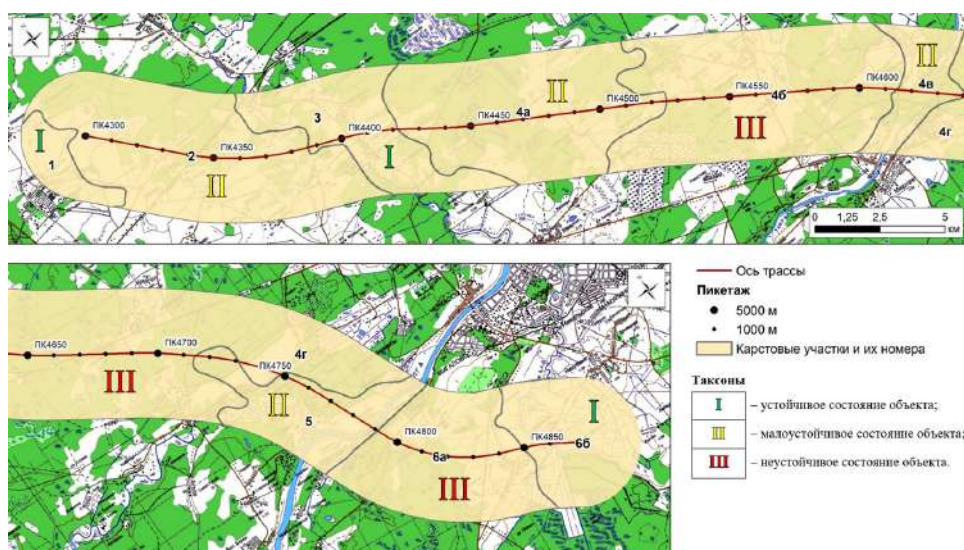


Рис. 5. Выделенные карстовые районы на исследуемом участке проектируемой трассы

Статистическая характеристика по характеру поверхностной закарстованности в рамках выделенных участков приведена в таблицах 2-3.

Таблица 2

**Показатели поверхностной закарстованности и морфометрии
разновозрастных карстовых форм, развитых на карстовых участках 1-4б**

Карстоопасный участок	1	2	3	4а	4б
Наименование таксона	I	II	I	II	III
Состояние объекта	Устойчивое	Малоустойчивое	Устойчивое	Малоустойчивое	Неустойчивое
Площадь, км ²	6,4	47,55	20,93	41,13	49,44
Количество, шт.	1	7	2	11	2
Средний диаметр d, м					
- минимальный	53	2,5	5	2	17,5
- максимальный	53	25	6	35	32,5
- средний	53	8,9	5,5	8,8	25
Глубина h, м					
- минимальная	-	0,5	0,5	0,5	1,7
- максимальная	-	1	0,5	2,5	1,7
- средняя	-	0,8	0,5	1,1	1,7
Глубинность h/d, д.е.					
- минимальная	-	0,06	0,08	0,06	0,1
- максимальная	-	0,29	0,1	0,5	0,1
- средняя	-	0,18	0,09	0,24	0,1
Площадь S, м²					
- минимальная	2201,9	4,7	19,6	3,1	196,3
- максимальная	2201,9	471	27,5	785	785
- средняя	2201,9	93,6	23,6	116,4	490,6
Объем V, м³					
- минимальный	-	1,6	4,9	1,3	166,8
- максимальный	-	58,9	6,9	785	166,8
- средний	-	13,6	5,9	91,2	166,8
Плотность ρ , шт./км ²	0,16	0,15	0,1	0,27	0,04
Интенсивность провалообразования λ, шт./км²-год при времени образования равном					
- 50 годам	0,003	0,003	0,002	0,005	0,001
- 100 годам	0,002	0,001	0,001	0,003	0
Площадная закарстованность K_s , м ² /км ²	344,05	1,97	1,13	2,83	9,92
Объемная закарстованность K_v , м ³ /км ²	-	0,29	0,28	2,22	3,37
Категория устойчивости (по СП 11-105-97, ч. II, табл. 5.1, 5.2) при времени образования провалов равном					
- 50 годам	V-A	V-B	V-B	V-B	V-A
- 100 годам	V-A	V-B	V-B	V-B	V-A
Категория опасности (по СП 115.13330.2016, табл. 5.1) при времени образования провалов равном					
- 50 годам	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная
- 100 годам	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная
Степень опасности (по ТСН 11-301-2004 По, табл. 7) при времени образования провалов равном					
- 50 годам	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная
- 100 годам	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная

Таблица 3

**Показатели поверхностной закарстованности и морфометрии
разновозрастных карстовых форм, развитых на карстовых участках 4в-6б**

Карстоопасный участок	4в	4г	5	6а	6б
Наименование таксона	II	III	II	III	I
Состояние объекта	Малоустойчивое	Неустойчивое	Малоустойчивое	Неустойчивое	Устойчивое
Площадь, км ²	9,77	62,2	17,87	29,13	57,72
Количество, шт.	2	58	2	10	18
Средний диаметр d, м					
- минимальный	1,5	0,4	64,5	1,5	1
- максимальный	20	20	139,5	4,5	43
- средний	10,8	2,3	102	2,7	10,8
Глубина h, м					
- минимальная	0,4	0,3	2,5	0,3	0,4
- максимальная	1,5	2	5	1,5	1
- средняя	1	0,7	3,8	0,8	0,6
Глубинность h/d, д.е.					
- минимальная	0,08	0,03	0,04	0,2	0,04
- максимальная	0,27	0,67	0,04	0,38	1
- средняя	0,17	0,38	0,04	0,28	0,28
Площадь S, м²					
- минимальная	1,8	0,1	1780,4	1,8	0,8
- максимальная	235,5	314	9803,1	14,1	1431,8
- средняя	118,6	8,9	5791,7	5,5	195,4
Объем V, м³					
- минимальный	0,4	0	2225,5	0,3	0,2
- максимальный	176,6	78,5	24507,7	10,6	39,3
- средний	88,5	3	13366,6	2,7	10,8
Плотность ρ , шт./км ²	0,2	0,93	0,11	0,34	0,31
Интенсивность провалообразования λ, шт./км²·год при времени образования равном					
- 50 годам	0,004	0,019	0,002	0,007	0,006
- 100 годам	0,002	0,009	0,001	0,003	0,003
Площадная закарстованность K_S , м ² /км ²	12,14	0,14	324,1	0,19	3,38
Объемная закарстованность K_V , м ³ /км ²	9,06	0,05	747,99	0,09	0,19
Категория устойчивости (по СП 11-105-97, ч. II, табл. 5.1, 5.2) при времени образования провалов равном					
- 50 годам	V-Б	IV-Г	V-A	V-Г	V-Б
- 100 годам	V-Б	V-Г	V-A	V-Г	V-Б
Категория опасности (по СП 115.13330.2016, табл. 5.1) при времени образования провалов равном					
- 50 годам	умеренно опасная	опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная
- 100 годам	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная	умеренно опасная
Степень опасности (по ТСН 11-301-2004 По, табл. 7) при времени образования провалов равном					
- 50 годам	практически неопасная	потенциально опасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная
- 100 годам	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная	практически неопасная

Оценка устойчивости (карстоопасности) территории прохождения трассы осуществлена по поверхностным карстопроявлениям в результате определения интенсивности провалообразования.

Ввиду отсутствия данных многолетних наблюдений за процессом провалообразования на исследуемой территории интенсивность провалообразования оценена с учетом времени их образования принятым равным 100 и 50 годам. Данные временные интервалы соответствуют времени работы большинства зданий и сооружений. В качестве классификационного показателя (СП 11-105-97, ч. II, табл. 5.1) при количественной оценке устойчивости территории принята интенсивность образования карстовых провалов, рассчитанная за 100-летний период.

Таким образом, учитывая наличие большого количества поверхностных карстопроявлений (в радиусе до 1 км), высокую интенсивность подземной закарстованности (наличие зон дроблений мощностью более 5 м), относительно неглубокого залегания карстующихся пород, отсутствия аномальных зон и зон разуплотнений по результатам геофизических исследований, карстоопасность в пределах участков, выделенных по результатам районирования может быть оценена категориями устойчивости и численными величинами, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Результаты оценки карстовой опасности проектируемого участка трассы

Номер участка	Пикетаж	Интенсивность провалообразования, шт.·км ² /год	Средний диаметр поверхностных карстовых форм, м	Категория устойчивости территории (табл. 5.1, 5.2 СП 11-105-97, ч. II)	Категория опасности участка строительства в карстово-суффозионном отношении по СП 22.13330.2016 (табл. 6.16)
		λ	d		
1	Вне трассы	0,002	53,0	V-Г	опасная
2	ПК4300+00 - ПК4386+74	0,001	8,9	V-Г	опасная
3	ПК4386+74 - ПК4422+00	0,001	5,5	V-Г	опасная
4а	ПК4422+00 - ПК4525+77	0,003	8,8	V-Г	опасная
4б	ПК4525+77 - ПК4614+33	0,001	25,0	V-Г	опасная
4в	ПК4614+33 - ПК4640+57	0,002	10,8	V-Г	опасная
4г	ПК4640+57 - ПК4714+57 ПК4731+25 - ПК4748+19	0,009	2,3	V-Г	опасная
5	ПК4714+57 - ПК4731+25 ПК4748+19 - ПК4791+20	0,001	102,0	V-Г	опасная
6а	ПК4791+20 - ПК4849+40	0,003	2,7	V-Г	опасная
6б	ПК4849+40 - ПК4952+25	0,003	10,8	V-Г	опасная

Заключение

В результате исследования установлены инженерно-геологические условия и процессы территории. Выполнено инженерно-геологическое

районирование с применением метода балльной оценки классификационного признака. Для каждого выделенного участка рассчитаны такие показатели, как плотность карстопоявлений, интенсивность провалообразования, коэффициенты площадной и объёмной закарстованности, а также были присвоены категории устойчивости, опираясь на СП 11-105-97, ч. II, категории опасности по СП 115.13330.2016 и степени опасности по ТСН 11-301-2004 при времени образования провалов равном 50 и 100 годам. Выполнена оценка подземной закарстованности участка, при которой была определена плотность развития и суммарная мощность зон дробления. Дана оценка устойчивости (карстоопасности) территории проектируемой трассы.

Библиографический список

1. Аникеев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска. М.: ИГЭ РАН. 2017. 325 с.
2. Карта карстовой опасности на территории России 1:10 000 000. М.: ИГЭ РАН, ГНТП «Безопасность», 1993.
3. Природные опасности России / под общей редакцией В.И. Осипова, С.К.Шойгу. Том 3. Экзогенные геологические процессы. М.: ИФ КРУК, 2002. 222 с.
4. Кутепов В.М., Кожеевникова В.Н. Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989.
5. Миронов Н.А., Саваренский И.А. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. М., 1995. 166 с.
6. Середин В.В., Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии: Курс лекций; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. 120 с.
7. Спиридонов И.Г., Миронов Н.А., Егоркин С.В. Карта распространение карста на территории Российской Федерации масштаба 1:35 000 000. ФГБУ «ИМГРЭ», 2016.
8. Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. М., Изд-во «Наука», 1978. 191 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРУНТОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ОБЪЕКТА БАТЫРБАЙ

Проанализирован вещественный состав грунтов объекта Батырбай для инженерно-экологических изысканий и оценки их пригодности для строительных работ. Грунт представлен песком алевритистым и глинистым, глиной песчано-алевритистой. Исследования микроэлементного состава показали превышение предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, вещественный состав грунтов, алевритистый и глинистый песок, микроэлементный состав, предельно допустимые концентрации, Батырбайское нефтяное месторождение.

K.S. Shohireva

LLC Uralstroyizskaniya, Perm, Russia

INVESTIGATION OF THE MATERIAL COMPOSITION OF SOILS FOR ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS OF THE BATYRBAY FACILITY

The material composition of the soils of the Batyrbay facility was analyzed for engineering and environmental surveys and assessment of their suitability for construction work. The soil is represented by silty and clayey sand, sandy-silty clay. Studies of the microelement composition showed that the maximum permissible concentrations were exceeded.

Keywords: engineering and environmental surveys, material composition of soils, silty and clayey sand, microelement composition, maximum permissible concentrations, Batyrbay oil field.

Введение

Анализ грунта по праву относится к категории наиболее ответственных и многогранных задач при проведении изысканий на объекте. По результатам анализа почвы возможно общее представление о текущем экологическом состоянии, безопасности почвенного покрова на контролируемом объекте или территории, с выявлением данных химического состава и качества почвы.

Актуальность работы обусловлена необходимостью проведения инженерно-геологических изысканий для обустройства газопроводов и действующих нефтяных скважин на Батырбайском месторождении нефти.

Проблема заключается в слабом изучении вещественного состава грунта на исследуемом участке.

Цель исследуемой работы заключается в исследовании вещественного состава грунтов объекта Батырбай для инженерно-экологических изысканий и оценки пригодности его для строительных работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*: Произвести литологическое описание проб грунта; определить гранулометрический состав грунта; определить минеральный состав песчаной фракции грунта; определить химический состав проб грунта; оценить пригодность грунта для строительных работ.

Объектом исследования являются грунты, отобранные в д. Батырбай находящейся в Бардымском районе Пермского края.

В административном отношении район исследований (Батырбайское месторождение нефти) расположен в Бардымском муниципальном округе Пермского края (рис. 1).

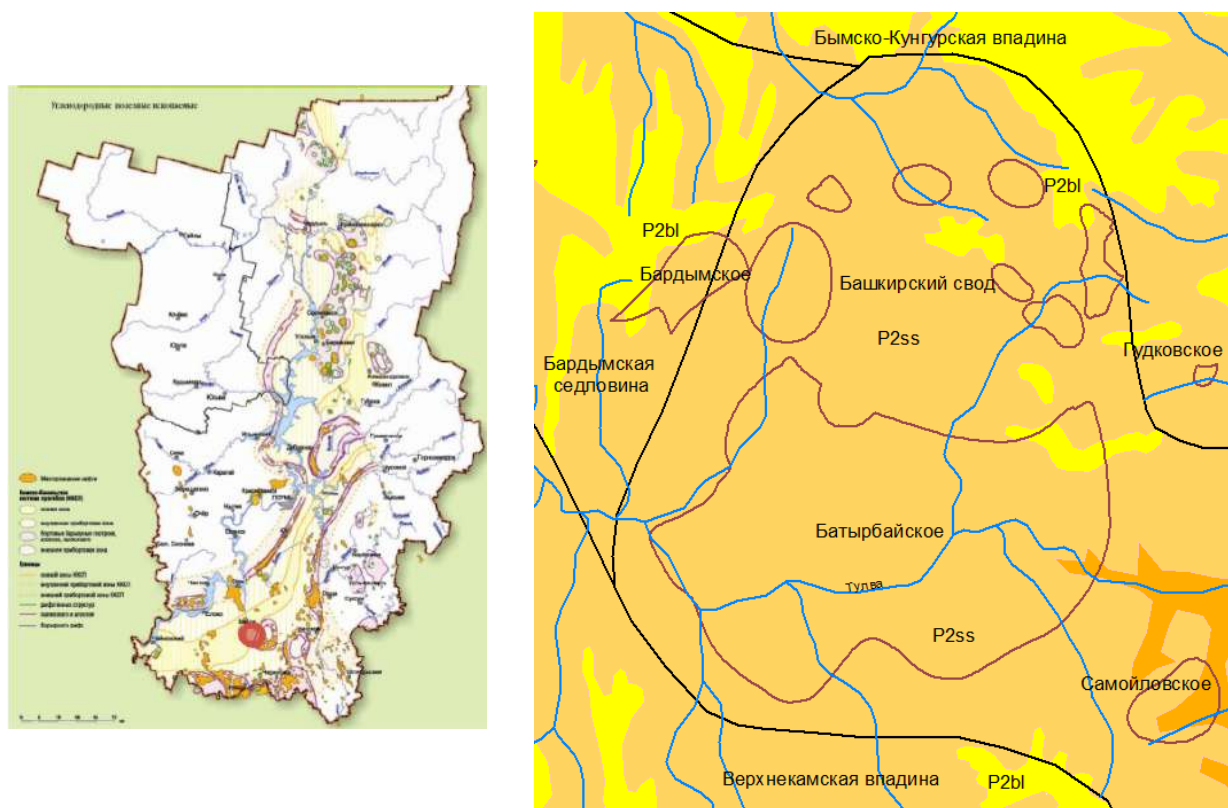


Рис. 1. Схема расположения месторождения Батырбай на карте нефтегазоносности и геологической карте Пермского края [20]

Природные факторы формирования инженерно-геологических условий

К региональным факторам формирования инженерно-геологических условий относятся физико-географические, геологические и гидрогеологические факторы и условия [21].

Физико-географические условия

В геоморфологическом отношении район располагается на Восточно-Европейской равнине в области Камских равнин, увалов, возвышенностей в районе Тулвинской возвышенности.

Климат рассматриваемой территории континентальный, с холодной продолжительной зимой, теплым, но сравнительно коротким летом, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Зимой в районе часто наблюдается антициклон с сильно охлажденным воздухом. Охлаждение воздуха в антициклонах происходит, главным образом, в нижних слоях, одновременно уменьшается влагосодержание этих слоев.

Гидрографическая сеть района относится к бассейну р. Кама, ее левым притоком – Тулвой, с притоками: р. Ермия, р. Константиновка, р. Сайгатка, р. Аптырчишма, р. Мингарда, р. Бол. Ашатла, р. Мал. Ашатла.

Геологические условия

В тектоническом отношении исследуемая территория расположена на восточной окраине Русской платформы, Башкирском своде, Батырбайском выступе. В районе установлено несколько локальных положительных структур, некоторые из них являются антиклинальными ловушками нефти и газа. Для территории характерно наличие большого числа тектонических нарушений, установленных по геолого-геофизическим и аэрокосмогеологическим исследованиям [10, 20, 25].

В геологическом строении района изысканий (до исследуемой глубины 75,0 м) принимают участие техногенные (tQ), аллювиальные (aQ), делювиальные (dQ) отложения четвертичного возраста, элювиальные отложения (кора выветривания пермских отложений) (eP) и коренные нижнепермские терригенные (глины, алевролиты, песчаники) отложения – шешминского горизонта уфимского яруса (P_{1ss}), с поверхности местами перекрытые почвенно-растительным слоем (pQ).

Гидрогеологические условия средней сложности – обусловлены распространением фациально невыдержанных водоносных горизонтов шешминского водоносного комплекса [14] с различной степенью водообильности. Район располагается в пределах Тулвинской гидрогеохимической аномальной зоны [11, 17] на стыке нескольких крупных геохимических аномальных зон по почвам и грунтам [12, 13, 15-19].

Методика и результаты исследований

Пробы грунта отобраны в скважинах в пределах Батырбайского месторождения (д. Батырбай в Бардымском районе Пермского края) (рис. 2, 3).

В процессе работы проводились экспериментальные исследования вещественного состава грунта с применением литолого-минералогического, гранулометрического, минералогического и рентгенофлуоресцентного анализов. Анализы выполнялись в лабораториях геологического факультета ПГНИУ по стандартным методикам, в соответствии с ГОСТами [2-6] и другим методикам [1, 7-9, 22-24].

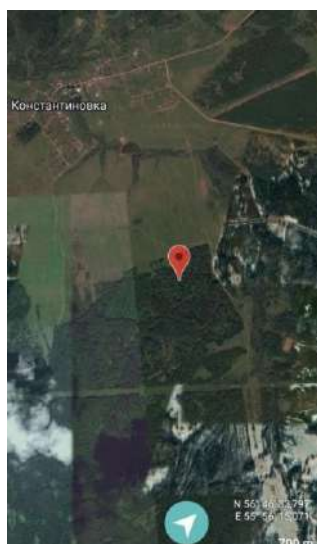


Рис. 2. Скв.190В



Рис. 3. Скв.234В

Перечень проб с привязкой по отбору проб приведен в табл. 1

Таблица 1

Реестр исследуемых проб

№ образца	Место отбора проб
1	Скв.190В. Глубина 5,8-6,0 м
2	Скв.190В. Глубина 12,8-13,0 м
3	Скв.190В. Глубина 16,8-17,0 м
4	Скв.190В. Глубина 32,8-33,0 м
5	Скв.234В. Глубина 4,8-5,0 м
6	Скв.234В. Глубина 9,0 м
7	Скв.234В. Глубина 11,0 м
8	Скв.234В. Глубина 35,8-36,0 м
9	Скв.234В. Глубина 47,8-48,0 м
10	Скв.234В. Глубина 53,8-54,0 м

Примечание: Проба № 1 представлена алеврито-глинистой породой; проба № 2 - песком сильноалевритистым; породы проб № 3, № 4 и № 7 - песком глинистым; проба № 5 - глиной песчано-алевритистой; породы проб № 6 и № 8 - песком глинисто-алевритистым; проба № 9 - песчано-глинистой породой; проба № 10 - глиной сильнопесчанистой.

По данным литологического описания пробы № 1, № 5, № 8, № 9 и № 10 представлены глиной с различной структурой, массивной текстурой, с карбонатными породами в минеральном составе. Пробы № 2, № 3, № 4, № 6 и № 7 представлены песком с псаммитовой структурой, с кварцем в минеральном составе.

По данным гранулометрического состава в пробах № 1, № 5, № 9 и № 10 преобладает глинистая фракция менее 0,1мм. В пробах № 2 и № 3 преобладает песчаная фракция 0,25-0,10мм. В пробах № 4, № 6 и № 7 преобладает песчаная фракция 0,50-0,25мм. В пробе № 8 преобладает фракция более 10мм (табл. 2, 3).

Таблица 2

Гранулометрический состав грунта скважины № 190В, %

№ пробы	Глубина отбора, м	Песок (> 0,1 мм)	Алеврит (0,1-0,01 мм)	Глина (<0,01 мм)
1	5,8-6,0	17,7	42,1	40,2
2	12,8-13,0	74,7	17,8	7,5
3	16,8-17,0	79,2	6,5	14,3
4	32,8-33,0	82,9	4,8	12,3

Таблица 3

Гранулометрический состав грунта скважины № 234В, %

№ пробы	Глубина отбора, м	Песок (> 0,1 мм)	Алеврит (0,1-0,01 мм)	Глина (<0,01 мм)
5	4,8-5,0	16,3	25,3	58,4
6	9	73,9	10,3	15,8
7	11	80	5,3	14,7
8	35,8-36,0	64	18,8	17,2
9	47,8-48,0	43,9	14,2	41,9
10	53,8-54,0	26,4	8,1	65,5

Распределение частиц в грунтах (по В.Т. Фролову) показано на рис. 4.

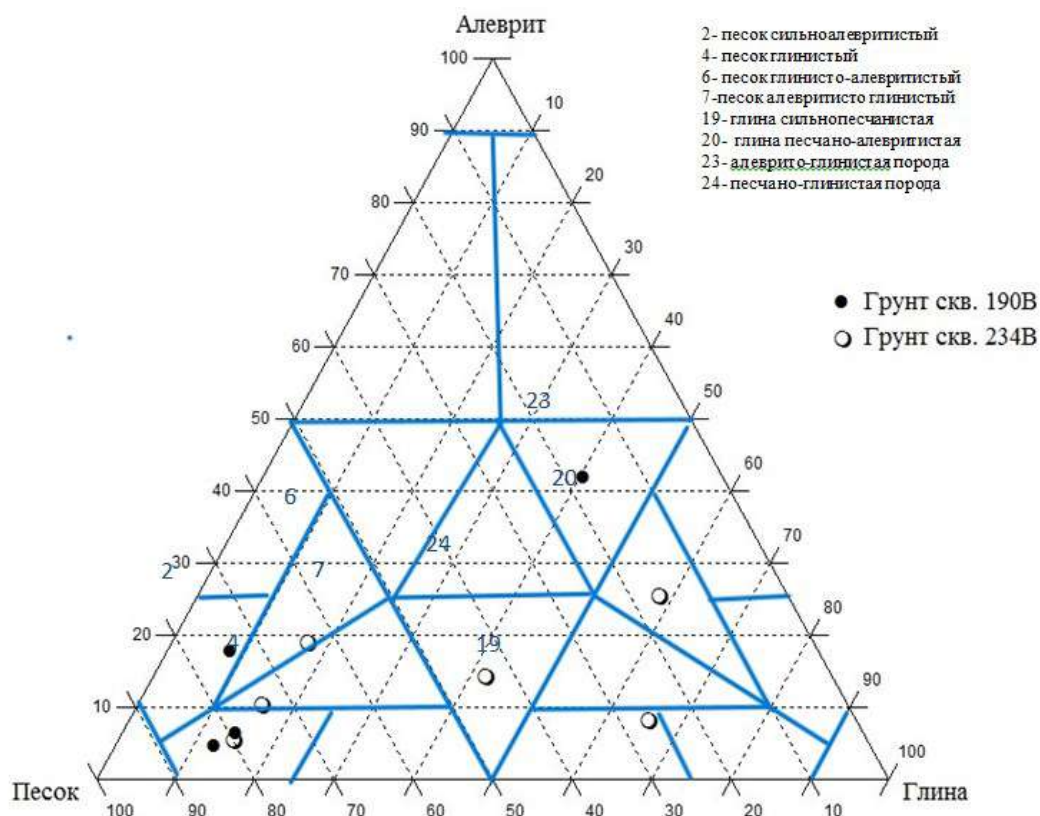


Рис. 4. Распределение частиц в грунтах (по В.Т. Фролову)

Песчаная фракция проб грунта № 1, № 3 и №7 представлена кварцем, КПШ и карбонатными породами. Проба грунта № 2 представлена кварцем,

КПШ, карбонатными породами, углем и слюдистыми минералами. Пробы грунта № 4 и №6 представлены кварцем, КПШ, слюдистыми минералами и карбонатными породами. Пробы грунта № 5, №8 и №9 представлены кварцем и карбонатными породами. Проба грунта № 10 представлена карбонатными породами.

Химический состав проб грунта в различном соотношении представлен в виде химических элементов: скандий, ванадий, хром, кобальт, никель, медь, цинк, галлий, мышьяк, рубидий, стронций, иттрий, цирконий, ниобий, молибден, олово, сурьма, барий, лантан, церий, свинец. Дополнительно в пробах № 1, № 2, № 5, № 6 и № 10 определен цезий. В пробах № 1, № 2, № 4, № 7 и №9 определен уран.

По данным химического состава содержание токсичных элементов превышает кларков значений (табл. 4).

Таблица 4

Содержания токсичных элементов в глинах и суглинках, полученные по данным рентгено-флуоресцентного анализа, в скважинах №190В и №234В (г/т)

Показатель		Лит. состав	Массовая доля элементов, г/т							
			V	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mn, %	Pb
Кларк, г/т		глина	130	200	68	57	95	6,6	0,085	20
		песок	130	300	95	57	80	1	0,067	20
ПДК, г/т		глина	150	5	80	132	220	10	0,15	130
		песок	150	5	20	33	55	2	0,15	32
Грунт скважины № 190В										
Номер пробы	Глубина отбора, м	Лит. состав	V	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mn, %	Pb
1	5,8-6,0	глина	142,6	14,5	71,2	35,2	52,3	11,7	0,09	11
2	12,8-13,0	песок	140,1	23,7	82,4	26,9	44,9	28,2	0,21	6,2
3	16,8-17,0	песок	129,4	12,1	56,6	22,6	34,2	12,7	0,06	5,0
4	32,8-33,0	песок	111,7	16,5	55,5	22,2	35,7	11,9	0,12	3,8
Грунт скважины № 234В										
Номер пробы	Глубина отбора, м	Лит. состав	V	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mn, %	Pb
5	4,8-5.0	глина	146,7	18,3	78,9	37,5	55,0	15,0	0,10	10,2
6	9,0	песок	168,9	18,7	70,9	67,6	48,6	13,4	0,12	6,5
7	11,0	песок	126,4	23,7	59,8	53,5	46,3	16,5	0,11	3,5
8	35,8-36,0	песок	150,3	21,1	65,4	35,1	49,6	12,8	0,12	7,7
9	47,8-48,0	глина	147,1	19,9	83,7	35,2	55,0	16,1	0,15	5,8
10	53,8-54,0	глина	163,8	15,6	92,1	47,7	55,7	20,9	0,13	6,9

По исследованиям химического состава, в грунтах обнаружено превышение норм ПДК по содержанию кобальта и мышьяка. Нарушения по этим элементам предположительно связано с присутствием сульфидной

минерализации, часто встречающейся в виде примесей в тяжелой фракции грунтов.

В пробе №2 отобранной на глубине 12,8-13,0м. из скв. № 190В повышенное содержание марганца, а в пробе №6 отобранной на глубине 9,0м. из скв. № 234В наблюдается повышенное содержание меди. Нарушения по ПДК наблюдаются на глубине от 9,0 до 13,0м.

Для исследования пригодности исследуемых грунтов для строительных работ были проанализированы требования государственных стандартов.

Таким образом, согласно анализу проведенных исследований грунты отклоняются от норм заданных в ГОСТ и не подлежат дальнейшее обработке для строительства хозяйственного назначения, но подлежат, для строительства скважин для добычи нефти.

Заключение

В результате проведенных исследований был изучен вещественный состав грунтов объекта Батырбай для инженерно-экологических изысканий и оценки пригодности его для строительных работ.

По данным анализов грунт представлен песком алевритистым и глинистым и глиной песчано-алевритистой. Песчаная фракция грунта состоит преимущественно из кварца, КППШ и карбонатных пород.

Химический состав соответствует минеральному составу грунта. Согласно исследованиям микроэлементного состава, в грунтах обнаружено превышение норм ПДК для сельскохозяйственной промышленности по содержанию кобальта и мышьяка. Нарушения по этим элементам предположительно связано с присутствием сульфидной минерализации, часто встречающейся в виде примесей в тяжелой фракции грунтов.

Полученные данные по составу грунта, отобранного из скважин № 190В и № 234В на объекте Батырбай не позволяют проводить сельскохозяйственные работы на данной территории. Ограничений для строительных работ при обустройстве газопроводов и действующих нефтяных скважин на Батырбайском месторождении не выявлено.

Библиографический список

1. Глико, О. А., Шарков Ю.В. Место геохимических методов при поисках различных типов рудных месторождений // Минеральное сырьё. 1967. № 17. С. 83-96.
2. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2018. 45 с.
3. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие сведения М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
4. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2016. 18 с.
5. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава. М.: Стандартинформ, 2015. 17 с.
6. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний М.: Национальные стандарты, 2013. 31с.

7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Уральская серия – Лист О-40 (Пермь). Объяснительная записка. Авторы: В.П. Водолазская, И.П. Тетерин, В.А. Кириллов, Л.И. Лукьянова, Г.А. Петров. Редактор: А.В. Жданов. СПб.: Изд-во СПб картофабрики ВСЕГЕИ, 2015. 376 с.
8. Григорьев А. Г. Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200000. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2006. 227 с.
9. Ибламинов Р.Г. Геология месторождения полезных ископаемых: учеб. пособие. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2019. 232 с.
10. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. 501 с.
11. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.
12. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.
13. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 2 (15). С. 16-34.
14. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
15. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. №. 1. С. 26-37.
16. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
17. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47.
18. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.
19. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1.
20. 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.
21. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 102-112.
22. Кузнецов В.Г. Литология осадочные горные породы и их изучение: учебное пособие для вузов. М.: ООО Недра Бизнесцентр. 2007. 511с.
23. Осовецкий Б.М. Шлиховой метод. Пермь: Пермский государственный университет, 2009. 163 с.
24. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (с изменениями на 30 декабря 2022 года). Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
25. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2012. 91с.

Д.А. Юрочкин

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия
ООО «Противокаровая и Береговая Защита», Пермь, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ТЕРРИТОРИИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТАС- ЮРЯХСКОГО И ВЕРХНЕВИЛЮЧАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ К МГ «СИЛА СИБИРИ», РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)

Рассмотрены природно-геологические условия территории магистрального трубопровода подключения Тас-Юряхского и Верхневилучанского месторождений к МГ «Сила Сибири». Проведен линеаментно-геодинамический анализ на основе аэрокосмических методов, выделены 2306 тектонических линеаментов разных рангов. Установлены геоактивные зоны с концентрацией экзогенных геологических процессов. Проведено сопоставление расположения геоактивных зон с распространением опасных геологических процессов.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, линеамент, дешифрирование космоснимков, карст.

D.A. Yrochkin

Perm State University, Perm, Russia
LLC Antikarst and Coastal Protection, Perm, Russia

STUDY OF TECTONIC FRACTURING IN THE TERRITORY OF THE MAIN PIPELINE CONNECTING THE TAS-YURYAKHISKY AND VERKHNEVILYUCHANSKY FIELDS TO THE POWER OF SIBERIA MG THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

The natural and geological conditions of the territory the main pipeline connecting the Tas-Yuryakhskoye and Verkhnevilyuchanskoye fields to the main gas station are considered. A lineament-geodynamic analysis based on aerospace methods was carried, 2306 tectonic lineaments of different ranks have been identified. Geoactive zones with a concentration of exogenous geological processes have been identified. A comparison was made of the location of geoactive zones with the distribution of hazardous geological processes.

Keywords: Key words: aerospace methods, lineament, interpretation of space images, karst.

Введение

В инженерной геологии для изучения экзогенных геологических процессов в настоящее время все чаще применяют аэрокосмические методы (АКМ). Одним из эффективных аэрокосмических методов является линеаментно-геодинамический анализ, который применяется для изучения геодинамической активности, тектонической трещиноватости, линеаментных полей.

Цель исследования: уточнение расположения зон с повышенной геодинамической активности и тектонических нарушений на территории

инженерных изысканий магистрального трубопровода подключения Тас-Юряхского и Верхневилучанского месторождений к МГ «Сила Сибири». Объектом исследования является геологическая среда этого района.

Актуальность, проблема района

Территория исследований является нефтегазодобывающим регионом, изучение развития геологических экзогенных процессов (ЭГП) на ней обязует обеспечить безопасность при разработках месторождений нефти и газа. Главной проблемой района является островное распространение вечной мерзлоты, которая усложняет проведение изысканий и строительство на исследуемом участке. Изучение развития ЭГП с помощью АКМ позволит более качественно выполнять инженерно-геологические изыскания и строительство на данной территории в будущем.

Рельеф и геоморфология

Исследуемый район расположен в пределах Приленской провинции Средней Сибири. В геоморфологическом отношении участок изысканий проходит по Приленскому плато. Рельеф денудационного наклонного Приленского плато, по которому проходит изыскиваемая трасса газопровода, представляет собой чередование невысоких гряд, прорезанных глубокими эрозионными долинами впадающих в р. Лену ее левых притоков. Абсолютные отметки по трассе составляют в среднем 300-400 м, местами встречаются поднятия до 500-600 м. Приленское плато сложено главным образом карстующимися породами (гипсы, известняки), подверженными размыву, вследствие чего здесь образовались причудливые скалистые формы, получившие широкую известность под именем Ленских столбов, возвышающихся над долиной реки. Гидрографическая сеть района работ развита хорошо. Наиболее крупными водными артериями являются реки Лена, Нюя и их притоки [2, 3].

Геологические условия

В геологическом строении территории принимают участие кембрийские (Є) и юрские (J) отложения.

Кембрийская система представлена отложениями верхоленской (Є2v1) и чарской (Є3cr) свит.

Верхоленская свита (Є2v1) сложена в нижней части розовыми, розовато-серыми с зеленоватым оттенком известковистыми песчаниками с редкими прослоями алевролитов, аргиллитов, мергелей. Верхняя часть представляет собой ритмичное переслаивание песчаников, алевролитов, мергелей с прослоями гипса и известняков. Породы имеют ярко-вишневый, коричнево-бурый цвет.

Чарская свита (Є3il) представлена переслаиванием серых и желтых известняков и желтовато-серых пятнистых доломитов с линзами и включениями гипса в верхней части.

Юрская система представлена укугутской свитой, нижней и верхней пачкой. Нижняя пачка сложена конгломератами, галечниками, песками, алевролитами, присутствуют прослои бурого угля, стяжения сидеритов. Верхняя пачка сложена серыми полимиктовыми песками с маломощными прослоями песчаников, галечников, алевролитов и глин, пестроокрашенными песчаниками известковистыми розовато-серого, красно-коричневого цвета, с маломощными прослоями алевролитов и аргиллитов фиолетового и зеленого цветов, чередующихся известняками, доломитами, мергелями с прослоями мелкогалечных конгломератов. Известняки песчанистые, оолитовые с прослоями водорослевых разностей отмечаются в основании разреза. Более мощный горизонт (8-10 м) песчанистых известняков наблюдается в верхней части. Общая мощность свиты 40-315 м. Породы этой свиты приурочены к верхней части склонов речных долин, а местами к водораздельным пространствам.

Ордовикская система сложена отложениями усть-кутской (O1uk) и ийской (O1is) свит. Отложения усть-кутской свиты (O1uk) залегают на красно-пестроцветных алевролитах, аргиллитах, песчаниках, реже известняках и доломитах илгинской свиты верхнего кембрия. Свита в основном сложена органогенными и оолитовыми известняками, мергелями, аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Известняки оолитовые на 60-80% состоят из карбонатных оолитов скорлуповато-концентрического, реже радиально-лучистого строения, сцементированных микрокристаллическим кальцитом. Размер оолитов до 2-3 мм. Терригенная примесь обычно представлена угловатыми зернами кварца и халцедона. Органогенные известняки имеют оолитовую и скорлуповатую структуру и состоят из обломков раковин, замещенных мелкозернистым кальцитом. Цементируются обломки также кальцитом, среди которого отмечается 10-20% оолитов и псевдооолитов. Терригенная примесь представлена кварцем, халцедоном. Песчаники обычно мелкозернистые, по составу полевошпатово-кварцевые и кремнисто-кварцевые, имеют псаммитовую и алевро-псаммитовую структуру, слоистую текстуру. Основная масса породы состоит из кварца и полевого шпата. Цемент песчаников по составу кальцитовый, доломито-кальцитовый, по типу базальный, реже поровый. Алевролиты по составу аналогичны песчаникам, но, как правило, более слюдистые. Аргиллиты состоят из гидрослюдисто-глинистой массы и карбонатов. Мергели чаще всего известковистые или глинистые с примесью алевролитового материала, имеют алевро-пелитоморфную структуру и тонкослоистую текстуру. Мощность отложений от 140 до 200 м.

К ийской свите (O1is) отнесена мощная терригенная толща красноцветных и сероцветных пород, согласно залегающая на отложениях усть-кутской свиты и отвечающая угорскому горизонту аренигского яруса. Ийская свита в основном сложена песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Песчаники в отложениях ийской свиты составляют до 90% разреза. Песчаники розовато-лиловые, розовато- и желтовато-серые, красновато-коричневые, зеленовато-

серые, серые от мелко- до грубозернистых, горизонтально- и косослоистые. По составу кремнисто-кварцевые, полевошпатово-кварцевые, карбонатно-кремнисто-кварцевые, имеют псаммитовую, алевро-псаммитовую структуру, слоистую и массивную текстуру. Цемент песчаников известковый, реже лимонитово-гидрослюдистый, по типу базальный, поровый, регенерационный – кварцевый. Алевролиты в разрезе ийской свиты занимают незначительное место и по составу карбонатно-кремнисто-кварцевые, кремнисто-кварцевые, полевошпатово-кварцевые. Структура алевроитовая, алевро-псаммитовая, текстура слоистая, массивная. Состав обломков и тип цемента аналогична таковым песчаников. Аргиллиты имеют пелитовую, алевро-пелитовую структуру, неяснослоистую, массивную текстуру. Состоят в основном из глинисто-гидрослюдистого материала. Общая мощность свиты от 160 до 200 м [2, 3].

В структурно-тектоническом отношении территория расположена в юго-восточной части Сибирской платформы в пределах тектонической структуры – Ангарской синеклизы (восточной ее части) [4]. Ангарская синеклиза включает несколько впадин, разделенных валами и поднятиями, в том числе Нюйскую впадину, которая является основной тектонической структурой участка изысканий.

В пределах полосы проектируемых объектов распространены осадочные формации коренных пород, представленными известняками, доломитами, песчаников, плотных известняков и пород менее прочных – аргиллитов, алевролитов, мергелей.

Четвертичные образования генетически представлены аллювиальными (песок, глины), элювиальными (продукт разрушения подстилающих скальных и полускальных карбонатных и терригенных пород), делювиальными (суглинков, супесей и песков с включением обломочного материала), органогенными и техногенными отложениями.

Биогенные отложения развиты на заболоченных участках в пределах надпойменных террас рек и в долинах ручьев в слое сезонного промерзания-оттаивания [2, 3].

Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении район относится к Якутскому артезианскому бассейну [1]. В зоне сплошного распространения ММГ, мерзлые грунты служат водонепроницаемым экраном. По положению в разрезе здесь выделяются надмерзлотные воды сезонноталого слоя и несквозных таликов.

В подзонах прерывистого распространения ММГ промерзли как водоупорные, так и многие водоносные горизонты. Преобразование вышележающих осадков в криогенный водоупор вызвало увеличение пьезопроводимости сформировавшейся талой водоносной порово-трещинной зоны. Вследствие этих процессов водоотдача песчаных отложений резко снизилась, приблизившись к величине водоотдачи трещиноватых пород.

В подзоне островного распространения мерзлых пород проморожены, как

правило, тонкодисперсные и заторфованные отложения. Поэтому емкость водоносных комплексов при промерзании уменьшилась незначительно. На всех плоских или слабонаклонных междуречных массивах и речных террасах, сложенных хорошо фильтрующими четвертичными отложениями и трещиноватыми коренными породами, формируются сквозные талики.

Воды несквозных многолетних таликов. Глубина залегания зеркала грунтовых вод обычно составляет 3 - 5 м, возрастающая на приречных участках до 0,3 м. Водовмещающими отложениями для них являются русловой аллювий, подстилающая выветрелая часть коренных пород, делювиальные отложения, которые образуются на нижних и средних частях пологих склонов. Водоупором водоносного горизонта служит толща ММГ.

Все встреченные подземные воды характеризуются спорадическим распространением.

В период паводков, интенсивных и продолжительных осадков в глинистых разностях грунтов, слагающих геологический разрез, вероятно образование сезонной верховодки. Питание верховодки связано с инфильтрацией атмосферных осадков. Режим ее непостоянный, изменяется по сезонам года. Наивысшие уровни верховодки отмечаются в летний период года. Разгружаются воды этих отложений в нижних частях склонов, в оврагах и береговых обрывах. В засушливое время года верховодка может исчезать. При прохождении тяжелой техники во влажные периоды года в образовавшейся достаточно глубокой колее скапливается вода. Отсутствие слабого поверхностного стока приводит к образованию на глубинах 0,5-2,0 м так называемых «замоченных» участков [2, 3].

Геокриологические условия

По данным изысканий 2011 г., выполненных ООО «Промнефтегазпроект» на основании договора с ОАО «ВНИПИгаздобыча», немерзлые (талые) породы развиты локально в виде несквозных таликов в долинах крупных рек.

Нормативная глубина сезонного оттаивания грунтов ($d_{\text{тн}}$) колеблется в широком диапазоне от 0,9 м до 3,6 м. В частности, для торфа $d_{\text{тн}}$ составляет 0,9 м; для глин и суглинков – 2,3 м; для супеси – 2,6 м; для песков – 3,0-3,3 м; для гравийно-галечниковых и дресвяно-щебенистых грунтов – 3,5-3,9 м; для скальных 4,0 м (за расчетную температуру грунтов на глубине 10 м принята температура минус 1,5° С). Нормативная глубина промерзания в торфе – 1,2 м, в твердых глинах и суглинках, в супесях, в дресвяно-щебенистых грунтах – 4,0 – 4,2 м; в полутвердых глинах и суглинках – 3,4 – 3,6 м; в тугопластичном и мягкопластичном суглинке – 3,1-3,3 м [2, 3, 26].

Опасные геологические процессы и явления, и факторы их развития

Наиболее широко распространенным процессом, имеющим место, является выветривание скальных грунтов. Главные агенты выветривания – вода во всех ее проявлениях, перепады температур (солнечная энергия), кислород и углекислый газ, а также живые организмы.

Среди геокриологических процессов широко развиты термокарстовые

процессы. С сезонным промерзанием грунтов тесно связан процесс морозного пучения. Согласно СП 116.13330.2012 [26] процесс, вызванный промерзанием грунта, миграцией влаги, образованием ледяных прослоев, деформацией скелета грунта, приводящих к увеличению объема грунта и поднятию его поверхности является морозным (криогенным) пучением. Морозное пучение возникает при промерзании связных грунтов в деятельном слое, в котором образуются кристаллы, линзы и прослойки льда. Это увеличивает объем грунтов, примерно, на 9%, и приводит к подъему поверхности земли [1, 2].

В областях развития карбонатных пород распространены карстовые процессы. Карст на поверхности проявляется в виде воронок, полостей и карстовых рвов. На образование и развитие карстовых процессов оказывает влияние целый комплекс природных факторов - литологических, тектонических, геоморфологических, климатических, биологических и антропогенных. Среди геологических условий развития карста важнейшее значение имеют тектонические (тектоническая трещиноватость) и литологические, связанные с составом и характером распространения потенциально карстующихся пород в разрезе и по площади.

В долинах рек наблюдаются процессы эрозии. Интенсивным проявлениям речной эрозии на реках региона способствуют постояннодействующие, медленно изменяющиеся и быстродействующие природные факторы: геолого-морфологические особенности территории, гидрометеорологические условия, а также растительность [2, 3].

Техногенное воздействие на природную среду может спровоцировать такие инженерно-геологические процессы, как эрозию при разработке траншей по склону, новообразование мерзлоты и морозобойное растрескивание грунтов при удалении растительности и снежного покрова, криогенное пучение грунтов при искусственном переувлажнении твердых и полутвердых разновидностей грунтов.

В соответствии с СП 14.13330.2018 [27] нормативная сейсмичность территории по карте ОСР-2015-В составляет 5-6 баллов, по карте ОСР-2015-С составляет 5-7 баллов.

Методика и результаты исследования

Автором выполнены региональные и зональные аэрокосмогеологические исследования для выделения тектонических линеаментов по современным космическим снимкам (КС). Основными методами являлись: геологическое компьютерное дешифрирование и структурный линеаментно-геодинамический анализ, который проводился по методикам, изложенным в работах [5-25].

При создании карты линеаментов использовалась программа ArcGIS Pro.

На современном космоснимке (Earthstar Geographics\$ Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS) в программе ArcGIS Pro, на территории магистрального трубопровода подключения ТАС-Юрхского и Верхневилучанского месторождения к МГ «Сила Сибири», были выделены линеаменты трех рангов: региональные линеаменты протяженностью 50-100 и

более км (масштаб 1:1 000 000), зональные линеаменты протяженностью 15-50 км (масштаб 1:500 000), локальные линеаменты протяженностью 5-15 км (масштаб 1:200 000-1:100 000). Построены специальные карты распространения линеаментов по территории.

В результате компьютерного дешифрирования на площади 150 x 150 км было закартировано 121 региональных и 132 зональных линеаментов. На территории вблизи прохождения магистрального трубопровода, выделено 2053 локальных линеаментов. Анализ пространственной ориентации линеаментов показывает, что большинство региональных и зональных линеаментов имеют диагональную ориентировку, реже – меридиональную и субширотную ориентировку. Локальные линеаменты ориентированы в большей степени в широтном направлении, реже в меридиональном и диагональном (рис. 1).

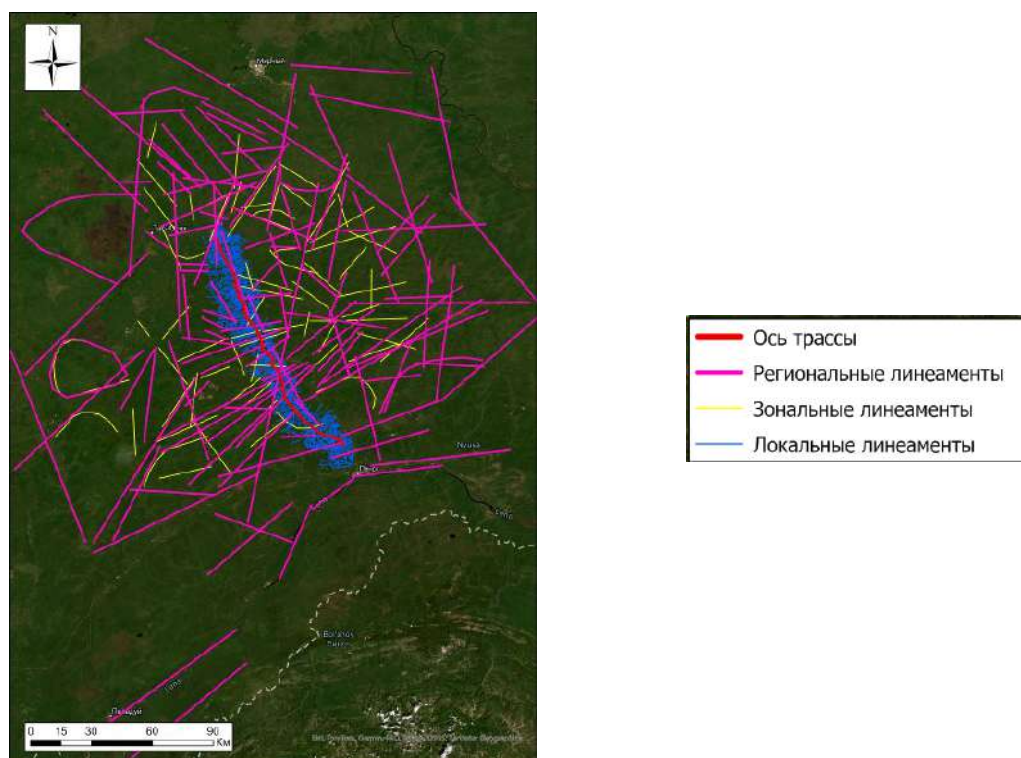


Рис. 1. Карта распределения тектонических линеаментов разных рангов на территории магистрального трубопровода подключения Тас-Юряхского и Верхневилучанского месторождений к МГ «Сила Сибири»

После выделения линеаментов в системе координат (МСК-14 зона 2), с помощью модуля Spatial Analyst программы ArcGIS Pro, была рассчитана плотность пересечения линеаментов на территории изучения. Для региональных и зональных линеаментов плотность рассчитывалась для территории исследования с учетом близлежащих территорий, для локальных линеаментов границами расчёта был взят 5 километровый буфер. В результате чего были получены карты фактического материала по региональным, зональным и локальным тектоническим линеаментам (рис. 2, 3).

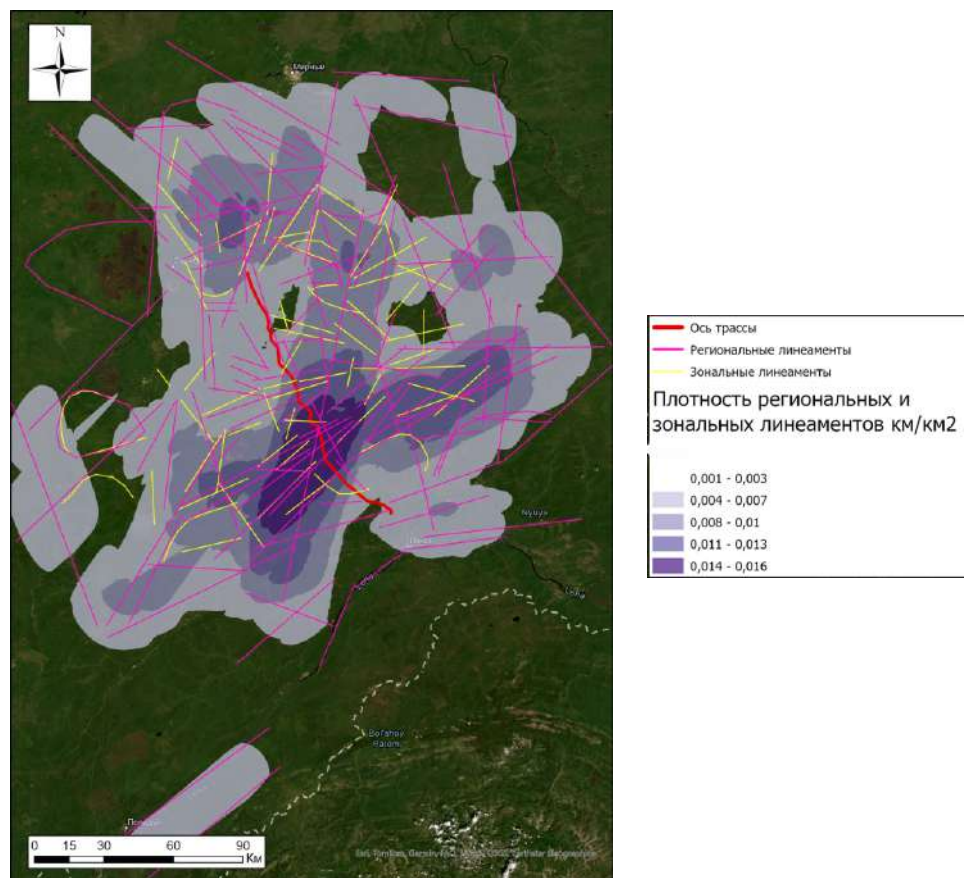


Рис. 2. Карта плотности региональных и зональных тектонических линеаментов

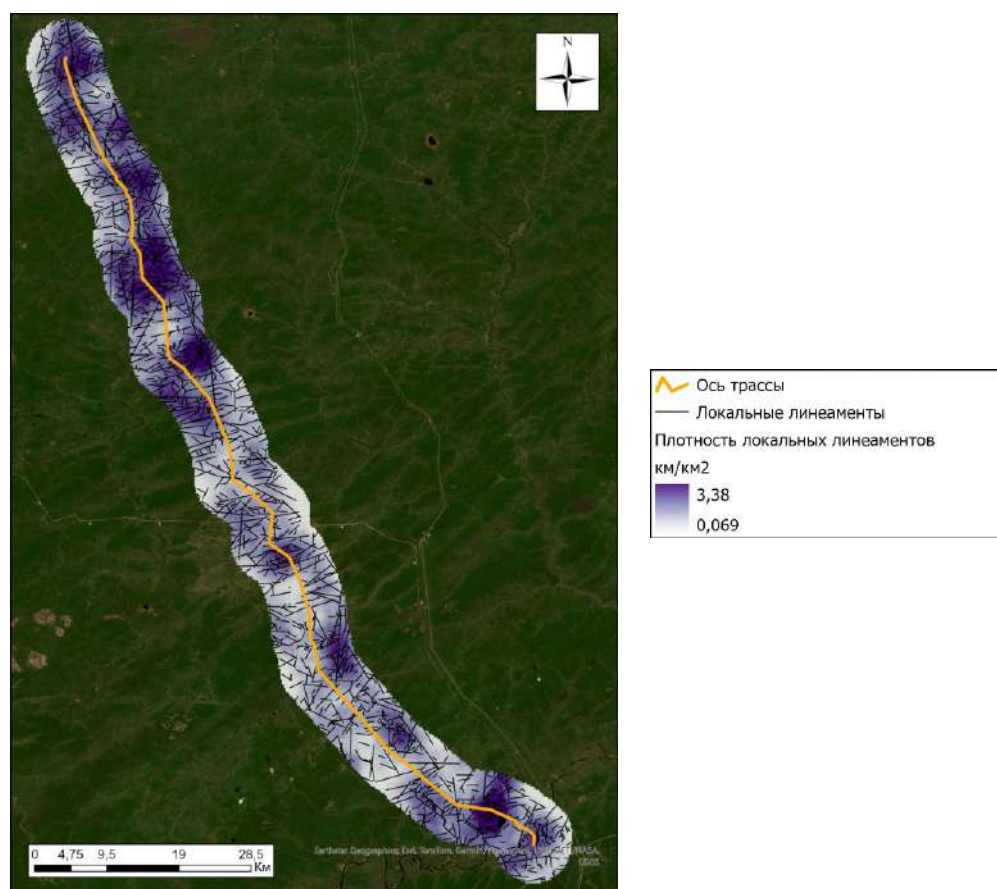


Рис. 3. Карта плотности локальных тектонических линеаментов

Автором проведено дешифрирование современных космических снимков, с целью картирования *карстовых форм* на участке исследования. После этапа выделения карстовых форм, был проведен расчет плотности распространения по территории изучения. Плотность карстовых форм рассчитывалась в 5 километровом буфере вокруг трассы (рис. 4, 5.).

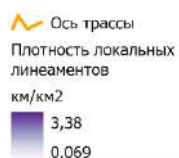
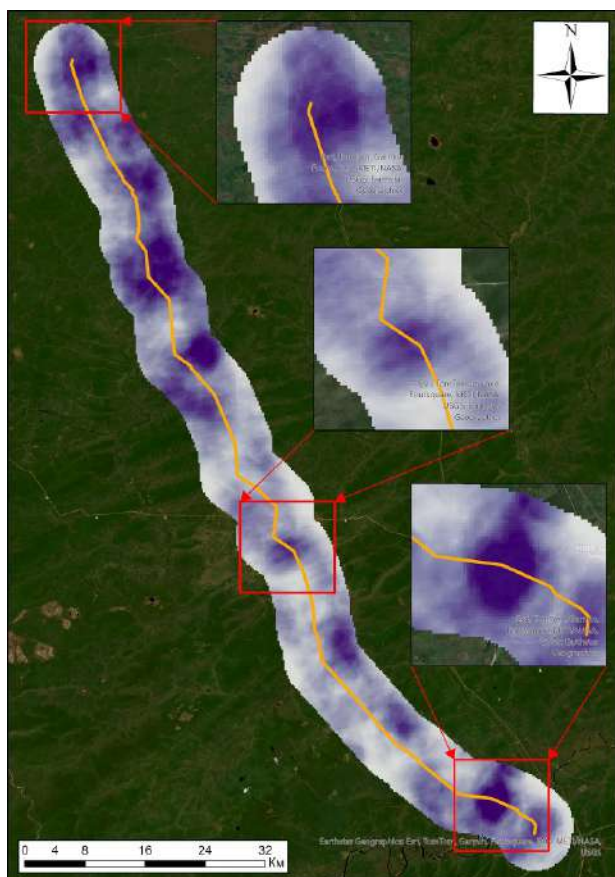


Рис. 4. Карта плотности локальных тектонических линементов на территории магистрального трубопровода. Выделены три участка с повышенными значениями плотности линементов

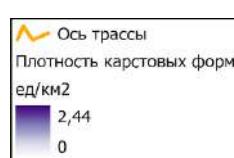
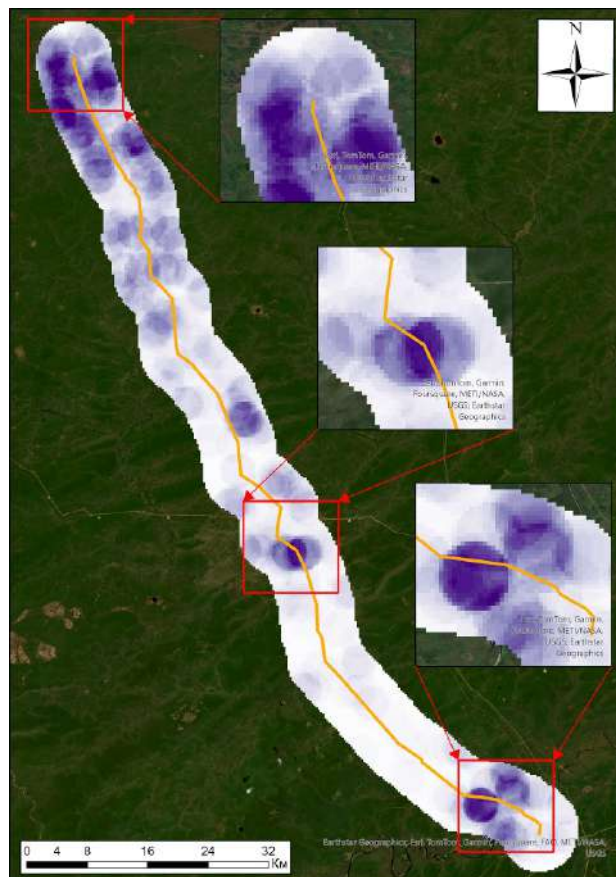


Рис. 5. Карта плотности карстовых форм на территории магистрального трубопровода. Выделены три участка с повышенными значениями плотности карстовых форм

Анализируя плотность и расположение линементов, отмечается, концентрация региональных и зональных центральной части территории прохождения магистрально трубопровода. Распределение локальных линементов показывает, на более высокую их плотность в северной части территории, около г. Мирный, в южной части, вблизи г. Ленск. Также на территории всей трассы магистрального трубопровода наблюдаются незначительные увеличения плотности локальных линементов.

Проводя анализ полученной карты плотности карстовых форм, отмечается увеличение плотности на севере участка исследования, вблизи г. Мирный, на территории средней части трубопровода и в южной части около г. Ленск (рис. 5).

При сопоставлении карт плотностей карстовых форм и линеаментов можно отметить пересечения в северной, центральной и южной частях территории изучения. В районах с повышенными показателями плотности линеаментов проявляются карстовые и суффозионные процессы (рис. 6, 7.). Вероятно, активное развитие экзогенных геологических процессов вызвано повышенной плотностью тектонической трещиноватости по региональным, зональным и локальным линеаментам.

Заключение

В результате проведенных исследований на территории магистрального трубопровода подключения Тас-Юряхского и Верхневилучанского месторождений к МГ «Сила Сибири» по дешифрированию современных цифровых КС с применением программы ArcGIS Pro, были выделены линеаменты трех рангов: региональные линеаменты (масштаб 1:1 000 000), зональные линеаменты (масштаб 1:500 000) и локальные линеаменты (масштаб 1:200 000) в количестве 2306 ед. Проведен линеаментно-геодинамический анализ на региональном уровне, выявлены участки территорий с наиболее активными геодинамическими зонами. Установлена пространственная приуроченность расположения участков распространения карстовых процессов с геодинамическими активными зонами.

Детальный линеаментно-геодинамический анализ, с сопоставлением линеаментов и параметров экзогенных геологических процессов планируется на следующем этапе изучения.

Библиографический список

1. *Гидрогеология СССР, Т. 20. Якутская АССР / Под.ред. А.И. Ефимова, И.К. Зайцева. М.: Недра, 1970, 384 с.*
2. *Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 / Издание первое Серия Верхневилучанская Лист Р-49-XXIV / Объяснительная записка. М., 1978. 55 с.*
3. *Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 / Издание первое Серия Верхне-Вилучанская Лист Р-49-XVIII / Объяснительная записка. М., 1960. 74 с.*
4. *Инженерная геология СССР. Т. 3. Восточная Сибирь / Под.ред. Г.А. Голодковской. М.: изд-во Моск. ун-та, 1977.*
5. *Копылов И.С. Аэрокосмические методы в геологии. Теория и практика. Учебно-методическое пособие. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2022. 115 с.*
6. *Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.*
7. *Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.*
8. *Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.*
9. *Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. 166 с.*

10. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С.196-198.
11. Копылов, И.С. Инженерная геология. Практикум. Учебное пособие для вузов / ООО «Издательство Лань», Санкт-Петербург, 2024. 76 с.
12. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
13. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмогеологические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.
14. Копылов И.С. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для выявления геодинамических опасных зон на трассах магистральных нефтегазопроводов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2021 С. 43-55.
15. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Уральский государственный горный университет. 2014. 351 с.
16. Копылов И.С. Проведение аэрокосмогеологических исследований для выявления геодинамических активных зон территории трасс магистральных газопроводов ООО «Газпром Трансгаз Чайковский» (Соликамск - Кизел - Усьва) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2021. С. 316-326.
17. Копылов И.С. Проведение аэрокосмогеологических исследований для выявления геодинамических активных зон территории трасс магистральных газопроводов ООО «Газпром трансгаз Чайковский» (Гремячинск - Чусовой - Кын) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2022. С.205-216.
18. Копылов И.С. Проведение линеаментно-геодинамического анализа Горного Алтая и трассы проектируемого газопровода "Алтай" // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 8-3. С. 398.
19. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
20. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1.
21. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 228-238.
22. Копылов И.С., Софронова К.И. Оценка инженерно-геологических условий при проектировании газопроводов в условиях распространения мёрзлых пород (на примере участка газопровода «Сила Сибири») // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 308-321.
23. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2005. № 1. С. 75.
24. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. № 5-6. 2005. С. 76-78.
25. Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. Москва, Недра, 1979. 223 с.
26. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция. М., 2012.
27. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция. М., 2018.

РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ RATIONAL SUBSOIL USE AND ENVIRONMENT PROTECTION. RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS

УДК 551.3

А.Е. Бабкина

Горный институт УрО РАН, Пермь, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОДРАБОТАННОЙ ТЕРРИТОРИИ НА БЕРЕЗНИКОВСКОМ УЧАСТКЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ И МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

На Березниковском участке Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей ведется мониторинг уровней подземных вод; изучается их минерализация, химический состав, выявляется динамика изменения показателей. По результатам исследований установлены некоторые взаимосвязи между преобразованием гидрогеологических параметров и возникновением провалов грунта.

Ключевые слова: мониторинг, Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, Березниковский участок.

A.E. Babkina

Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

THE RESULTS OF MONITORING THE ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE MINED AREA AT THE BEREZNIKOVSKY SITE OF THE VERKHNEKAMSK DEPOSIT OF POTASSIUM AND MAGNESIUM SALTS

Groundwater levels are being monitored at the Bereznikovsky site of the Verkhnekamsk deposit of potassium and magnesium salts; their mineralization and chemical composition are being studied, and the dynamics of changes in indicators are being revealed. According to the results of the research, some relationships have been established between the transformation of hydrogeological parameters and the occurrence of sinkholes.

Keywords: monitoring, Verkhnekamsk deposit of potassium and magnesium salts, Bereznikovsky site.

Введение

Базовые инженерно-геологические условия Березниковского участка Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей (далее – ВКМКС) непросты. Территория водообильная, принадлежит карстовому району, с очень высокой геодинамической активностью.

Кроме того, численность населения города Березники превышает 140 тыс. чел.; высока плотность жилой застройки, территория подработана, а, значит, уровень техногенной нагрузки на Березниковский участок чрезвычайно высок. Сопряжение разработки недр и городской застройки при подземной отработке месторождения закрытого типа в условиях опасных геологических процессов создает риски разрушения системы «геологическая среда-сооружение».

Потому особую значимость приобретают проблемы обеспечения безопасности проживания местного населения, решение которых напрямую связано с тщательным изучением динамики преобразований инженерно-геологических условий территории.

С течением времени на территории Березниковского участка произошло 7 провалов грунта разной величины, самый крупный из них имеет размеры 446 на 328 м. Существующая вероятность появления новых провалообразований заставляет ученых вести мониторинг текущих изменений среды. Безопасное и эффективное использование территории во многом зависит от изучения горно-геологической обстановки и исследований водозащитной толщи территории.

В настоящее время в городе Березники развернут масштабный мониторинг техногенных процессов, сейсмический мониторинг, мониторинг процессов провалообразования, ведутся карстологические исследования, а также, гидрогеологический мониторинг. Работы производят различные организации, в том числе, Горный институт УрО РАН. Данные мониторинга постепенно наполняют информационную базу, которая помимо изучения текущего состояния среды позволяет производить ретроспективный анализ показателей, что дает возможность выстраивать гипотезы относительно будущих периодов.

Цель работы: рассмотрение данных гидрогеологического мониторинга для изучения инженерно-геологических условий Березниковского участка ВКМКС.

Объект изучения – геологическая среда Березниковского участка ВКМКС; *предмет изучения* – закономерности и особенности трансформации инженерно-геологических условий Березниковского участка ВКМКС.

Основные задачи работы:

- изучение уровня подземных вод на территории участка;
- изучение уровня минерализации подземных вод;
- исследование химического состава подземных вод Березниковского участка ВКМКС;
- выявление связей между рассматриваемыми величинами и происходящими преобразованиями геологической среды участка на примере провалообразований.

Гидрогеологический мониторинг инженерно-геологических условий Березниковского участка ВКМКС

С целью обеспечения контроля негативных гидрогеологических процессов ГИ УрО РАН выполнено бурение и обустройство обширной сети наблюдательных скважин с полным комплексом гидрогеологических, геофизических и инженерно-геологических исследований. При комплексном изучении разреза в скважинах во время бурения производилась детальная инженерно-геологическая документация керна, фотодокументация материалов бурения, осуществлялся отбор образцов пород с целью исследования физико-механических свойств. В процессе проходки велись наблюдения за провалами инструмента, увеличениями скорости проходки, отслеживался уровень воды в стволе скважин после каждого подъема бурового инструмента. Сегодня общее количество оборудованных скважин превышает 50 шт. Их глубина варьируется от 4 до 125 м. В целях осуществления гидрогеологического мониторинга раз в месяц по всей наблюдательной сети (рис. 1) отбираются пробы подземных вод.

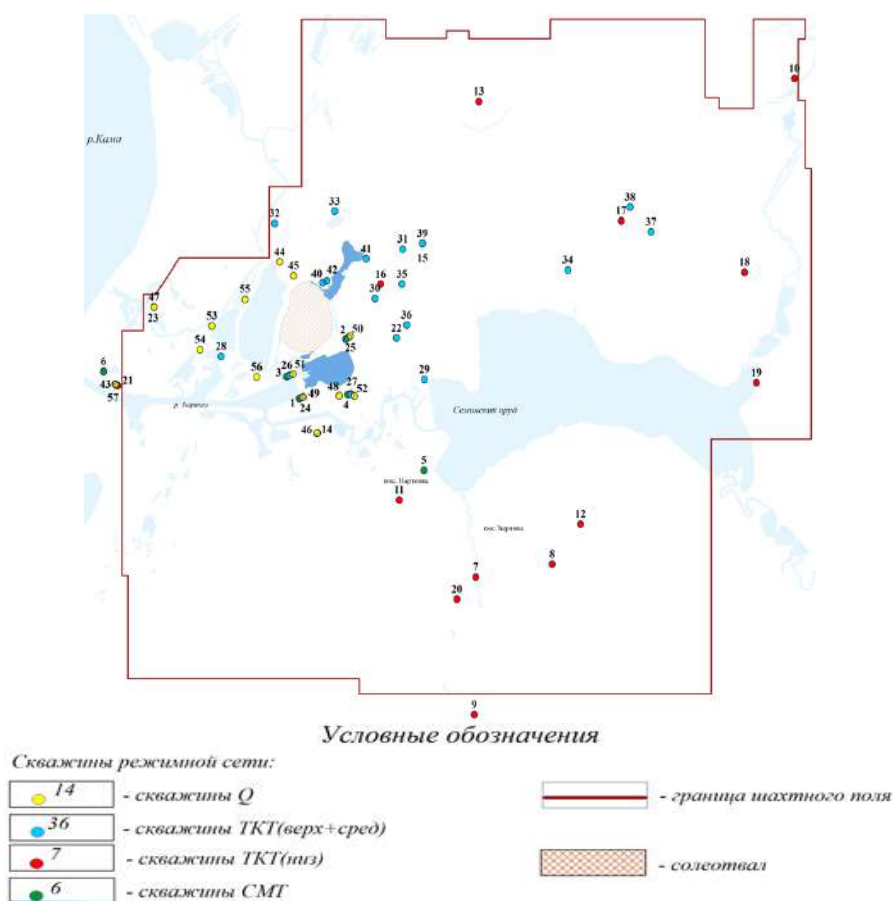


Рис. 1. Схема расположения гидрогеологических скважин на Березниковском участке [6]

Мониторинг ведется на постоянной основе. В каждой скважине замеряется уровень подземных вод, устанавливается их химический состав, определяется общая минерализация, сухой остаток, водородный показатель, удельный вес и др.

Снимаемые показатели постепенно наполняют базу данных. История наблюдений за большей частью скважин составляет 13-14 лет, пробы отбираются с 2010-2011 гг. Следует отметить, что несколько скважин было оборудовано в 1998-1999 гг., а также в 2005-2007 гг., но их количество незначительно.

Накопленные исследования подтверждают необходимость ведения непрерывных наблюдений, фиксирующих любые изменения физических свойств пород, качества водозащитной толщи, уровней и характеристик подземных вод, что дает шансы своевременно реагировать на такие изменения.

Колебания уровней подземных вод, изменения результатов химического анализа отобранных проб воды отражают важные преобразования среды, выявляют моменты критических метаморфоз.

Результаты гидрогеологического мониторинга инженерно-геологических условий Березниковского участка ВКМКС

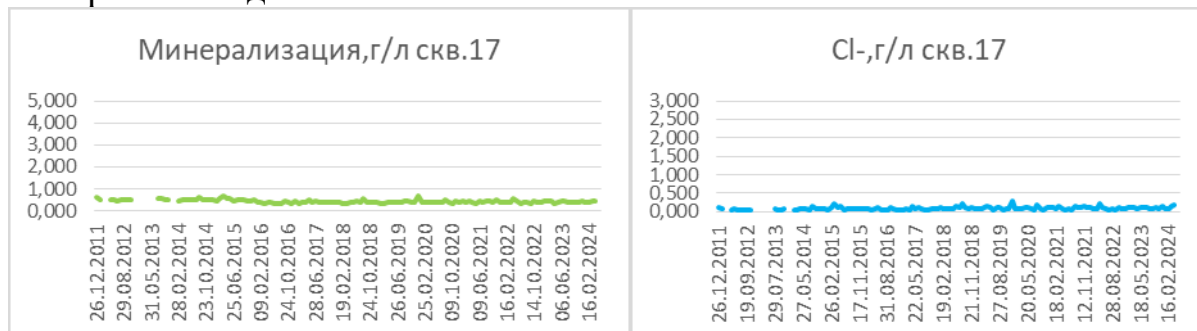
В результате исследований выявлено, что в пределах площади Березниковского участка ВКМКС развиты напорные воды разной степени минерализации, приуроченные к соликамским отложениям. Водоносными являются только надсоляные толщи. Химический анализ дает информацию о вероятных процессах дезинтеграции породного массива. Как правило, наименьшую минерализацию имеют воды, содержащие слаборастворимые соединения – силикаты, карбонаты. Соответственно, чем выше величина минерализации подземных вод, тем больше суммарная масса растворенных минеральных веществ [1-4].

На территории г. Березники по величине минерализации выделены 4 типа подземных вод, приуроченных к терригенно-карбонатной толще: пресные, переходные солоноватые, соленые, рассолы. Пресные подземные воды по минерализации менее 1 г/л – представлены в северной части территории. Переходные солоноватые – минерализация до 10 г/л – в северо-восточной, центральной и северо-западной частях города. Соленые - минерализация до 35 г/л – в западной, юго-западной и южной частях территории. Рассолы - минерализация свыше 35 г/л – представлены на западе и востоке. Для участков с тремя последними типами присущи перетоки по ослабленным зонам загрязненных подземных вод. Кроме того, выделяются зоны различной гидродинамики, которые влияют на состав приповерхностной гидросферы [1, 7-12]. Следует отметить, что около 60% величины минерализации во всех скважинах участка составляют анионы хлора, потому графики изменения этих показателей для каждой скважины идентичны. Утверждение справедливо для каждого типа подземных вод (рис. 2).

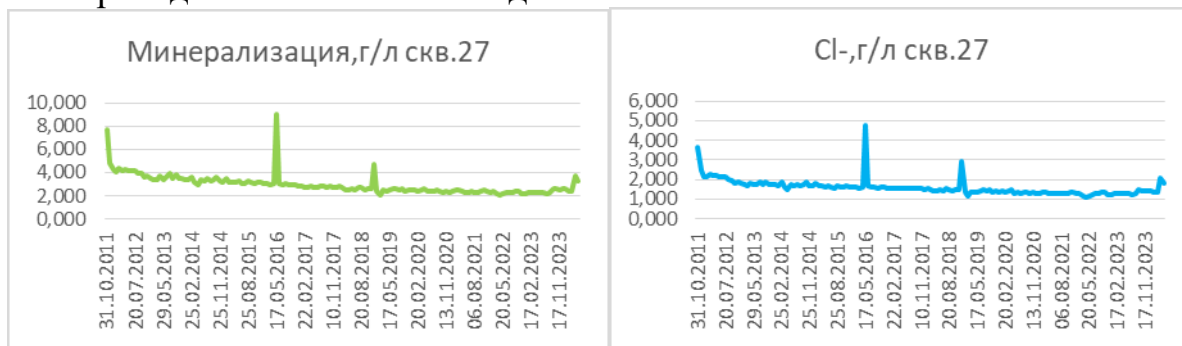
Пробы большей части наблюдательных скважин отражают сходную колебательную динамику изменения показателей. Однако амплитуда колебаний минерализации рассолов, как и ее абсолютные величины, достигают колоссальных значений.

Скважины, содержащие рассолы, составляют треть всех наблюдательных скважин на Березниковском участке ВКМКС. Максимальный за всю историю наблюдений показатель минерализации равняется 287 г/л. Следует отметить, что данные зафиксированы в июне 2006 г. (рис. 3, скв. 56).

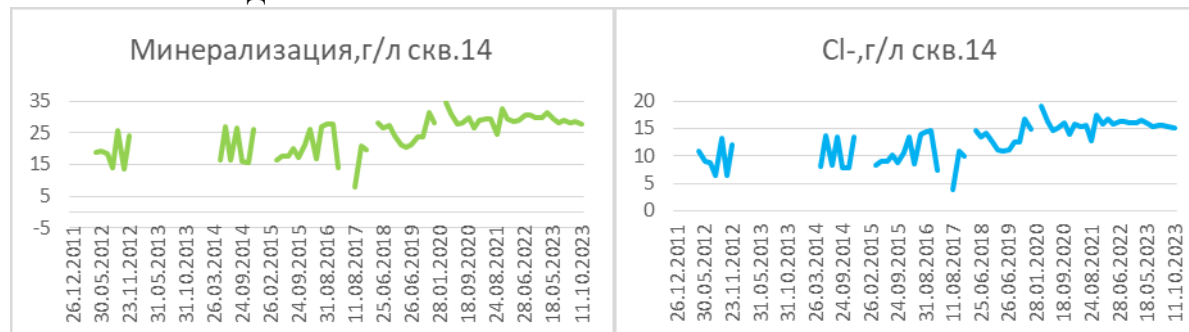
Пресные воды:



Переходные солоноватые воды:



Соленые воды:



Рассолы:

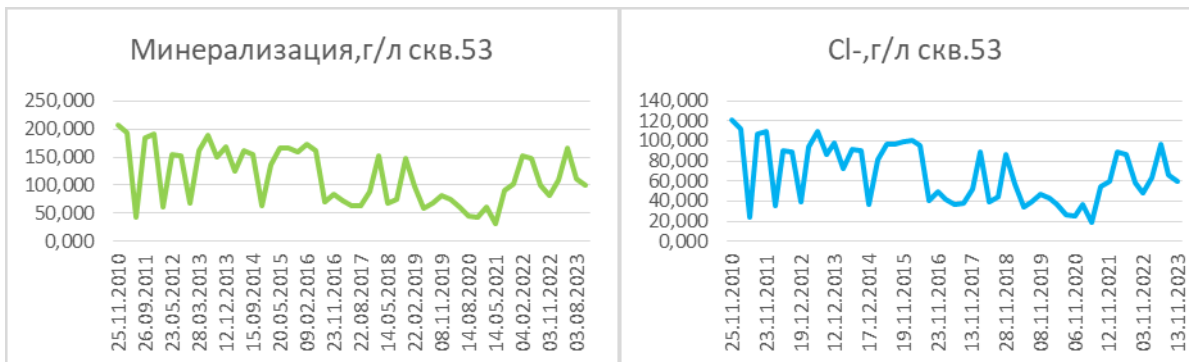


Рис. 2. Графики уровня минерализации, содержания анионов хлора в подземных водах Березниковского участка ВКМКС [6]

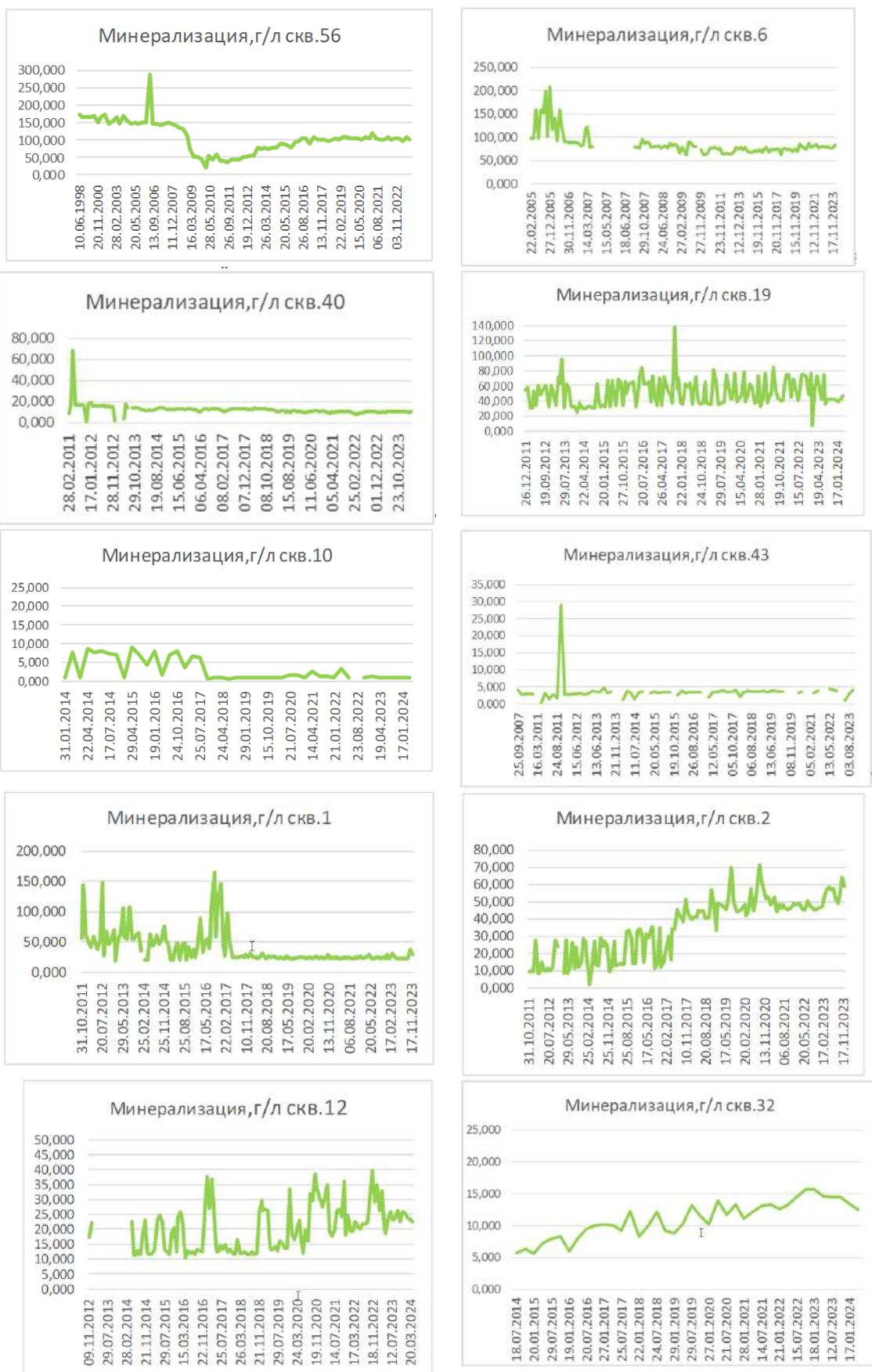


Рис. 3. Графики минерализации воды в наблюдательных скважинах [6]

В октябре этого же года на территории участка было обнаружено увеличение притока рассола, а в июле 2007 года образовался самый значительный провал. Пробы отобраны в скважине, отстоящей от указанного провала на 500 м. Глубина скважины составляет 13,5 м.

Изменение минерализации на более значительной глубине (115 м) при вышеуказанных обстоятельствах выявляет график показателя в пробах другой скважины (рис. 3, скв. 6).

Значимый скачок и последующий спад минерализации в скважине, находящейся рядом с провалами, произошедшими в ноябре 2010 и декабре 2011 гг., также зафиксированы на графике изменений показателя (рис. 3, скв. 40).

Результаты проб еще одной скважины (без территориальной привязки к расположению провалов) отметили существенный скачок минерализации в октябре 2017 г., и вновь пик показателя соотносится со временем провалообразования в апреле 2017 и апреле 2018 гг. (рис. 3, скв. 19).

В пробах скважин, содержащих переходные солоноватые воды, динамика изменений показателя минерализации относительно моментов провалообразования не менее очевидна (рис. 3, скв. 10).

И также отражает появление значительных скачков показателя (рис. 3, скв. 43).

В отдельных случаях разгрузка подземных вод, их перетоки, а, также, видоизменение пород, связанные с провалообразованием, приводили к снижению показателя минерализации в 4 раза и более (рис. 3, скв. 1).

В других скважинах фиксировалась обратная ситуация (рис. 3, скв. 2, 12).

Особое внимание привлекают графики скважин, где минерализация растет безотносительно произошедших провалов, то есть масса растворенных (а также, растворяющихся) веществ со временем увеличивается (рис. 3, скв. 32), а значит, растут риски проявления негативных последствий дезинтеграции пород, и требуются дополнительные исследования территории.

Таким образом, накопленная история данных мониторинга показывает, что в ряде случаев появлению провала предшествовал резкий и очень значительный (превышающий в 2-3 раза предыдущие показатели) скачок (пик) показателя минерализации и, соответственно, величины ионов хлора, происходивший за полгода или несколько меньший срок до события.

Следует отметить, наличие подобных пиков в других скважинах (с разными типами подземных вод), после появления которых не было зафиксировано образование значительных провалов грунта. Однако, однозначно утверждать, что никаких провалов на всей территории Березниковского участка ВКМКС в действительности не было, не представляется возможным. Часть территории участка занята лесным массивом, поэтому моментальная фиксация изменений там затруднена. При этом, в лесном массиве рядом с поселком Зырянка был обнаружен ряд воронок небольшого диаметра, точное время появления которых неизвестно. Их появление, даже без точной информации о сроках образования, вызывает предположение о возможной взаимосвязи возникновения всех

зафиксированных во время мониторинга существенных пиков минерализации и последующего формирования воронок на территории участка.

Подземные воды Березниковского участка ВКМКС образуют единую водную совмещающуюся систему, изменение которой отражают данные мониторинга по скважинам, расположенным на разном удалении от образовавшихся провалов. Соотнесение результатов исследований с периодами возникновения провалов наглядно демонстрирует имеющиеся связи. Близко расположенные скважины показывают трансформации среды быстрее, удаленные на достаточные расстояния – по прошествии времени.

Преобразование водородного показателя во всех случаях согласуется с изменением минерализации в скважинах, данные выявляют разнонаправленную динамику. Со снижением уровня рН (кислая среда), повышается величина минерализации. И, наоборот, с увеличением рН (щелочная среда), снижается концентрация минералов, происходит процесс «разбавления».

На изменение показателей влияют, в том числе, сезонные факторы. Особенно четко сезонность прослеживается на уровнях подземных вод (рис. 4).

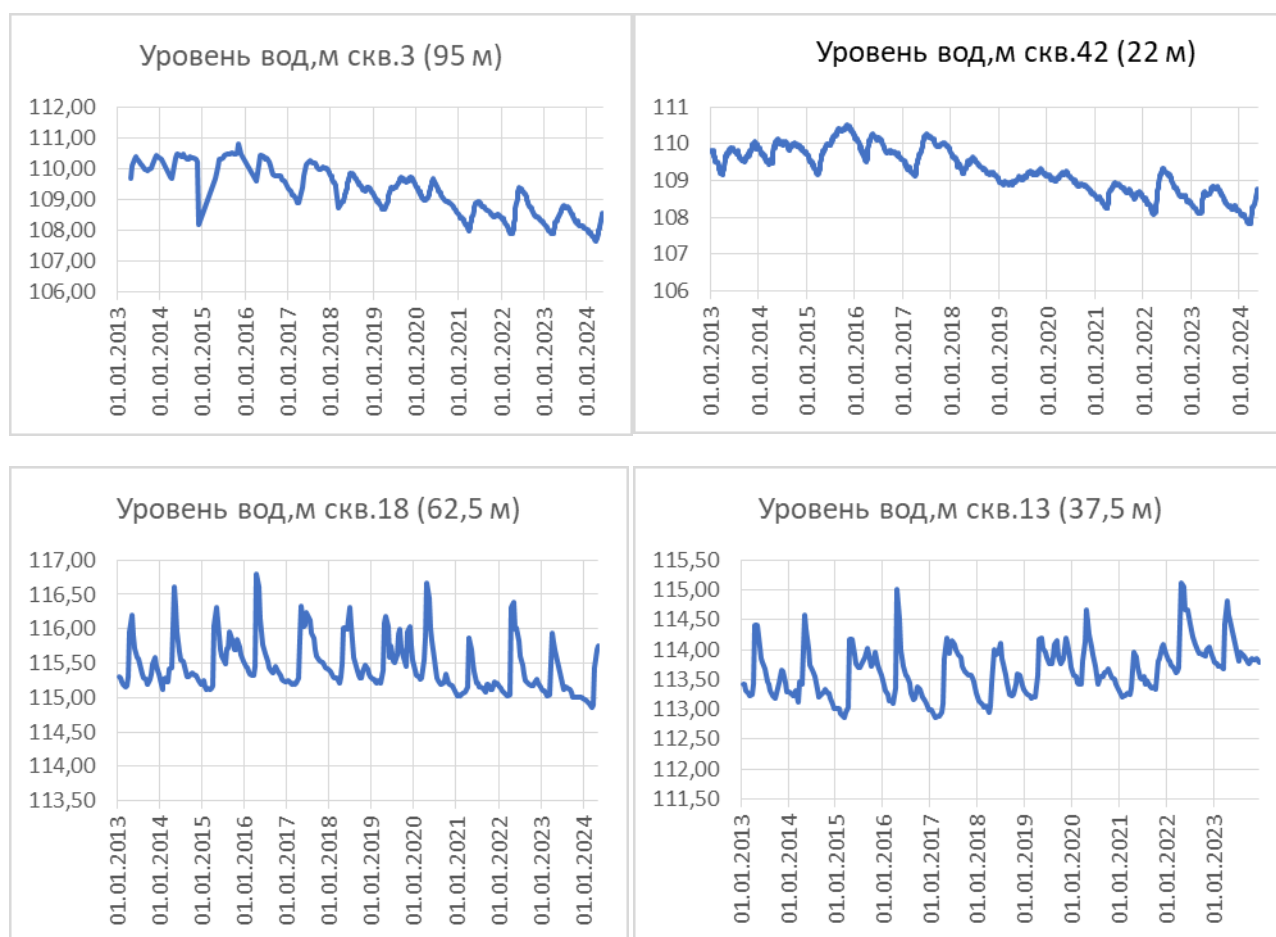


Рис. 4. Уровень подземных вод в скважинах №3, 42, 18, 13 [6]

Характерной особенностью, является пространственная изменчивость уровней со временем, проявление локальных повышений и понижений показателей. Уровень подземных вод на северной и южной границах

Березниковского участка ВКМКС на протяжении истории наблюдений несколько увеличился. В центральной части участка, в непосредственной близости от образовавшихся провалов и водоемов уровень подземных вод в течение последнего десятилетия снизился в среднем на 1-2 м и продолжает снижаться.

По химическому составу подземных вод в изученных скважинах преобладают воды хлоридного типа (по Курнакову-Валяшко). Однако, следует отметить, что в отдельных скважинах были зафиксированы краткосрочные перемены типа, в том числе, соотносимые с моментами образования провалов на участке. По всей видимости, изменения типа отражают внутренние перетоки подземных вод. Поэтому особое внимание обращают на себя скважины с частой переменой химического типа подземных вод. Вероятно, в непосредственной близости от этих скважин располагаются зоны (коридоры) подземного перетока, перемешивания подземных вод, то есть, зоны, требующие пристального внимания человека и дополнительных исследований.

Заключение

Основными факторами горно-геологического и экологического рисков на Березниковском участке ВКМКС являются геологические условия (тектоника, неотектоника, строение и состав водозащитной толщи), гидрогеологические условия (водообильность и состав подземных вод зоны активного водообмена), инженерно-геологические условия (геодинамическая активность, техно-природные процессы, карст), геоэкологические условия (экогеохимия геологической среды, техногенные условия) [9].

Осложненные инженерно-геологические условия территории могут оказывать значительное влияние на безопасность эксплуатации построенных сооружений, безопасность местного населения. Однако, наблюдая, исследуя существующие данные, понимая и прогнозируя будущие риски, человек способен корректировать свою деятельность, внимательно относиться к вопросам недропользования, решать экологические проблемы, минимизировать возможные негативные последствия своего вмешательства в окружающую среду.

Для достижения этих целей на территории Березниковского участка ВКМКС развернуто проведение мониторинговых мероприятий. Ведется *сейсмический мониторинг, карстологические исследования, мониторинг процессов провалообразования*. Ввиду растворимости солей месторождения, агрессивности подземных вод важное значение имеет *гидрогеологический мониторинг* участка. Разрабатываемая территория плотно населена, поэтому важно поддерживать и развивать *обширную, разветвленную сеть наблюдательных скважин*, которая позволит не упустить из виду значимые преобразования среды, своевременно выявить возникновение критических событий в будущем. Накопленный опыт говорит о необходимости ведения на участке *непрерывного мониторинга*. Важно отслеживать изменение физических свойств пород, характеристик водозащитной толщи, чтобы иметь шансы адекватно *реагировать на такие изменения*, а, следовательно, исключить или в

значительной степени снизить риски жизнедеятельности местного населения, обезопасить геологическую среду территории в целом.

По результатам мониторинговых исследований выделяются зоны различной гидродинамики и состава приповерхностной гидросферы. Изучение пространственных изменений гидрогеологических параметров позволяет контролировать динамику развития выявленных негативных процессов в подземных водах. Резкие изменения параметров мониторинга могут стать сигналом для концентрации внимания человека на определенном участке территории. Однако, с учетом того, что резкие скачки данных могут отстоять от критических геологических событий на срок до полугода, прогнозирование изменений, а также, поиск конкретных территориальных ориентиров при прогнозировании затруднен. На данный момент не выявлены способы, которые бы позволили с высокой степенью точности прогнозировать местоположение провалообразований и определять их сроки. Человек в состоянии наблюдать за постепенным пространственным изменением (в особенности, ростом) показателей, понимать, что в непосредственной близости происходят процессы дезинтеграции породы, отслеживать значительные преобразования данных, что при объединении результатов различных видов мониторинга дает возможность в значительной степени сужать зоны вероятного риска и исследовать их дополнительно.

Библиографический список

1. Балдин В.А. Отчет о комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 Верхнекамской площади на территории действующих горнодобывающих предприятий и детально разведанных участков. Информационный отчет. Пермь, 1996.
2. Белкин В.В., Коноплев А.В., Ковин О.Н., Наумова О.Б., Мониторинг и оценка состояния геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна // Современные проблемы науки и образования, 2014. №5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14596>
3. Белкин В.В. Техногенная трансформация геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна / Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. доктора геол.-мин. наук, Екатеринбург, 2010. 46 с.
4. Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии: учебник. 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: Изд-во МГУ, 2007. 448 с.
5. Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. Пермь, 1990. 44 с.
6. Данные гидрогеологического мониторинга / рабочие материалы ГИ УрО РАН.
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
8. 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.
9. Копылов И.С., Ковин О.Н., Голдырев В.В., Малеев Э.Е., Брюхов В.Н. Основные факторы горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 268-289.
10. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд., перераб. М., 2013. 371 с.
11. Никифоров В.В. Инженерно-геологические исследования негативных последствий техногенных процессов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №4. С. 390-396
12. Никифоров В.В. Пространственные закономерности гидрогеологических параметров на подработанной территории г. Березники // Стратегия и процессы освоения георесурсов. 2015. №13. С. 174-177.

ПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАМСКО-БЕЛЬСКОГО ПРОГИБА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ ВОСТОЧНО-АСКИНСКАЯ-1

Проведен анализ материалов по протерозойским отложениям Камско-Бельского прогиба в районе бурения Восточно-Аскинской скважины. Проанализированы данные по геологическому строению, тектонике и нефтегазоносности территории. Показано распределение органического углерода в породах рифея и венда.

Ключевые слова: протерозойские отложения, нефтегазоносность, параметрическая скважина Восточно-Аскинская-1, Камско-Бельский прогиб.

S.I. Vilesov

Perm State University, Perm, Russia
West Ural Interregional Office of the Federal Service for Supervision of Natural Resource Usage,
Perm, Russia

PROTEROZOIC DEPOSITS OF THE KAMSKO-BELSKY TROUGH BASED ON THE RESULTS OF THE STUDY OF THE PARAMETRIC WELL VOSTOCHNO-ASKINSKAYA-1

The analysis of materials on Proterozoic deposits of the Kama-Belsky trough in the drilling area of the East Askinsky well was carried out. Data on the geological structure, tectonics and oil and gas potential of the territory were analyzed. The distribution of organic carbon in Riphean and Vendian rocks was shown.

Keywords: Proterozoic deposits, oil and gas potential, parametric well Vostochno-Askinskaya-1, Kamsko-Belsky trough.

Введение

Интерес к протерозойским отложениям возник ещё в XX веке, но тогда они считались малоперспективными. В конце 80-х гг. в Восточной Сибири (Юрубчено-Тохомское месторождение [6, 11]), затем – в Австралии, Китае, Омане были открыты месторождения нефти и газа рифейского возраста и началась их активная разработка, что опровергло утверждение о малоперспективности протерозоя. В Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (ВУНГП) месторождения в протерозойских отложениях пока не открыты, но имеются многочисленные признаки нефтегазоносности: открытые залежи нефти в венде в Удмуртии и Пермском крае, нефтегазопоявления и

битумопроявления (Удмуртская Республика, Башкортостан, Пермский край, Свердловская область).

Поэтому, на фоне истощения запасов палеозойской части разреза ВУНГП, изучение рифей вендских-отложений имеет научное и практическое значение [4, 5, 7].

Целью работы является изучение особенностей геологического строения и нефтегазоносности протерозойских отложений Камско-Бельского прогиба в районе бурения параметрической скважины Восточно-Аскинская-1, посредством литературного обзора опубликованных и фондовых материалов по Камско-Бельскому прогибу (КБП).

Краткая характеристика района по природно-геологическим условиям и нефтеносности

Территория исследования приурочена к КБП и находится в её северной приосевой части. На данной территории пробурена скважина Восточно-Аскинская-1 с забоем 5000 м. Скважина расположена в Аскинском районе Республики Башкортостан. Она относится к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, Пермско-Башкирской нефтегазоносной области, Южно-Кубиязинскому месторождению (рис. 1).

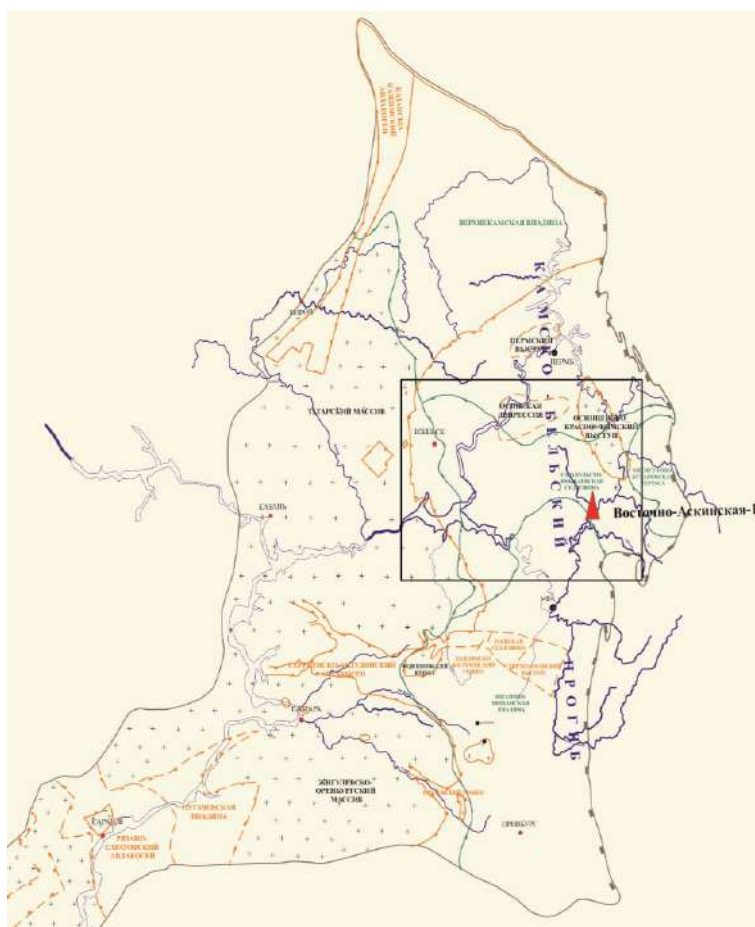


Рис. 1. Тектоническая карта рифей-вендских отложений Камско-Бельского прогиба [10]

Бурение было завершено в декабре 2004 года. Фундамент не вскрыт. По проекту предполагалось вскрыть породы саузовской подсвиты калтасинской свиты нижнего рифея, но фактически были вскрыты породы арланской подсвиты калтасинской свиты нижнего рифея. Организация, проводившая бурение – Уфимское УБР АНК «Башнефть» [10].

Рельеф исследуемой площади представляет собой всхолмленную равнину, изрезанную речной сетью и оврагами. Отметки рельефа от +204 до 302 м над уровнем моря. Основной водной артерией является р. Тюй, впадающая юго-восточнее в Уфу. Источником питания всех рек являются родники и атмосферные осадки. Речная сеть не судоходна. Климат района резко континентальный, с продолжительной суровой зимой и коротким жарким летом. Средняя температура января -16°C , июля $+18^{\circ}\text{C}$. Средняя годовая температура $+2^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков составляет 600-700 мм. В холодный период года преобладают ветры юго-западного направления, а в тёплый северо-восточного. Залесённость территории неравномерная. Лес преимущественно смешанный [3].

Камско-Бельский прогиб является наиболее крупной отрицательной структурой рифейского возраста в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. На его территории прослеживаются две обособленные впадины: северная – Камская (Осинская) и южная – Бельская, разделенные Орйебаш-Татышлинско-Чернушинской зоной приподнятого залегания фундамента. Выделяющиеся в рифейском структурном этаже нижнерифейский и средне-верхнерифейский ярусы имеют повсеместное распространение [8].

Глубокая параметрическая скважина Восточно-Аскинская-1 в тектоническом отношении по отложениям палеозоя расположена в северной части Башкирского свода, а по рифею в северной приосевой зоне КБП. Основной целью бурения скважины являлась оценка перспектив нефтегазоносности терригенно-карбонатной толщи венд-рифей. Скважина заложена на Южно-Кубиязинском поднятии (по отложениям калтасинской свиты нижнего рифея), обнаруженном по результатам региональных сейсморазведочных работ. Калтасинская свита имеет повсеместное распространение на территории платформенного Башкортостана и считается нефтегазоматеринской. По данным изучения керна и ГИС в составе калтасинской свиты среди непроницаемых доломитов установлены разуплотненные зоны, сложенные кавернозно-трещиноватыми разностями, которые могут быть перспективными для поисков углеводородов [1].

По профилю, изображённому на рис. 2, видно, что вендские отложения по линии скважин Каракулинская 1509-Бухаровская присутствуют не повсеместно. Они отсутствуют в восточной части разреза. Также присутствует перерыв в рифейских отложениях в районе скважин Дороховская-1 и Манчаж-5. Здесь же наименьшая глубина залегания фундамента – около 2 км. Мощность рифейских отложений по профилю колеблется от 1 до 6 км. Вендские отложения маломощные [9]

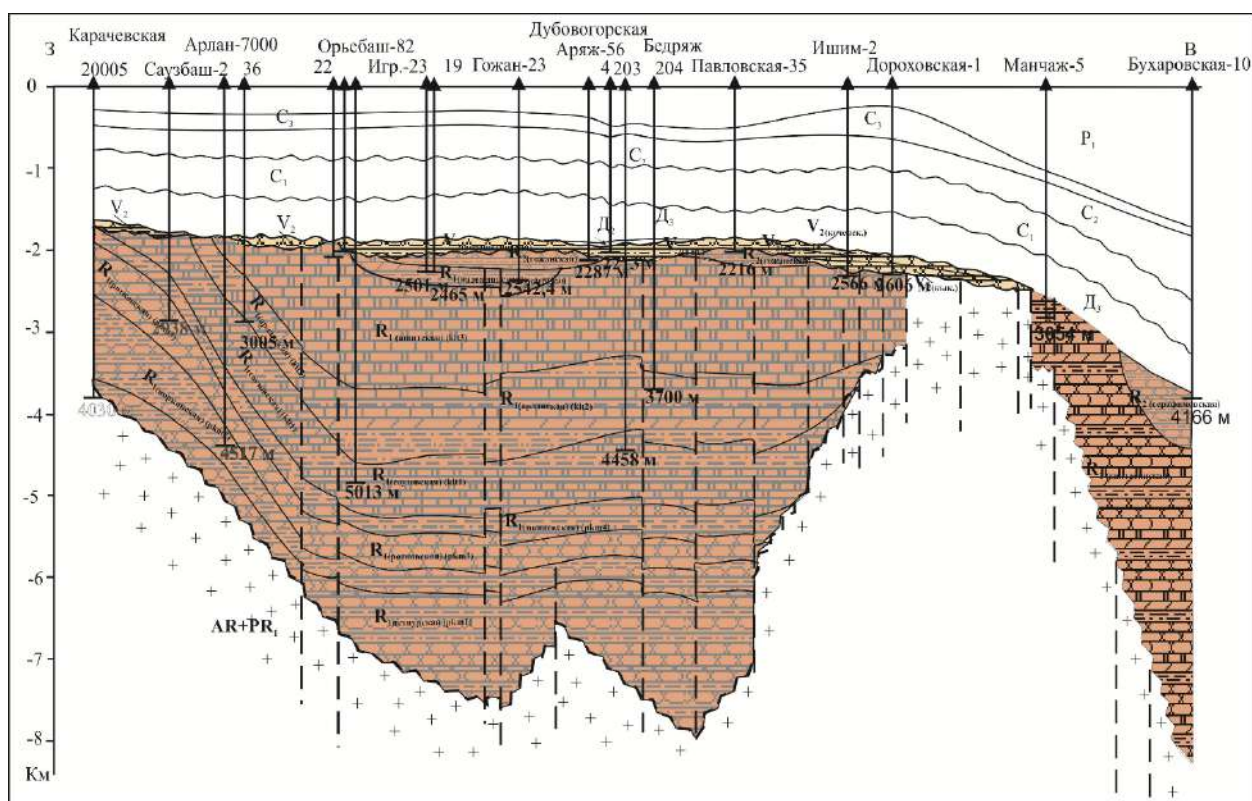


Рис. 2. Геологический профиль по линии скважин Караулинская 1509-Бухаровская [1]

Результаты исследований

Протерозойские отложения в северной приосевой зоне Камско-Бельского прогиба представлены эратемами нижнего и среднего рифея рифейской эонотемы, вендской системой. Вендские отложения с размывом залегают на рифейских и представлены породами верхнего венда. Глубина залегания фундамента в районе Восточно-Аскинской скважины составляет около 7 км, поверхность рифейских отложений залегает на глубине около 2050 м, вендских около 1800 м. Мощность рифейских отложений составляет 5050 м, вендских 250 м. Фактический разрез не совпадает с проектным поскольку было установлено более глубокое, чем предполагалось ранее залегание калтасинской свиты нижнего рифея [10].

Литологический состав рифея представлен преимущественно песчаниками, доломитами, доломитистыми мергелями, известняками и долеритами, венд – аргиллитами, алевролитами и алевроаргиллитами. По результатам бурения скважины выявлено, что фактический разрез не совпадает с проектным за счет появления мощной кабаковской свиты нижнего рифея, в связи с чем не были вскрыты отложения саузовской подсвиты. В скважине встречены магматические породы, которые по концентрациям микроэлементов соответствуют кларкам. В разрезе интрузии встречены в ольховской и кабаковской свитах. Суммарный объем интрузий занимает 157 м или 5% от вскрытой части разреза рифея.

По данным поисково-разведочного и структурно-поискового бурения промышленная нефтегазоносность установлена только в палеозойских

отложениях. В протерозойских породах нефтегазопроявления зафиксированы в скважинах на соседних площадях. В скважине Восточно-Аскинская-1 газопроявления выявлены в ашитской подсвите калтасинской свиты нижнего рифея в интервале 4697-4740 м.

По результатам геохимических исследований установлено, что рифейские и вендские породы в основном обладают низкими концентрациями $S_{орг}$, битумоидов, пиролитическими характеристиками. Относительно высокие параметры зафиксированы в ашитской подсвите калтасинской свиты. Практически вся вскрытая скважиной толща рифейско-вендских отложений вышла из главной зоны нефтеобразования и находится в главной зоне газообразования.

В скважине присутствуют газонасыщенные, водонасыщенные и водогазонасыщенные пласты с невысокими коллекторскими свойствами. Открытая пористость протерозойских пород Восточно-Аскинской скважины колеблется от 0,18 до 11,4 %, объёмная плотность колеблется от 2,36 до 2,97 г/см³.

В калтасинской свите в интервале 4697-4740 м. зафиксировано газопроявление в виде притока газированной пластовой воды – 34,88м³/сут, с удельным весом – 1,2г/см³. Газ в основном метанового состава. Компонентный состав газа: метан – 72,3792 %, этан – 0,5563 %, этилен – следы, пропан – 0,0014 %. Также небольшие газопроявления зафиксированы в интервалах 4317-4400 м калтасинской свиты и 2654-2720 м тукаевской свиты [2].

Распределение органического углерода в породах рифея и венда представлено на рис. 3, 4, 5.



Рис. 3. Распределение $S_{орг}$ в калтасинской свите «составлено автором»



Рис. 4. Распределение $S_{орг}$ в рифейской «составлено автором»

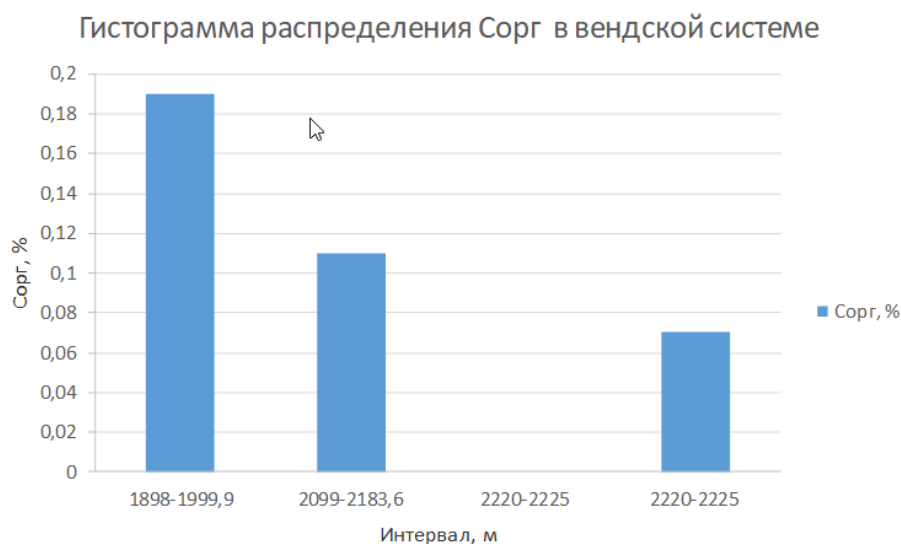


Рис. 5. Распределение $S_{орг}$ в вендской системе «составлено автором»

Заключение

Проведен анализ опубликованных и фондовых материалов по Камско-Бельскому прогибу, проанализированы данные по геологическому строению, тектонике и нефтегазоносности КБП. Выполнено обобщение и анализ литолого-стратиграфической, геохимической, петрофизической характеристики протерозойских отложений Восточно-Аскинской параметрической скважины, проведен комплексный анализ полученных данных. Показано распределение органического углерода в породах рифея и венда.

Библиографический список

1. Башкова С.Е., Субботина Н.Б., Карасева Т.В., Закономерности строения рифейских и вендских отложений Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна // Вестник пермского университета. Геология. 2011. С. 8-12.
2. Башкова С.Е., Галкин В.И., Карасева Т.В., Козлова И.А., Комплексная оценка нефтеносности рифей-вендского перспективного комплекса Пермского края // Нефтяное хозяйство. 2011. С. 32-34.
3. Белоконов Т.В., Сиротенко О.И., Балашова М.М., Горбачёв В.И., Нефтегазоносность древних толщ востока Русской платформы // Геология нефти и газа, 1996. № 7. С. 12-18.
4. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
5. Козлов С.В., Копылов И.С. Нефтегазоносность нижнего структурного осадочного чехла в Калтасинском авлакогене с позиций глубинного абиогенного генезиса углеводородов // Вестник Пермского университета. Геология. 2022. Т. 21. № 4. С. 369-383.
6. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.
7. Егорова Н.П., Студенко Н.С., Перспективы нефтегазоносности рифейско-вендских отложений Башкирского Приуралья // Сб. науч. тр. БашНИПИнефть. Вып.83. 1991. С. 31-38.
8. Иванова Т.В., Егорова Н.П., Масагутов Р.Х., Ларичев А.И., Геохимическая характеристика нефтегазопроизводящих толщ рифейско-вендских отложений платформенного Башкортостана // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002. № 2. С. 31-35.
9. Лозин Е.В., Тектоника и нефтеносность платформенного Башкортостана. М.: ВНИИОЭНГ, 1994. 72 с.
10. Масагутов Р.Х., Снигирев В.Ф., Иванова Т.В., Новоселова Л.П., Беспалова Н.А., Андреев Ю.В. Проект параметрического бурения на Восточно-Аскинской площади. ДООО «Башипинефть» ОАО «АНК Башнефть», 2002. 98 с.
11. Харахинов В.В., Шленкин С.И., Зеренинов и др. Нефтегазоносность докембрийских толщ Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазонакопления // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т.6. № 1. С.1-31.

ИСТОРИЯ РОССИЙСКОЙ ПРАВОПРИМЕНИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ ДЛЯ ГЛОБАЛЬНОГО ГЕОЯДЕРНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В НЕОДНОРОДНОЙ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЗОНЕ СИБИРИ

Рассмотрена проблема обоснования пригодности российской площадки для геологического/глубинного захоронения твердых радиоактивных отходов особой опасности. И в особых региональных условиях: геологических, экономических, социальных. В контексте накопления почти 20 лет разрешительных документов на пользование недрами участка «Енисейский» промышленной территории ЗАТО Железногорск Красноярского края. Выполнен краткий анализ документов. Статья может быть полезной для решения аналогичной проблемы другими странами.

Ключевые слова: захоронение радиоактивных отходов, нефть, национальный уровень, информационная база, Западная и Восточная Сибирь, недра, безопасность, право, система лицензирования, экспертиза, участок «Енисейский», Красноярский край, Тюменская и Томская области, Россия.

V.N. Komlev
Apatity, Russia

HISTORY OF RUSSIAN LAW ENFORCEMENT PRACTICE FOR GLOBAL GEONUCLEAR SUBSOIL USE IN THE HETEROGENEOUS NATURAL-ECONOMIC ZONE OF SIBERIA

The problem of justifying the suitability of the Russian site for geological/deep disposal of solid radioactive waste of special hazard is considered. And in special regional conditions: geological, economic, social. In the context of the accumulation of almost 20 years of permits for the use of the subsoil of the Yeniseisky site of the industrial territory of ZATO Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory. A brief analysis of the documents was made. The article may be useful for solving a similar problem in other countries.

Keywords: disposal of radioactive waste, oil, national level, information base, Western and Eastern Siberia, subsoil, safety, law, licensing system, examination, site "Yeniseisky", Krasnoyarsk Territory, Tyumen and Tomsk regions, Russia.

Введение

Публикация относится к реальной и важной проблеме человечества, обусловленной наличием твердых/отвержденных радиоактивных отходов (РАО) особых категорий и необходимостью их надежной изоляции от биосферы по принципу многобарьерной пассивной защиты, с потенциальной опасностью до миллиона лет (вечность!) и затратами для каждой из ядерных стран уровня России, США, и Китая не менее ста миллиардов долларов (только

применительно к доступной по времени ближайшего будущего перспективе оценок и открытым для анализа процессам образования отходов).

Научная предыстория. Проблему предусмотрено решать путем глубинного/геологического захоронения РАО в земных недрах. Естественно, принятые во всем мире научные основы такого подхода, важнейшая задача начальных этапов реализации проектов по геологической изоляции ВАО (высокоактивные отходы) и ОЯТ (отработавшее ядерное топливо) – выбор приемлемой геологической среды, а также зарубежный и российский предшествующий опыт были известны будущим участникам Енисейского проекта с самого его начала. Но применять их на практике в достаточном объеме не спешили и не спешат.

И еще. «В 70-80-х годах на основании укрупненной оценки условий на Новой Земле, Кольском полуострове, в Калмыкии, в районе расположения ПО «Маяк» было установлено, что в Европейской части России отсутствуют площадки для геологической финальной изоляции долгоживущих РАО. В то же время в результате исследований была обоснована принципиальная пригодность Нижнеканского скального массива для геологического размещения на глубине 500 м долгоживущих РАО» (Общая информация о радиоактивных отходах ФГУП «НО РАО», nora.o.ru). Это заявление, несомненно, претендует на поразительное геолого-географо-социальное, вне отметок времени и персонального авторства, откровение, поскольку разом обнуляет не только комплексные результаты советского Минатома по Новой Земле и ПО «Маяк» (исследования и проектирование), а также международного проекта NUCRUS-95410 (Мурманская и Архангельская области), но и шведско-финские успехи для близких Северо-Западу России условий.

Правовая предыстория. Ростехнадзор в 2013 г. справедливо отметил необходимость распространять на обоснование ПГЗРО (пункт глубинного захоронения радиоактивных отходов) нормы (включая геотехнические) для предприятий ядерного топливного цикла – установок/объектов/стационарных объектов и сооружений, предназначенных для захоронения твердых и жидких радиоактивных отходов (НП-016-05). Однако весьма поверхностно трактовал при этом Закон «О недрах». Смысловая, в рамках регулятивной функции права, связь Закона «Об обращении с радиоактивными отходами» (2011 г.) с Законом «О недрах» (1992 год) и, как следствие, первоначальность норм недропользования перед другими при захоронении РАО классов опасности 1 и 2 не были даже обозначены (Е.Г Кудрявцев, Р.Б. Шарафутдинов, А.В. Гуськов, конференция «Фундаментальные аспекты безопасного захоронения РАО в геологических формациях», М. 2013, с. 78-84).

Вопросы недропользования и охраны недр – ключевые вопросы проблемы

К 2013 г. у Роснедр и ФГУП «НО РАО» отсутствовал опыт лицензирования недропользования по требованиям Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах» в целях захоронения, например,

жидких РАО (Уральский геологический журнал, 2023, № 3, с. 83-108 или proza.ru/2023/06/16/625). Нет его и сейчас. В 2023 году одной датой 14.07.2023 Ростехнадзор для объектов Северска, Димитровграда и Железногорска выдал ФГУП «НО РАО» лицензии на эксплуатацию давно созданных то ли ПГЗ ЖРО, то ли хранилищ РАО (так неоднозначно записано в лицензиях). Эти лицензии не могут быть документами недропользования. Внесистемные лицензии 2013 г., но все же от Роснедр, на пользование недрами для этих объектов перестали действовать (сайт ФГУП «НО РАО», раздел «Лицензии», дата обращения 28.10.2023).

Факторы схемы оценки «регион-район-площадка» предусмотрены нормами как недропользования, так и размещения объектов использования атомной энергии (в том числе, геологического/глубинного захоронения РАО).

В конце 2002 г. была утверждена «Декларация о намерениях» относительно строительства первой очереди ПГЗРО вне промышленной территории Железногорска и участка «Енисейский» (с. 47, Труды-РИ_том-11.pdf).

Начало предварительных, без бурения скважин, геолого-геофизических работ на участке «Енисейский» – не ранее 2002 года (Д.А. Озерский и др., Радиоактивные отходы, 2022, № 4, рис. 1). В 2002 же году с зарубежной помощью было запущено планирование работ на участке (Т.А. Гупало, Окончательный отчет по проекту МНТЦ № 2377 «Разработка обобщенного Плана проведения научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ по созданию объекта подземной изоляции РАО на Нижнеканском массиве», который финансировался как партнерский проект DOE-RW-ISTC). В период 2002-2004 гг. на участке «Енисейский» в южной части Красноярского края, вначале на площади 70 км², а затем на 25 км², были выполнены многоаспектные изыскания с целью обоснования выбора участка для детальных исследований (В.П. Бейгул, atomic-energy.ru 2022/03/23/123033). Первая лицензия и бурение – 2007 год (см. п. 2). Таким образом, 2002 год – наиболее адекватная оценка начала истории работ (от планирования) по ПГЗРО в недрах участка «Енисейский».

О каком «том же времени 70-80-х годов» применительно к Енисейскому проекту говорится в приведенной цитате из документа ФГУП «НО РАО» (см. «Научная предыстория»)? Каким именно от 2002 года официальным документом был разрешен и какими причинами был обусловлен резкий переход к работам на участке «Енисейский»?

Итогом (как было показано ранее, например, в <https://proza.ru/2021/05/31/1284>) разных (не только отмеченных выше) обстоятельств в России стало решение проблемы захоронения твердых РАО без достаточных обоснований и объяснений особым, нигде в мире не применяемым, способом – федеральный (с потенциалом на международный конкурентный статус и при неизбежном росте со временем объема национальных отходов) ПГЗРО в составе интегрированного комбината «под

одной крышей» (Т.А. Гупало, 2005; П.М. Гаврилов, А.В. Хаперская, 2019), вблизи могучей реки, в центре страны в ракурсе запад-восток, но при этом достаточно близко от южной границы с неопределенным будущим (Казахстан: Неусвоенный украинский урок, Проатом, 07.02.2024), вне межрегионального контекста, по соседству со стратегически важной (военной, промышленной и транспортной) инфраструктурой Западной и Восточной Сибири, вблизи воды, угля и нефти, в зоне сочленения трех крупных структур земной коры, в зоне резкой смены геологической обстановки и хозяйственного уклада, в контуре Канско-Ачинского угольного бассейна, на границе с артезианским бассейном пресных вод и нефтегазовой провинцией, в недрах участка «Енисейский» многофункционального оборонного ЗАТО Железногорск Красноярского края, без учета ограничений комплексной промышленной территории ЗАТО, в проблемном, скорей всего, горном массиве гнейсов при абсолютно автономном существовании захоронения, длительности и уровне планируемых техногенных нагрузок на него, с повсеместным применением не самого щадящего горную породу буровзрывного способа проходки горных выработок.

Качество документов комплексного обоснования (прежде всего, горно-геологического, которое длится уже почти 20 лет без надежды на скорое **убедительное** окончание) федерального ПГЗРО 1 и 2 классов опасности (высокой активности и долгоживущих) имеет огромное значение и должно быть **безупречным**. Попытка анализа их фактического уровня – далее. При этом правовая основа документов не может быть никакой другой кроме российской системы лицензирования захоронения РАО 1-2 (proza.ru/2023/06/16/625).

Данная дискуссионная статья, как оценочное, сквозь призму документов прежде всего, профессиональное суждение, выражение субъективного мнения и взглядов автора для попытки понимания будущего, посвящена критическому анализу и обобщению информации, опубликованной в открытых источниках (тексты законов и нормативно-технической документации, научно-технические статьи, официальная переписка).

Не оставим без внимания пояснения основных понятий в работе «Законодательная основа ЕГС РАО» (atomic-energy.ru 2013/05/30/41928), а также «Принцип 6. Единство терминологии. Соблюдение этого принципа обеспечивает использование единой терминологии разработчиками и пользователями системы нормативных документов. Соблюдение этого принципа требует применения каждого термина с одним определением в рамках системы нормативных документов» (Н.С. Пронкин, Р.Б. Шарафутдинов, Н.И. Гераскин. Регулирование безопасности обращения с радиоактивными отходами, 2011, с. 119). Поскольку с самого начала была выявлена проблема единства терминологии: «На этапе согласования с профильными ведомствами мы столкнулись с интересным «человеческим фактором». Пока не было Закона, то каждый мог использовать в документах «свои понятия» и «свои определения». А вот когда Закон («Об обращении с РАО») появился, то выяснилось, что и каждому федеральному органу, который имеет право

принимать нормативные акты, необходимо вводить единый понятийный аппарат» (Т.Л. Ельфимова, atomic-energy.ru 2012/05/28/33715).

Некоторые документы по участку «Енисейский» с комментариями

1. *Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»*. Подготовка и утверждение программы: 2006-2007 годы. На нее как на первоисточник базовой информации часто ссылаются в последующих документах в связи с Енисейским проектом (например, письмо Росатома № 1-2/34765 от 27.06.2022, письмо Роснедр № АГ-04-37/7456 от 28.03.2023).

«Решение о сооружении объекта окончательной изоляции РАО 1-2 классов (долгоживущие РАО средней и высокой активности) в Нижне-Канском скальном массиве (Красноярский край) ... Принято Правительством Российской Федерации» и утверждено в форме федеральной целевой программы ФЦП ЯРБ-1 (письмо Росатома № 1-2/34765 от 27.06.2022).

Дорофеев А.Н. «Реализация первого этапа создания единой государственной системы обращения с РАО, планы на будущее», слайд 3 (Разработана схема территориального планирования размещения ПЗРО), слайд 17 (Захоронение РАО 1 и 2 классов), atomeco.org Dorofeev, 2015.

Иная трактовка, не соответствующая объяснениям Росатома от 27.06.2022 по принятому решению Правительства, объекту и стадии работ, паспортным данным пород (геологическое название пород и их принадлежность в плане и по глубине к существующей геологической документации – картам и разрезам): «В Красноярском крае... уникальная подземная исследовательская лаборатория. Ее основная задача – изучение возможности финальной изоляции высоко- и среднеактивных долгоживущих РАО в недрах скальных пород, примыкающих к (выделено мной, – **В.К.**) Нижнеканскому гранитоидному массиву» («НО РАО подвел итоги года в Красноярске», ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами», новости от 04.12.2023).

«Решение о размещении и сооружении Объекта (пункта захоронения радиоактивных отходов 1-2 классов опасности) в соответствии со статьей 11 Федерального закона Российской Федерации от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» принято Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 13.07.2007 № 444, направление 1 «Создание основных объектов инфраструктуры по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами»» (сайт МТУ по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Сибири и Дальнего Востока Ростехнадзора, общественная приемная, Вопрос-ответ, 10 апреля 2020 года).

Участники Енисейского проекта (А.Н. Дорофеев, С.С. Уткин, П.А. Блохин): «Год принятия решения по разработке: начало 1980х – принципиальное решение; 2008 – официальное» (слайд 7, Задачи оценки характеристик накопленных и будущих РАО и ОЯТ в разрезе потребностей

обоснования безопасности глубинного захоронения, Научно-технический семинар «Обращение с ОЯТ и РАО в ЗЯТЦ» 27.05.2021).

В.К.: до уровня 2008 г. ПИЛ (подземная исследовательская лаборатория) не значится. Множество слайдов под общим названием «РАО ПГЗРО» свидетельствуют о множестве задач по характеристике планируемых к захоронению РАО, которые не были решены к 2008 г. «в разрезе обоснования безопасности» ПГЗРО в целом как геотехнического объекта.

Участники Енисейского проекта (И.И. Линге, С.С. Уткин): «В ближайшем будущем предстоит построить и ввести в эксплуатацию ... пункт глубинного захоронения ВАО» (2013, конференция «Фундаментальные аспекты безопасного захоронения РАО в геологических формациях», с. 90-91). ПИЛ не упоминается.

Названия статей участников Енисейского проекта (2011-2014 годы) на сайте atomic-energy.ru [eniseiskii-uchastok](http://eniseiskii-uchastok.ru):

Состояние работ и основные технические решения по созданию федерального объекта окончательной подземной изоляции радиоактивных отходов (Красноярский край, Нижнеканский массив), 22 февраля 2011;

Федеральный объект окончательной подземной изоляции долгоживущих РАО на Горно-химическом комбинате, 16 июня 2011;

Первые шаги к окончательной изоляции РАО, 20 февраля 2014;

Обеспечение безопасности объектов окончательной изоляции долгоживущих РАО в Красноярском крае, 17 сентября 2014.

ПИЛ не упоминается. Доминирует внесистемная терминология.

Участник Енисейского проекта В.С. Гупало, 2015 г., ПГЗРО есть, ПИЛ не упоминается, с. 12, п. 4, atomeco.org Gupalo.

«Вишенка на торте» - оценки тех времен не от участников Енисейского проекта: «В июле 2012 г. в Железногорске прошли общественные слушания по проекту строительства «пункта захоронения радиоактивных отходов»» (rosbalt.ru 2014/12/25/1352094).

Еще раз. Базовое решение по Енисейскому ПГЗРО давно принято (см также пункты 9 и 13). Нет планов его отменять. Поэтому, обилие разговоров с некоторыми пор о ЕЩЕ ПРЕДСТОЯЩЕМ решении после создания очень-очень необходимой подземной лаборатории и очень-очень важных долговременных исследований в ней по 150 направлениям вряд ли имеет основания, но должно инициировать серьезные профессиональные вопросы по существу сложившейся/сформированной за прошедшие годы трудной реальности.

Отдельные важные аспекты проблемы по материалам интервью И.М. Игина и П.М. Гаврилова изложены в моей статье «Предыстория подземной исследовательской лаборатории Росатома в Красноярском крае» на сайте ПроАтом.

Детализация Федеральной целевой программы относительно ПГЗРО:

ФЦП ЯРБ-1, п. 38 «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов, включая проектно-изыскательские работы

(Красноярский край, Нижне-Канский массив)» (цитирую по Введению, Том 9н, ОВОС «Обоснования инвестиций», см. далее п. 4);

Концепция ФЦП ЯРБ-1, V. Сроки и этапы решения проблемы программно-целевым методом. Первый этап (2008-2010 годы) - выполнение предпроектных (В.К., – разведка не выполнена) и проектных работ по строительству опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных отходов. Второй этап (2011-2015 годы) - завершение строительства опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов (В.К., – не выполнено). Терминология/целеполагание: объект окончательной изоляции (не соответствует терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах»), ПИЛ не упоминается.

Государственные контракты, ФЦП ЯРБ-1, НИР и НИОКР, 2008 год (сайт Департамента государственных целевых программ и капитальных вложений Минэкономразвития России). Суть избранных примеров по Красноярскому ПГЗРО: разнообразие исполнителей и задач по цели работ, объекту и месту, ПИЛ не упоминается, ИБРАЭ РАН контрактов непосредственно по ПГЗРО не имел. Сравнение результатов?

Порядковый № 27, исполнитель ГХК. Сооружение хранилища РАО в горных выработках ГХК.

№ 42, ИГЕМ РАН. Разработка критериев и методологии выбора геологической среды, оценки безопасности ПГЗРО.

№ 45, ВНИПИпромтехнологии. Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов. Нижне-Канский массив.

№ 48, ГХК. Комплексные ГИН и оценка возможности ПГЗРО в подземных объектах ГХК.

Дорофеев А.Н. «Реализация первого этапа создания единой государственной системы обращения с РАО, планы на будущее», слайд 7 (ФГУП «НО РАО»: Освоение средств, выделенных в рамках реализации ФЦП ЯРБ – 100%), atomeso.org Dorofeev, 2015.

2. *Первая лицензия Роснедр КРР № 01696 ТП на геологическое изучение недр (ГИН)* непосредственно и изначально заданного участка «Енисейский» (установленной площадью 64,14 км² – максимальной в сравнении с реально оцененными бурением в дальнейшем) была выдана 26.12.2006 (пользователь недр ГХК, Горно-химический комбинат Росатома). Специалисты ГХК не могли не знать Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла, ОПБ ОЯТЦ, раздел 5 и др. НП 016-05 (как и нормы недропользования, см. п. 4), в соответствии с которыми, видимо, и заложили параметры участка, проигнорированные позже. Автору настоящей статьи не удалось получить полный комплект материалов обоснования и геотехнического наполнения этой лицензии. Было бы полезно последователям, если они будут, детально изучить эти материалы – важную часть исходной позиции Енисейского проекта.

С другой стороны, к 2008 г. была пробурена всего одна скважина 1-Е, достигшая глубины целевого интервала. ГИН установленным порядком еще не было, а целевой интервал среди прочего уже был задан! И ускоренный процесс оформления документов был начат. Как и ускоренное «информирование» научной общественности. Напомним, что специалисты Росатома в 2009 г. (за три года до официального начала проектно-изыскательских работ) обозначили за рубежом участок «Енисейский» приоритетным для ПГЗРО (Кудрявцев Е.Г. и др. Создание объекта окончательной изоляции ВАО в глубоких геологических формациях, Нижнеканский массив, Красноярский край, Семинар «Окончательное захоронение РАО и ОЯТ - опыт и планы», Швеция, 2009 г.).

В статье Кудрявцева Е.Г. и др. обнародован результат некоего сравнительного выбора площадки «в районе Нижнеканского массива». Однако, одной «глубокой» 600-метровой скважины явно было мало как для оценки самой площадки, так и для определения ее приоритетности даже для указанного района, не говоря уж про российские альтернативы. И распространенные в первом приближении на весь массив площадки гидрогеологические данные по скважине 1-Е (поисковая) ныне вошли в резкое противоречие с новыми данными (О.А. Морозов и др., ИБРАЭ РАН, 2019) по гидрогеологии.

3. *Разработана и утверждена «Декларация о намерениях» строительства объекта окончательной изоляции РАО (2008 год, участок «Енисейский»)*. Ранее (2002 год) была разработана и утверждена другая «Декларация о намерениях» относительно строительства на другом участке вне промышленной территории Железногорска. Попытки ознакомить читателей с Декларацией-2002 успехом не увенчались.

4. *Обоснование инвестиций «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов (Красноярский край)» (2010-2011 годы, ОВОС, сайт ФГУП «НО РАО», национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами)*. В разделах «Содержание» и «Обозначения и сокращения» оперируют только терминами «объект окончательной изоляции РАО» и ПГЗРО, ПИЛ не упоминается. Убедительно показано окружение обводненными юрскими отложениями Западно-Сибирской низменности «гнейсового полуострова» промышленной территории ГХК/Железногорска с площадкой ПГЗРО (как и у В.Г. Румынин, Гидрогеологические исследования на объектах использования атомной энергии, к 25-летию СПбО ИГЭ РАН, 2023).

В этом документе (исполнитель ВНИПИпромтехнологии, пользователь недр ГХК) совершенно справедливо зафиксировано (раздел «Краткая характеристика участка намечаемой деятельности»): «Проектируемый объект окончательной изоляции РАО будет являться федеральным объектом, но будет располагаться на промплощадке ФГУП «Горно-химический комбинат»; Проектируемый объект будет располагаться между основным производством

ФГУП «Горно-химический комбинат», ИХЗ ФГУП «Горно-химический комбинат» и г. Железногорском (от 4 до 6 км до каждого).

Кроме того, как и положено, введены в рассмотрение (раздел «Охрана недр») базовые Закон «О недрах», основные технические и организационные мероприятия по рациональному использованию и охране недр и (раздел «Состояние грунтовых и подземных вод») особенности хозяйственно-питьевого водоснабжения в 20 км зоне наблюдений вокруг ФГУП «ГХК» - использование подземных вод юрских и четвертичных водоносных горизонтов.

Позже новый пользователь недр участка «Енисейский» ФГУП «НО РАО» от таких четких базовых позиций, к сожалению, отошел.

5. *Протокол ГКЗ (Государственной комиссии по запасам) Роснедр* (оценочная стадия ГИН, 2012 год, рекомендована разведка, не выполнено). ОВОС по теме «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов, включая проектно-изыскательские работы (Красноярский край)», 2012 год (В.К., см. ФЦП ЯРБ-1, п. 38). Терминология: объект окончательной изоляции, ПИЛ не упоминается.

6. *Положение об определении порядка и сроков создания единой государственной системы (ЕГС) обращения с радиоактивными отходами* (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. N 1185). Пункт 2. Создание единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами предусматривает взаимодействие следующих субъектов, осуществляющих деятельность в области обращения с радиоактивными отходами (взаимодействующими субъектами не обозначены напрямую Роснедра и Росприроднадзор; как не включены они и в число участников ФЦП ЯРБ-1 и 2, С.В. Кириенко, Федеральная целевая программа..., 2015, Заседание Правительства Российской Федерации, слайды 3 и 14?). Пункт 4. ...На третьем этапе (до 1 января 2021 г.) создается система захоронения высокоактивных радиоактивных отходов, ..., в том числе: ...вводятся в эксплуатацию объекты подземной исследовательской лаборатории для проведения исследований с целью подтверждения безопасности создания пункта глубинного захоронения высокоактивных радиоактивных отходов (не выполнено).

А.Н. Дорофеев «Реализация первого этапа создания единой государственной системы обращения с РАО, планы на будущее», слайд 2 (Создание системы захоронения высокоактивных РАО до 1 января 2021 г.), atomeso.org Dorofeev, 2015.

В.К.: ПГЗРО – общее/целое/доминирующее, ПИЛ – часть.

7. *Схема территориального планирования в области энергетики* (2013 г.). Весьма сомнительно отношение к проблеме недропользования - выбора площадки для захоронения РАО. Лишь фиксирование принятого решения/резервирование ресурсов как вспомогательная мера для организации

других управленческих действий на уровне страны – возможно. Именно не как обоснование выбора участка «Енисейский» (как это часто утверждается), а в смысле (Радиоактивные отходы № 1, 2017, с.13) отражения одной схемы (размещения разных пунктов захоронения) в другой трактуется этот документ в итогах реализации первого этапа создания ЕГС РАО. Это элемент оформительской процедуры после принятия решения.

Первое публичное научное рассмотрение проектных решений по ПГЗРО состоялось 05.09.2013 в рамках заседания НТС № 10 Госкорпорации «Росатом». В 2019 году (В.К., !!!) Госкорпорацией «Росатом» начата реализация первоочередных (!!!) мероприятий, в т. ч. работы по подготовке (!!!) к масштабному геологическому изучению района создания ПИЛ / ПГЗРО (Д.А. Озерский и др., Радиоактивные отходы, 2022, № 4). Напомним, что в 2019 г. наземная инфраструктура для ПГЗРО уже «параллельно» создается.

8. *Лицензия Роснедр КРР 15864 ЗП* с целевым назначением: геологическое изучение и оценка пригодности Енисейского участка для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых (ФГУП «НО РАО», 2015 год, полное соответствие вида пользования недр ст. 6 п. 2 Закона «О недрах»).

Согласно п. 3.2.1 Условий пользования недрами, являющихся Приложением № 1 к лицензии КРР 15864 ЗП, пользователь недр был обязан обеспечить разработку и утверждение проектной документации на геологическое изучение участка недр, предусматривающей этап опытно-промышленного захоронения радиоактивных отходов в выбранный пласт-коллектор архейских отложений (письмо Росгеолэкспертизы № ДН-03/3828 от 17.03.2023).

В 2017 г. соответственно протоколу ГКЗ Роснедр № 4523-пс от 03-02-2016 разработано (А.В. Ткаченко, В.В. Мартыанов) геологическое задание на выполнение работ «Разработка проектной документации для геологического доизучения района возможного размещения ПГЗРО (подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, Красноярский край, Нижне-Канский массив)». Подготовлена также «документация об аукционе в электронной форме на право заключения контракта на выполнение работ на разработку и обоснование методики проведения и интерпретации результатов опытно-фильтрационных работ в условиях Нижне-Канского массива». Извещение размещено в единой информационной системе от «23» мая 2017 года ИКЗ № 171583800908977050100102521357219000.

В дальнейшем процесс ГИН был прерван. Почему и по чьей инициативе?

9. *ФЦП ЯРБ-2* разработана в соответствии с поручением Председателя Правительства Российской Федерации от 2 июня 2014 г. № ДМ-П7-4107р. Концепция Программы утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2015 г. № 760-р, а сама Программа — постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2015 г. № 1248.

«Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 - 2020 годы и на период до 2030 года», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 19.11.2015 № 1248, предусмотрено строительство первой очереди объекта окончательной изоляции радиоактивных отходов (пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов) 1-го и 2-го классов (Красноярский край, Нижне-Канский массив) (мероприятие 2.1 приложения № 2 к федеральной целевой программе)». Повторное (!) решение, ПГЗРО – соответствует терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах» (сайт МТУ по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Сибири и Дальнего Востока Ростехнадзора, общественная приемная, Вопрос-ответ, 10 апреля 2020 г.).

«ФЦП ЯРБ-2 предусмотрено два мероприятия по созданию инфраструктуры захоронения РАО: объекта окончательной изоляции РАО (пункта глубинного захоронения РАО) 1-го и 2-го классов и пунктов окончательной изоляции твердых радиоактивных отходов 3-го и 4-го классов». Повторное (!) решение, ПГЗРО – соответствует терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах» (сайт МТУ, Вопрос-ответ, 13 ноября 2019 г.).

Новости Программы от 28.04.2023. Журналисты и эксперты посетили площадки реализации ФЦП ЯРБ в городе Железногорске. С. Пешков: «В первую очередь мы создаем научный объект для проведения исследований. Только после того, как ученые дадут положительное заключение, а затем пройдут публичные обсуждения, будет принято решение о сооружении ПГЗРО (В.К.: и ПИЛ, и ПГЗРО должны были быть введены в эксплуатацию до 1 января 2021 г., см. выше пункты 1 и 6). Сейчас наша основная задача – организовать строительные работы в рамках проекта создания ПИЛ». См. также: «Общая информация о проекте создания ПИЛ: объем РАО – 5 тыс. м³, строительный объем – 142 тыс. м³».

Кстати, а лицензия от Роснедр на пользование недрами для строительных работ в рамках проекта создания ПИЛ имеется? А лицензия на предстоящее геологическое изучение недр из ПИЛ? На сайте Национального оператора они отсутствуют. Как по состоянию на 23.09.2023 в руководстве организации отсутствует и должность заместителя генерального директора по развитию – научного руководителя ФГУП «НО РАО». Долгое время она была и ее занимали по очереди (как и должность директора филиала «Железногорский») разные достойные люди, но с нулевым опытом подземной геоядерной науки и вообще без горно-геологического образования и стажа работы. А кто «МЫ», подразумевалось до февраля 2024 г. (назначен новый научный руководитель, <https://www.norao.ru/press/news/5432/>), отвечал за результат устойчивого «научного развития», за пользование недрами при создании как бы ПИЛ по сомнительным лицензиям либо вообще без лицензии? Текучка руководящих кадров по тематике ПИЛ ответственного исполнителя – не еще ли один признак плохого качества Енисейского проекта?

10. *Материалы обоснования лицензии (МОЛ) на размещение и сооружение* не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объекта окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории (включая материалы оценки воздействия на окружающую среду), МОЛ-2015. Соответствующие общественные слушания были.

В техническом задании ФГУП «НО РАО» на разработку Отчета по обоснованию безопасности подземного (!) объекта среди подлежащих исполнению нормативных документов Закона «Об обращении с РАО» и «О недрах» (и его подзаконные акты, например, Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 2007 года) отсутствуют (С.Л. Спешиллов, А.С. Баринов, 2014, ТЗ на ООБ для МОЛ-2015, п. 3.1). Это грубое нарушение при планировании изучения/обоснования безопасности. В ТЗ, для объекта с чудно-искусным названием, вопреки этому названию и дискредитируя его, говорится, большей частью, о хранении РАО без упоминания ПИЛ вообще (если не принимать во внимание многочисленные повторы названия). А также присутствуют подсознательные по уровню и однозначные по отражению заплутавшей мысли удивительные наставления и откровения. А именно, про «отсутствие нормативно-правовых актов... по обоснованию безопасности пунктов глубинного захоронения РАО» (с. 2), сведения по обеспечению радиационной и ядерной безопасности (с. 3), документы о приповерхностном хранении и захоронении РАО (с. 4), безопасное захоронение пункта хранения РАО (с. 4), национальный и зарубежный опыт создания и оценки безопасности объектов глубинного захоронения РАО (с. 4).

Целесообразна ревизия технических и геологических заданий на другие, с 2002 г., этапы связанных с горным массивом работ. При этом в более поздних документах (пункты 21 и 25 настоящей статьи) выявлены и другие случаи: формально Законы «Об обращении с РАО» и «О недрах» в перечень регулирующих норм уже вписаны, но не выполняются.

Как обосновывали безопасность другого ПГЗРО на промышленной площадке Железногорска и как при этом задействованы Законы «Об обращении с РАО» и «О недрах» в полной мере узнать для «обмена опытом» нельзя. Удален с сайта ранее опубликованный (см. «Оценка долговременной безопасности объекта окончательной изоляции радиоактивных отходов, создаваемого при выводе из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора», № 17 в списке литературы, https://www.secnrs.ru/publications/nrszine/2-84-2017/long-term_safety_assessment.pdf) источник информации – Гаврилов П.М. и др., Обоснование Вывода из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК» по варианту захоронения на месте, Презентации, 23 января 2012, <https://www.atomic-energy.ru/presentations/30266>. Как перестали быть активными и некоторые другие ссылки на материалы по захоронению ПУГР ГХК. При презентации

разных видов подземного захоронения РАО в подземном комплексе ГХК (М.В. Антоненко и др. Вывод из эксплуатации (ВЭ) ЯРОО ФГУП «ГХК». Обращение с РАО, образующимися при ВЭ ПУГР ФГУП «ГХК», 2015) ссылки на Закон «О недрах» отсутствуют. Возможно, главной базой обоснования безопасности ПГЗРО ГХК были лишь принципы изобретательства и заключения НТЦ ЯРБ о ядерной безопасности. См. также статью Б.Е. Серебрякова «О недопустимости захоронения ядерных реакторов на месте» на сайте ПроАтом.

В.К.: МОЛ-2015 – несоответствие вида пользования недрами ст. 6 п. 4 Закона «О недрах». Методическая основа документа на пользование недрами – Закон «Об использовании атомной энергии»! Письмом Росатома от 19.09.2022 №1-2.4/53139 и Заключением ИБРАЭ от 2022 года (а также Е.Г Кудрявцев и др., конференция «Фундаментальные аспекты безопасного захоронения РАО в геологических формациях», 2013, с. 78-84) дополнительно к аргументам моих прежних статей справедливо обозначается принадлежность работ по ПГЗРО к тематике «Ядерные энергетические установки» как комплекса ядерного топливного цикла (в соответствии с НП-016-05). Но признание такого характера отдельных фрагментов комплексных работ не означает правомерность отхода от Закона «О недрах» в вопросах лицензирования недропользования.

МОЛ не соответствуют терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2, ряду подзаконных актов различных законов РФ (примеры: proza.ru/2023/06/16/625; proza.ru/2020/09/20/903; proza.ru/2022/12/22/1216; Послесловие proza.ru/2022/02/13/1032; п. I.1 proza.ru/2022/06/26/146), Правил охраны недр ПБ 07-601-03. См. также пункт 1: «В июле 2012 г. в Железногорске прошли общественные слушания по проекту строительства «пункта захоронения радиоактивных отходов»» (rosbalt.ru/2014/12/25/1352094).

11. *Положительное заключение государственной экологической экспертизы по МОЛ-2015*, утвержденное приказом Росприроднадзора от 07.12.2015 № 994. Может не соответствовать терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2 и других документов (рассмотреть текст документа непосредственно возможности не было).

12. *Протокол ГКЗ Роснедр № 4523-пс от 03-02-2016*, наиболее полное на сегодня рассмотрение ГКЗ геологических данных поисковой, оценочной стадий ГРР и проектно-изыскательских работ для стадии «Проектная документация» - утверждение заключения государственной геологической экспертизы (рекомендованная деятельность – геологоразведка и опытно-промышленное захоронение РАО, не выполнено). Особенности этого документа, его достоинства и недостатки с учетом российских и международных нормативных требований, формирующие мнение о вряд ли хорошем качестве гнейсов назначенного для ПГЗРО участка, подробно (наиболее полно -

proza.ru/2020/09/20/903) проанализированы мной в статье «Закон о недрах и радиационная безопасность страны», которая, и ссылки на нее, опубликованы в разных печатных и электронных изданиях.

В 2020 г. геофизическими исследованиями прилегающей к строительной площадке ПГЗРО территории выявлены новые тектонические нарушения массива (Д.А. Озерский и др., Радиоактивные отходы, 2022, № 4).

К сожалению, до сих пор несколько лет (atomic-energy.ru 2017/08/22/78690) настойчиво некоторые участники Енисейского проекта с дополнительными вольностями подменяют формулировку Протокола ГКЗ № 4523-пс от 03-02-2016 «Подтвердить, что... участок «Енисейский» является потенциально пригодным для глубинного захоронения радиоактивных отходов в объеме до 160 тыс. куб. м в архейских гнейсах...» (раздел VII, комментариев к ст. 23, proza.ru/2023/06/16/625) собственной трактовкой «является пригодным...» (В.П. Бейгул, Радиоактивные отходы, 2023, № 3, табл. 3, с. 98 при ссылке на протокол без номера и от другой даты). Или вопреки фактам утверждают: «С учетом необходимости захоронения РАО на разведанном и обоснованном для этих целей участке «Енисейский»» (atomic-energy.ru 2019/11/12/98998), «с учетом рекомендаций ГКЗ «Роснедра» от 13.04.2012 и 03.02.2016» (atomic-energy.ru 2022/03/23/123033). И на таких утверждениях, формирующих видимость законности, как на основе создают очередные проектные проработки.

13. *Распоряжение Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016* «на право пользования недрами Енисейского участка для захоронения радиоактивных отходов» (**В.К.**, несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах»), «в установленном порядке».

«Установленный порядок» (**В.К.** - это ключевое положение Распоряжения) лицензирования в данном случае по факту начинался ФГУП «НО РАО» с разработки Материалов обоснования лицензий МОЛ-2015 (методическая основа документа на пользование недрами - Закон «Об использовании атомной энергии»!) и Положительного заключения государственной экологической экспертизы по МОЛ-2015, но не может быть сведен именно к ним в существующем виде. Во главу угла должны были бы быть поставлены Закон «Об обращении с радиоактивными отходами» и Закон «О недрах», как следует из правовой основы российской системы лицензирования захоронения твердых РАО 1-2 классов опасности (Уральский геологический журнал, 2023, № 3, с. 83-108 или proza.ru/2023/06/16/625).

К сожалению, конкретизация решений до уровня лицензий пошла иным, внесистемным, порядком. Скорей всего, соответственно Правилам принятия решений о размещении и сооружении ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения радиоактивных отходов, утвержденным постановлением Правительства РФ от 14 марта 1997 г. N 306. Видимо, для ФГУП «НО РАО» такой подход как бы надежно отработан (три однотипных лицензии 2015-2016 годов показывает СТАР — Система Торговых

Аналитических Решений). То есть, по документу не для ПГЗРО, но и не для объекта по пунктам 10 и 21 настоящей статьи.

Правительство Красноярского края, судя по письму Администрации Президента РФ № А26-02-99156691 от 27.09.2019 (Краевой радиоэкологический центр от 01.10.2019), по обращению Минприроды, Росприроднадзора или распорядителя недр (Роснедра) согласования каких-либо документов, в том числе Распоряжения Правительства Российской Федерации от 6 апреля 2016 г. № 595-р и лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД (документы о праве пользования недрами для захоронения РАО), не осуществляло.

Необходимый в силу глобальности ПГЗРО по времени жизни и потенциальной (штатно или аварийной) опасности вопрос (ради общих интересов страны) о согласовании участка «Енисейский» с безопасностью соседей Красноярского края по Западно-Сибирской равнине, к сожалению, не ставился.

14. *Лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016, лицензируемая деятельность: «захоронение РАО»* (см. пункты 9-13,). Несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах». Вид пользования недрами «захоронение радиоактивных отходов» законом «О недрах» в юридическую теорию и практику недропользования не введен. Его нет и не может быть. Не доказано, что Роснедра вправе выдавать лицензию на комплексный (пользование недрами и ведение работ в области использования атомной энергии) вид деятельности «захоронение радиоактивных отходов» (на такое совмещение деятельности) (см. раздел V и Заключение, proza.ru/2023/06/16/625). Данная лицензия Роснедр не может быть документом недропользования. Неоднократные ссылки на нее в дальнейшем как на базовый документ недропользования при оформлении (уже, прежде всего, Ростехнадзором) других документов для ПГЗРО вряд ли допустимы.

В материалах лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД (со странным сроком действия, по результатам всего лишь поисковой и оценочной стадий геологического изучения), вопреки правилам не обозначены выдавшие/согласовавшие разрешение на пользование земельным участком органы (Российский Федеральный Геологический Фонд, Сводный государственный реестр участков недр и лицензий, Информация о лицензии КРР16117ЗД, Наименование органа, выдавшего разрешение на пользование земельным участком – информация отсутствует, Наименование органа государственной власти субъекта Российской Федерации – информация отсутствует).

Вопреки наличию лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД в государственных геологических фондах и у ФГУП «НО РАО», подтвержденному судебными исками 2023 г., заместитель директора по развитию ЕГС РАО и корпоративным функциям ФГУП «НО РАО» В.Я. Красильников совместно с другими фантазиями на сайте ФЦП ЯРБ объявил: «Хотел бы обратить внимание что ФГУП «НО РАО» не имеет лицензии на обращение на этом объекте ни с

радиоактивными веществами, ни с радиоактивными отходами. Мы не только не имеем права размещать там РАО, но даже проводить исследования с их использованием» (ФЦП-яrb.pф, Мнение эксперта).

15. *Документ научной поддержки ДНП-5-3476-2016* (НТЦ ЯРБ, Научно-технический центр ядерной и радиационной безопасности) «Экспертное заключение об обосновании деятельности по размещению пункта хранения радиоактивных отходов».

Технические задания к экспертизам 2015-2016 годов базируются на Законе «Об использовании атомной энергии», включают экспертизу ядерной безопасности и проходят через Управление Ростехнадзора по регулированию безопасности объектов ядерного топливного цикла, ядерных энергетических установок судов и радиационно-опасных объектов. Несоответствие вида пользования недрами/вида деятельности документа статье 6 п. 4 Закона «О недрах». Документ не соответствует терминологии и смыслу Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2, Распоряжения Правительства Российской Федерации от 6 апреля 2016 г. № 595-р.

Напомним, что все это для объекта, обозначенного ФГУП «НО РАО» как «не относящийся к ядерным установкам» (при том, что МОЛ-2015 и МОЛ-2022 разработаны по процедуре от Закона «Об использовании атомной энергии»), к которому как бы (Послесловие, proza.ru/2022/02/13/1032; proza.ru/2021/05/31/1284; proza.ru/2022/02/22/1827; proza.ru/2022/05/08/256) по этой причине можно удобно не применять ряд геотехнических норм, регулирующих вопросы размещения установок.

Письмом Росатома от 19.09.2022 №1-2.4/53139 и Заключением ИБРАЭ РАН от 2022 года (а также Е.Г Кудрявцев и др., 2013, конференция «Фундаментальные аспекты безопасного захоронения РАО в геологических формациях», с. 78-84) дополнительно к аргументам моих прежних статей справедливо обозначается принадлежность работ по ПГЗРО к тематике «Ядерные энергетические установки» как комплекса ядерного топливного цикла (в соответствии с НП-016-05).

Кроме того, НТЦ ЯРБ, согласно ГОСТ ИСО Р 17020:2012, не является органом независимой экспертизы. Тем более, НТЦ ЯРБ не является органом независимой и компетентной экспертизы в сфере недропользования.

16. *Лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 от 27-12-2016*, лицензируемая деятельность: «размещение и сооружение пункта хранения РАО» (полное название см. п. 10 настоящей статьи, несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах»). В «Отчете по экологической безопасности за 2022 год» (с. 16) лицензируемая деятельность ФГУП «НО РАО» по этой лицензии уже «размещение и сооружение подземной исследовательской лаборатории».

Не соответствует терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2, Распоряжения Правительства Российской Федерации от 6 апреля 2016 г. № 595-р.

Сложносочиненное и изменчивое/неоднозначное (!?) название/толкование лицензии не может опровергнуть факт, что, по сути выдана она на пользование недрами, но не Роснедрами, по методологии/на базе Закона «Об использовании атомной энергии», а не Законов «Об обращении с РАО» и «О недрах», и на основании экспертизы НТЦ ЯРБ. Ростехнадзор и НТЦ ЯРБ не обладают правом регулировать недропользование. С опорой на эту лицензию вряд ли законно осваивают недра участка «Енисейский» (ссылка в МОЛ-2022, с. 6, раздел «Аннотация»). Уже недра! Земная поверхность участка для создания наземной инфраструктуры ПГЗРО уже освоена!

Нарушения в «Условиях действия лицензии» ГН-01,02-304-3318.

Лицензия Роснедр КРР 15864 ЗП (выдана в соответствии с п. 2 ст. 6 Закона «О недрах» на пользование недрами лишь для ГИН и оценки пригодности участка) и проектная документация ВНИПИПромтехнологии не могут служить заменой отсутствующей лицензии Роснедр (необходимой соответственно п. 4 ст. 6 Закона «О недрах») на недропользование «для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых». Следовательно, только одни упомянутые в п. 1.3 документы не могут быть основой разрешения вида деятельности по лицензии ГН-01,02-304-3318 и не могут формировать условия ее действия.

Пунктом 2.1, кроме того, не введены в качестве обязательных к исполнению нормы разного уровня по использованию и охране недр.

Данная лицензия Ростехнадзора не может быть, как минимум, документом недропользования.

17. *Стратегия* [18] создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (2018 год, терминология, уже соответствующая Законам «Об обращении с РАО» и «О недрах»!).

Ссылаясь на рационализацию систем обращения с РАО при возможности внесения изменений в нормативно-правовые и концептуальные документы, не исключают [12] применимость работ на участке «Енисейский» в районе Железногорска по документу Стратегия для всех базовых вариантов заключительной стадии обращения с ОЯТ, включая и «реализацию различных компромиссных решений с зарубежными партнерами с целью исключения необходимости создания геологических объектов захоронения отходов в этих странах» («решения, если на них найдется спрос за рубежом»). Что это, если не формирование возможности захоронения зарубежных отходов?

18. *Комплексная программа исследований в обоснование долговременной безопасности захоронения РАО и оптимизации эксплуатационных параметров (2019 г.)*. В это время наземная инфраструктура для ПГЗРО уже «параллельно» создается.

Примеры недостатков исследований.

18.1. Некоторые участники Енисейского проекта предлагают и проектируют без должных знаний о массиве использование бентонит-глины для создания инженерных гидроизолирующих барьеров. Получается, что для изоляции от подземной воды тех или иных упаковок с РАО их по контуру плотно окружают (!) изначально водонасыщенной средой (связанная вода в минералах бентонита; монтмориллонит содержит ее до 25 % вес.). Это известный способ гидроизоляции при подземном строительстве. Но для условий отсутствия воздействия на бентонит мощных тепловых и радиационных полей. И для известного опыта требуемых, контролируемых при возможности инженерных корректировок, интервалов времени гидроизоляции, которые и близко не соответствуют длительности и условиям безопасного захоронения РАО-1,2.

В ПГЗРО, наоборот, эти поля активно, совместно и сверхдолговременно существуют. Такое воздействие полей на бентонит, с учетом сопровождающих дополнительное водонасыщение работающего барьера эффектов его эрозии, не исключает автономно быструю потерю бентонитом полезных природных свойств и формирование на контакте с РАО негативных условий. Оно может, например, запустить процесс радиолиза основного материала инженерных гидроизолирующих барьеров и их деградации в медленной или взрывной (гремучая смесь) форме. Эти процессы нельзя не учитывать. Ведь с течением времени горные породы/минералы могут быть потенциальными и значимыми источниками радиолитического водорода даже при облучении в естественных полях (Полеванов В.П., 2022) [17]. Кроме того, необходимо оценить степень влияния на гнейсы участка «Енисейский» водородного дыхания Земли.

Первоначально (привожу по К.В. Мартынов, Е.В. Захарова, С.А. Кулюхин. Радиоактивные отходы № 2, 2022; см. также Radwaste_Journal_3(12)20/066_077) рассматривали упаковку ВАО, содержащую ВНУТРИ «защиту из уплотненного бентонита». Критика такого варианта приведена в п. 54 <https://proza.ru/2022/08/17/384>.

После (В.П. Бейгул, Радиоактивные отходы, 2023, № 3; С.А. Богатов и др. Радиоактивные отходы, 2023, № 3) стали предлагать лишь внешнюю защиту упаковок бентонитом при наличии их прямого контакта, «мощный изолирующий барьер вокруг упаковок из стабильных природных материалов».

При этом стабильность барьера при доминирующих в условиях ПГЗРО воздействиях из общих соображений сомнительна и напрямую для российских условий не доказана. Эксперименты по тепловому воздействию еще лишь как-то рекомендуются, стенды для этого еще лишь намечают создать. Радиационные воздействия экспериментами не предусмотрены совсем, хотя по радиационной стойкости глины далеко не лучшие среди природных материалов. Ну и, естественно, не предусмотрены эксперименты по совместному воздействию основных трех, как минимум, факторов (дренирующая вода, прогрев и радиация).

Хорошо, что в Томске начали изучать барьерные материалы. И начали, наконец-то, с радиационной устойчивости глин (bezrao.ru/n/6894).

Инженерные барьеры в интервале времени более ста/тысячи лет вряд ли могут быть конкурентами хорошему массиву пород и подходящим внешним условиям в контексте пассивной защиты биосферы от РАО. И стекло в окружении бентонита – в том числе. Кстати, «из-за нестабильности стекол имеются большие сомнения в их надежности» (Лаверов Н.П., Юдинцев С.В., Стефановский С.В., 2013, конференция «Фундаментальные аспекты безопасного захоронения РАО в геологических формациях», с. 87-89; Суворова В.А., там же, с. 134-135).

Испытания реальных промышленных образцов остеклованных ВАО начаты лишь в 2023 г.!!! «В результате исследований впервые будут получены экспериментальные данные по характеристикам остеклованных высокоактивных отходов, в том числе по их радионуклидному составу и механическим свойствам. Данные будут использованы при определении всей концепции захоронения РАО, включая выбор материалов инженерных барьеров безопасности и упаковки радиоактивных отходов, критерии их приемлемости для захоронения, а также допустимую суммарную активность и объём радиоактивных отходов 1 класса. Кроме того, полученные сведения позволят разработать техническое обоснование долговременной безопасности окончательного захоронения радиоактивных отходов» (norao.ru/press/news/5243/; bezrao.ru/n/6819).

ФГУП «НО РАО» пыталось в 2016 и 2017 годах инициировать изучение проблемы в лабораторных условиях. Документация об аукционе в электронной форме на право заключения контракта на выполнение работ по исследованию физико-химических процессов при взаимодействии матрицы РАО 1 класса с подземной водой в присутствии материалов инженерных барьеров безопасности ПГЗРО. Извещение размещено в единой информационной системе от «12» апреля 2017 года ИКЗ № 171583800908977050100102281117219000. Закупка от 11.07.2016: «Право заключения договора на термодинамическое моделирование физико-химических взаимодействий природных вод и радиоактивных растворов с глинистыми материалами инженерных барьеров и массивом трещиноватых пород в процессе эволюции объекта окончательной изоляции РАО» (<https://www.bicotender.ru/tender52346568.html>, Тендер №52346568). Результат исследований неизвестен.

Все еще в части взаимодействия массива и инженерных барьеров только предполагается, а стройка давно развернута.

18.2. Нефтяники накапливают материалы поисков и разведки на НЕФТЬ по граничащим с Енисеем и участком «Енисейский» территориям с запада и востока. И при оценке глубоких горизонтов. Перспективы обозначают заманчивые: «В долгосрочной перспективе хозяйственное освоение этой территории станет важным элементом Программы формирования новых крупных центров нефтяной и газовой промышленности России на востоке

страны» (Захарова Л.М., Икон Е.В., Поповская В.Г.). Этот важный фактор применительно к участку «Енисейский» сейчас вряд ли учитывают. Вполне вероятно, что с течением времени участникам Енисейского проекта будет трудно доказывать отсутствие негативного влияния «углеводородного дыхания» Земли на безопасность вмещающего ПГЗРО массива гнейсов вообще и при наложении радиационных полей в частности. Нельзя без серьезной оценки исключать априори и возможность влияния ПГЗРО на освоение каких-либо будущих приенисейских месторождений нефти.

Источники информации к пункту 18.2:

Ссылки в моей статье «Ядерный могильник вблизи воды, угля и нефти» на материалы 22-й, 23-й и 24-й конференций «Пути реализации нефтегазового потенциала западной сибери» (Заключение, <https://proza.ru/2021/12/15/641>);

Ссылки на результаты комплексной геохимической съемки по территории Нижнеканского гранитоидного массива (И.С. Копылов, М.В. Чусов [17], в статье «Ядерный могильник...», пункт 11 раздела V);

Захарова Л.М., Икон Е.В., Поповская В.Г. Основные направления наращивания ресурсной базы Ханты-Мансийского автономного округа Югры / Пути реализации нефтегазового потенциала западной сибери. Двадцать шестая научно-практическая конференция [Электронный ресурс]. – Ханты-Мансийск. – 2023, с. 16;

Прозоров С.В. Радиационный аспект генерации углеводородов в мировом пространстве / там же, с. 61.

18.3. Оценена ли опасность накопления в ПГЗРО минорных актинидов (см. комментарии Дементия Башкирова от 27.11.2023, 29.11.2023 и других читателей к статье Андрея Ожаровского «О загадочном эксперименте на Белоярской АЭС», сайт ПРОАтом, 27.11.2023)? В том числе, с нормативно-правовых позиций.

18.4. Вывод гидрогеологов по участку «Енисейский» (В.Г. Румынин, Гидрогеологические исследования на объектах использования атомной энергии, к 25-летию СПбО ИГЭ РАН, 2023):

«Для трещиноватого массива остается большое поле для дальнейшего исследования, поскольку:

- изучаемая среда отличается высокой степенью гетерогенности и плохо поддается детерминированному описанию, поэтому особую значимость приобретают вероятностные и стохастические модели;
- сочетание различных механизмов геомиграции и структурных особенностей породы не исключает формирование путей быстрого транспорта радионуклидов, что требует корректировки моделей, исходящих из концепции сплошной среды».

В.К.: «Большое поле для дальнейших исследований» вряд ли может быть изучено надлежащим образом без ГИН непосредственно и изначально заданного участка «Енисейский» установленной площадью 64,14 кв. км (см. п. 2 настоящей статьи).

19. *Положение о научном руководителе работ по проекту создания ПГЗРО* (ИБРАЭ РАН - Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, утверждено приказом Госкорпорации «Росатом» № 1/1161-П от 05.10.2020). В это время наземная инфраструктура для ПГЗРО уже «параллельно» создается.

Институт был разработчиком законопроекта «Об обращении с радиоактивными отходами». Представитель Института (совместно с представителем ФГУП «НО РАО») входит в состав Секции по законодательному регулированию атомной отрасли и энергетики (в ред. №3.25-5/13 от 26 января 2022г.) Комитета по энергетике Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации. Материальная поддержка Росатомом научного руководства в целях обоснования принятия управленческих решений и развития системы международно-признанных требований и критериев по долгосрочной безопасности, скорее всего, достаточна (сайт Госзатраты, Поставщик: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук).

Основная методология Института — комплексный анализ безопасности объектов атомной энергетики, включая ядерный топливный цикл, с использованием современных компьютерных технологий (<http://www.ibrae.ac.ru/contents/7/>, Основные сведения об ИБРАЭ РАН). Это не очень соответствует традициям ГИН (неотъемлемой части работ по ПГЗРО) — этапам натурных исследований, завершающихся геологоразведкой. Компьютерные модели ненадежны без определенного (для создания моделей и их верификации) объема сведений об объекте. Надежные сведения о массиве пород — результат исключительно геологоразведки.

Специалисты ИБРАЭ РАН не задумались о возможных нарушениях законодательства (прежде всего, о нарушениях появившегося при их активном участии хорошего Закона «Об обращении с РАО», а также давнего Закона «О недрах») и технических норм при реализации Енисейского проекта, о новых стратегических рисках (включая риски за Уралом, newslab.ru/news/1226361,rg.ru/2023/12/07/reg-dfo/nedolgo-skryvalsia.html и svpressa.ru/war21/article/392326/) в связи с событиями вокруг Украины. И, мягко говоря, не приветствовали размышления и аргументацию других на эти темы.

20. *В соответствии с лицензией КРР 16117 3Д* пользователем недр был составлен «Технический проект на строительство и опытно-промышленную эксплуатацию подземного сооружения, не связанного с добычей полезных ископаемых, на Енисейском участке Нижне-Канского массива (Красноярский край)» (ФГУП «НО РАО»), который был согласован протоколом Центральной комиссии по согласованию проектной документации на разработку месторождений подземных вод, строительство и эксплуатацию подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых (ЦКР-МПВ и ПС) от 25.03.2021 № 08-21/ПС сроком на 5 лет. Также указанным протоколом ЦКР-

МПВ и ПС отмечена необходимость после завершения этапа опытно-промышленной эксплуатации и разведки по результатам выполненных работ представить материалы о геологической информации на государственную экспертизу в установленном порядке (письмо Минприроды № 11-50/3074-ОГ от 16.03.2023).

Лицензия КРР 16117 ЗД не может быть документом недропользования. Ссылки на нее в дальнейшем как на базовый документ недропользования при оформлении других документов для ПГЗРО вряд ли допустимы. О каком соответствии с ней, без какого-либо иного документа на пользование недрами, в контексте строительства и опытно-промышленной эксплуатации подземного сооружения можно писать? Смотри также п. 25 настоящей статьи. С другой стороны, состав работ данного пункта предусматривался еще лицензией Роснедр КРР 15864 ЗП (см. п.8). Правда, пользователь недр по лицензии КРР 15864 ЗП, к сожалению, мало работал и в 2019 году отозвал ее.

21. *Материалы обоснования лицензии на сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения радиоактивных отходов, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объектов окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории (включая предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду), МОЛ-2022.*

В Техническом задании на оказание услуг в связи с МОЛ-2022, п. 3.1 предписано услугам соответствовать требованиям Закона «О недрах» (Минин А.В., Плямина О.В. Техническое задание на оказание услуг, приложение к договору, Москва, 2022, С. 25-33 договора, <http://zakupki.rosatom.ru/2206080482106>). В статье «Будущее ядерного могильника» (<https://proza.ru/2022/06/26/146>) при анализе упомянутого ТЗ предложено дополнить его указанием в качестве обязательных к исполнению Закона «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 2011 г. и Методических указаний по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 1998 г., добавить оценку соответствия материалов требованиям законодательства в области использования недр (Закон «О недрах») и лицензирования деятельности (Закон «О лицензировании...»). Отмечены также другие недостатки ТЗ.

МОЛ-2022 не соответствуют ТЗ-2022, в них не учтены результаты опережающего анализа ТЗ.

Документы общественного обсуждения МОЛ-2022, повторное (!) лицензирование (см. пункты 10, 11, 13, 16 настоящей статьи, а также proza.ru/2022/11/25/1638, proza.ru/2022/10/16/1278), несоответствие вида пользования недр ст. 6 п. 4 Закона «О недрах». До и после (примерно с мая и до конца 2022 года) официальных Обсуждений связанные с ними материалы дополнительно обсуждались на сайте краевой радиоэкологический центр (vk.com/atom26).

Методическая основа документа на пользование недрами - Закон «Об использовании атомной энергии»! Письмом Росатома от 19.09.2022 №1-2.4/53139 и Заключением ИБРАЭ от 2022 года (а также Е.Г Кудрявцев и др., 2013, конференция «Фундаментальные аспекты безопасного захоронения РАО в геологических формациях», с. 78-84) дополнительно к аргументам моих прежних статей справедливо обозначается принадлежность работ по ПГЗРО к тематике «Ядерные энергетические установки» как комплекса ядерного топливного цикла (в соответствии с НП-016-05). Но признание такого характера отдельных фрагментов комплексных работ не означает правомерность отхода от Закона «О недрах» в вопросах лицензирования недропользования.

МОЛ-2022 оформлены точно по той же ошибочной схеме, что и МОЛ-2015. Не соответствуют терминологии и смыслу Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2, Распоряжения Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016, Стратегии-2018 Росатома. Не соответствуют ряду подзаконных актов различных законов РФ (примеры: proza.ru/2023/06/16/625; proza.ru/2020/09/20/903; proza.ru/2022/12/22/1216; Послесловие proza.ru/2022/02/13/1032; п. I.1 proza.ru/2022/06/26/146). См. также пункт 1: «В июле 2012 г. в Железногорске прошли общественные слушания по проекту строительства «пункта захоронения радиоактивных отходов»» (rosbalt.ru 2014/12/25/1352094).

По результатам общественных обсуждений (proza.ru/2022/11/25/1638) было сформировано дополнительно к официальным документам предложение Управлению государственной экологической экспертизы Федеральной службы по надзору в сфере природопользования: «Выдать отрицательное заключение по МОЛ-2022». Как стало известно через год, оно не было принято.

Следует обозначить как бы исток двух однотипных МОЛ 2015 и 2022 годов. Он связан с Законом «Об использовании атомной энергии» от 21.11.1995 N 170-ФЗ, четвертым абзацем статьи 3 «Объекты применения настоящего Федерального закона».

Цитата I (Закон N 170-ФЗ): «Объектами применения настоящего Федерального закона (объектами использования атомной энергии) являются: (В редакции Федерального закона от 30.11.2011 № 347-ФЗ) ...

пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, пункты хранения, хранилища радиоактивных отходов (далее - пункты хранения) - стационарные объекты и сооружения, не относящиеся к ядерным установкам, радиационным источникам и предназначенные для хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранения или захоронения радиоактивных отходов; (В редакции Федерального закона от 11.07.2011 № 190-ФЗ)».

Отметим особенности этой цитаты:

– она - неотъемлемая часть статьи 3 Закона N 170-ФЗ, единого целого - общего перечня объектов использования атомной энергии (ОИАЭ);

– она не может трактоваться вне контекста статьи 3 Закона N 170-ФЗ, с произвольными изъятиями и добавлениями, с намеком на противопоставление частей, вне терминологии и смыслов Закона N 170-ФЗ и Закона № 190-ФЗ (его статьи 3 «Основные понятия, используемые в настоящем Федеральном законе»);

– перед ней в тексте статьи 3 Закона N 170-ФЗ обозначены две другие конкретные части общего перечня ОИАЭ - «ядерные установки» и «радиационные источники», причем вторая часть снабжена словами «не относящиеся к ядерным установкам комплексы...»;

– она, для разделения текста, чтобы последовательно, дополняя уже введенную конкретику, не нагромождая сложные абзацы, вводит корпус ОИАЭ полностью, снабжена словами «не относящиеся к ядерным установкам, радиационным источникам» (т.е., другие комплексы - ОИАЭ);

– слова «не относящиеся к ядерным установкам» в третьем и четвертом абзацах статьи 3 Закона N 170-ФЗ – редакционный, прежде всего, прием разделения разных частей общего сложного перечня ОИАЭ;

– никакого особенного смысла в плане идентификации лицензируемого вида деятельности (противопоставления объекта МОЛ совокупности ОИАЭ) слова «не относящиеся к ядерным установкам» не имеют, исключения чего-либо из сообщества ОИАЭ (или объектов ЯТЦ) они не фиксируют и основанием для таких действий с помощью других документов (включая МОЛ-2015 и МОЛ-2022) не являются.

Цитата II (МОЛ-2022): «Материалы обоснования лицензии на сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения радиоактивных отходов, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объектов окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории (включая предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду)».

Цитата II – противоположность цитаты I. В чем смысл этой эклектики словосочетаний из разных документов? Что это – заблуждение? Заблуждение, которое привело к внесистемному лицензированию и оценкам безопасности массива без качественной/достоверной геологической основы?

22. Совместное заседание НТС 5 и НТС 10 Госкорпорации «Росатом» «Исследование в обоснование безопасности захоронения рао 1, 2 классов на участке «енисейский» от 14.12.2022 (Радиоактивные отходы. 2023. № 1 (22). С. 118): предложено положительно оценить выполнение мероприятий в рамках Комплексной программы. Необходимая актуализация Стратегии и Комплексной программы геологоразведку, исправление других недостатков Енисейского проекта и анализ новых вызовов безопасности в связи с разнообразными диверсионно-террористическими действиями Украины на территории России не предусматривает.

Накапливание федеральных РАО 1 и 2 классов на промышленной территории и в недрах ЗАТО Железногорск не является необходимым условием функционирования для существующих там оборонных предприятий. При этом появление нежелательных оснований необходимости усиления защитных мер для сбережения этих предприятий не исключено.

О том, что ПГЗРО может привнести на промышленную площадку ядерно-космического кластера Железногорска дополнительную опасность военно-диверсионных действий, безрезультатно предупреждали неоднократно. Например, в 2017 (proza.ru/2017/06/29/1294; proza.ru/2017/06/29/1002; proza.ru/2017/06/28/1457), 2018 (proza.ru/2018/11/07/898; proza.ru/2018/02/13/284) ... 2022 (proza.ru/2022/11/25/1638; proza.ru/2022/08/17/384) и 2023 (proza.ru/2023/06/16/625) годах. Сейчас такая опасность возросла.

Песков: «У Путина есть основания говорить о возможных диверсиях Запада» (news.mail.ru/politics/58666804/?frommail=1).

Как понимать в связи с ПГЗРО-Енисейский настойчивое игнорирование угроз действующим важным объектам ВПК?

23. *Не известны документы, фиксирующие функционирование системы мониторинга подземной гидросферы массива и массива в целом*, которая должна была быть готовой и задействована для снятия фоновых характеристик участка до начала горных работ по созданию ПГЗРО. В 2019 г. была завершена закупка на «Разработку проекта мониторинга геологической среды на период сооружения и эксплуатации подземной исследовательской лаборатории» (ЕИС Закупки, https://zakupki.gov.ru/epz_31907739124).

24. *Госконтракты ООО «Спецпроект» с ФГУП «НО РАО» / Росатомом*: 1) на разработку проектной документации по строительству энергокомплекса и подземной исследовательской лаборатории (стоимость выполнения работ - 50 млн рублей, срок - до 31 декабря 2026 года); 2) на выполнение строительно-монтажных и горнопроходческих работ при сооружении ПИЛ за 4,2 млрд рублей до ноября 2028 года. Следует отметить, что контракты между этими хозяйствующими субъектами при суммарном бюджетном финансировании более 5 млрд рублей за последние 3 года привели к возбуждению уголовного дела за взятки в особо крупном размере [16]. По мнению следствия, совершено «особо тяжкое преступление против госвласти и интересов госслужбы» (bezrao.ru/n/6639).

Могли ли похожие на взятки элементы системы управления не отразиться на качестве выполнения Енисейского проекта?

25. *Лицензия Роснедр КРР0142223П с целевым назначением: геологическое изучение и оценка пригодности сопряженного с Енисейским участка для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых. Выдана: Центрсибнедра.*

Недропользователь - ФГУП «НО РАО», 26.04.2023. Связанные документы (см. «историю изменений» в карточке лицензии): Лицензия КРР16117ЗД; Проектная документация на осуществление работ по объекту: «Разведка участка захоронения радиоактивных отходов (Енисейский участок Нижне-Канского массива)».

В.К.: Похоже на разнотип документов по участкам, видам и составу работ при попытке обосновать легитимность лицензии КРР0142223П. С полными комплектами материалов ознакомиться не было возможности.

Уже есть формальное соответствие вида пользования недр лицензии КРР0142223П ст. 6 п. 2 Закона «О недрах». Но несоответствие («сопряженного с Енисейским участком») первоначально установленным параметрам (площади и контуру) участка «Енисейский» (см. п. 2 и п. 8 статьи), нормативным этапам ГИН и выдачи лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016 на захоронение РАО, а не на ГИН. Лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД не может быть документом недропользования. Кроме того, она не является лицензией на ГИН. Ссылки на нее в дальнейшем как на базовый документ недропользования при оформлении других документов для ПГЗРО вряд ли допустимы. И, по этой причине, эта лицензия не может быть (proza.ru/2022/05/21/5) действующей базой для привязки лицензии КРР0142223П на недропользование/ГИН, для «услуг по внесению изменений в лицензию на пользование недрами с целью увеличения площади изучаемого участка» (Минин А.В., Кокошко В.В. Техническое задание на оказание услуг (приложение к договору). Москва, 2022. С. 19-24 договора zakupki.rosatom.ru).

Термин «Участок «Енисейский» / Енисейский участок» вряд ли оправданно потерял требуемую при лицензировании однозначность по виду пользования недрами и границам: теперь он применен к объекту ГИН по лицензиям КРР № 01696 ТП, КРР 15864 ЗП и площадке подземного строительства (лицензия ГН-01,02-304-3318) / захоронения РАО (Распоряжение Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016, лицензия КРР 16117 ЗД)? Появился и третий геологический объект – «сопряженный с Енисейским участком» (лицензия КРР0142223П)! Границы и площади (64,14 – 1,75 км²) всех трех участков, естественно, свои. Вспомним также «недра скальных пород, примыкающие к Нижнеканскому гранитоидному массиву» (см. п.1 статьи).

Вольности в применении терминов (в том числе, терминов «лицензионный участок» и «действующая лицензия» без указания лицензионного вида пользования недрами) отмечены и при анализе обоснования закупки «Оказание услуг по внесению изменений в лицензию на пользование недрами с целью увеличения площади изучаемого участка для обеспечения мониторинга подземных вод в направлениях р. Енисей и р. Шумиха, с корректировкой проекта геологоразведочных работ» (proza.ru/2022/05/21/5).

С каким лицензионным участком (на пользование недрами которого получено неоспоримое законное право), с какой действующей лицензией

Роснедр, с каким разрешенным Роснедрами видом пользования недр «сопрягается» участок по лицензии KPP0142223П? Почему действующей лицензией KPP0142223П, как и лицензии KPP 16117 ЗД, нет по состоянию на 07.08.2023 на сайте ФГУП «НО РАО», если они безупречны по канонам недропользования?

Участок по лицензии KPP0142223П «сопрягается» с участком по лицензии KPP 16117 ЗД, которая выдана с нарушением Закона «О недрах», минимум, в части ст. 6 «Виды пользования недрами».

Отмеченные и другие вольности и «неясности», заложенные участниками Енисейского проекта ранее при уклонении от своевременной проверки массива гнейсов промышленной территории ГХК на соответствие геологическим «критериям приемлемости», приводят к трудностям ГИН сейчас. При тесноте на этой территории, протяженном контакте массива с породами Западно-Сибирского артезианского бассейна и невозможности изучения полностью роли этого контакта во взаимодействии гидросфер участка захоронения РАО и бассейна, путей разгрузки подземных вод в Енисей – см. Д.А. Озерский и др., Радиоактивные отходы, 2022, № 4, рис. 1, недоступные для изучения недр территории соседних предприятий, отсутствие планов оценки возможности разгрузки подземных вод через бассейн реки Большая Тель.

«На сегодняшний день ФГУП «НО РАО» имеет лицензию на недропользование (**В.К.:** напомним, что речь идет о лицензии KPP 16117 ЗД, которая не может быть документом недропользования) на Енисейском участке, ограниченную площадью 1,75 км², при этом оцененный участок имел размеры в 78 км², а дальняя зона первично закартирована на площади 176,62 км² (что соответствует площади действующей геофильтрационной модели). Дополнительные сложности создают современные нормы законодательства в сфере недропользования, не разрешающие лицензировать участки недр, не примыкающие к основному отводу» (Д.А. Озерский и др. Геология и недропользование, № 4, 2021).

И еще. «В 2023 году удалось получить специальную лицензию на проведение дополнительных геологоразведочных работ на участке «Енисейский»» («НО РАО подвел итоги года в Красноярске», сайт ФГУП «НО РАО», новости от 04.12.2023). Упоминание «дополнительных геологоразведочных работ» вряд ли уместно, поскольку геологоразведки на участке «Енисейский» не было вообще. В связи с «расширенной» (или «специальной»?) лицензией KPP0142223П поставлена задача «изучить территорию, которая, скажем так, разделяет будущее хранилище и наш Енисей. Фильтрация, которая наиболее волнует научное сообщество, общественность, в связи с тем, что мы должны оценивать, как загрязнения будут поступать в эту сторону и будут ли вообще поступать» («В Красноярске национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами подвел итоги года», Интернет-газета «Newslab» от 06.12.2023). Эта важнейшая задача с помощью работ по данной лицензии не может быть выполнена, так как «сопряженный

участок» не включает в себя значительную часть вероятных путей переноса радиоактивных и химических загрязнений из ПГЗРО.

Не факт, что оформление лицензии КРР0142223П на ГИН с привязкой к «основному отводу на захоронение РАО» (к документу для отсутствующего в законодательстве вида пользования недрами) создало условия блокировки будущих сложностей лицензирования недропользования для строительства и эксплуатации ПГЗРО. Вряд ли оформление лицензии КРР0142223П полностью соответствует Закону «О недрах». Факт, что первоначально заключенный договор «Оказание услуг по внесению изменений в лицензию на пользование недрами с целью увеличения площади изучаемого участка... с корректировкой проекта геологоразведочных работ» (<https://zakupki.rosatom.ru/2205090482078>) был расторгнут через два месяца.

Геологической разведки нет, качество массива по состоянию скважин старого фонда вряд ли хорошее (<https://proza.ru/2023/06/16/625>), а закупка на «Разработку проекта границ горного отвода в районе возможного размещения ПГЗРО (подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, Красноярский край, Нижне-Канский массив)» выполнена в 2018 г. (ЕИС ЗАКУПКИ, № 0573100027018000059).

26. *Закупка Росатома 230623/0482/139* от 29.06.2023 «Выполнение работ по выделению этапа «ПИЛ» в проектной документации «Подготовка проектной документации по строительству объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов» (Красноярский край, Нижне-Канский массив)». Смотри также более раннюю закупку ([zakupki.rosatom.ru 2108270482149](https://zakupki.rosatom.ru/2108270482149) от 27.08.2021) «Право заключения договора на Выполнение инженерных изысканий для корректировки проектной документации «Подготовка проектной документации по строительству объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов» (Красноярский край, Нижне-Канский массив). (Корректировка этапа 2 «Подземная испытательная лаборатория)». Полное несоответствие нормативным этапам работ: проектирование ПИЛ/ПГЗРО должно выполняться после завершения и по результатам геологоразведочной стадии ГИН (ГИН в должном объеме не завершены), по результатам испытаний материалов инженерных барьеров при новых условиях и новых задачах их применения, после обоснования главных параметров безопасности, но до лицензирования захоронения РАО (лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД уже имеется) / размещения и строительства ПГЗРО (лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 уже имеется). Вряд ли правильно заниматься проектными детализациями до признания массива пород, инженерных барьеров, ПГЗРО в целом пригодными и безопасными.

Смотри также *Закупка Росатома 230807/0482/181* от 07.08.2023 «Выполнение работ по выделению этапа ПГЗРО». Сайт Краевого радиозоологического центра, 08.08.2023.

27. *Определение по предварительному судебному заседанию Железногорского городского суда Красноярского края от 24.07.2023, Дело № 2а-1629/2023. Иск к Роснедрам. Истец – физическое лицо. Оспариваемые лицензия КРР 161173Д и предоставленное право пользования недрами для захоронения радиоактивных отходов в недрах участка «Енисейский» промышленной территории ЗАТО г. Железногорск. Производство по делу (по просьбе Ответчика и незамедлительно, Отзыв Роснедр по Делу № 2а-1629/2023) прекращено на единственном основании: «выдача лицензии для проведения работ по захоронению радиоактивных отходов, какие-либо права, свободы или законные интересы административного истца не ограничивает». Хотя в представленных Заявителем документах были обозначены такие, например, претензии: отсутствует объект захоронения, не проведены исследования, нет заключения о безопасности захоронения, нет должного геологического изучения недр, внесистемный вид пользования недрами, нарушение установленного порядка лицензирования, нарушение некоторых норм законодательства.*

С аналогичным основанием ранее прекращено делопроизводство по иску к Росприроднадзору, Дело № 2а-1131/2023. Постановление Железногорского городского суда от 15.05.2023.

Прекращение судебного производства по указанным делам коррелирует с нежеланием разъяснять при опросе (proza.ru/2023/06/16/625) представительного ряда федеральных, региональных и местных ведомств и учреждений, причастных к работам в целом и конкретным действиям по ПГЗРО в частности, правовую обоснованность Енисейского проекта. Очевидно совпадение позиций (случайность?) относительно обозначенных предполагаемых нарушений: не рассматривать их совсем, так как аргументов для опровержения, видимо, мало. Получается, что существенно ограничивается возможность государства своевременно выявлять нарушения, если они есть. Неоправданный и серьезный риск для крупных государственных проектов, напрямую связанных с национальной безопасностью! В совокупности это подтверждает справедливость попыток разобраться с ситуацией Енисейского ПГЗРО.

Такое основание прекращения делопроизводства едва ли устойчиво/надежно: сегодня оно принято, а завтра может быть отклонено либо отсутствовать совсем при смене Заявителя / Ответчика, например, на ФГУП «НО РАО» / Объекта претензий (от лицензий КРР 161173Д и ГН-01,02-304-3318, а также МОЛ-2015 и 2022, напрямую к настойчивому интегральному/долговременному фактическому неприменению Законов «Об обращении с РАО» и «О недрах» при разработке/оформлении/продвижении документов). Детали юридической ситуации в целом дополнительно обозначены в proza.ru/2023/10/27/1173, proza.ru/2023/07/31/1491, proza.ru/2023/02/09/1568 и, видимо, обнадеживают по части выяснения истины.

В обоих рассмотренных случаях Железногорский суд не доходит, к сожалению, до рассмотрения претензий к федеральному Енисейскому проекту

по существу, что, с другой стороны, важно, так как сохраняет и усиливает надежду на правильность сути претензий.

Необходима, скорей всего, юридическая экспертиза правомочности просьбы ответчика по делу №: 2а-1629/2023 не рассматривать иск к Роснедрам по существу.

И еще. Были бы в основе спорной ситуации применительно именно к ПГЗРО настойчивые и долговременные зафиксированные нарушения законодательства, а также нежелание их рассматривать. Ну и, конечно, деньги на расходы в связи с судебными процедурами. Механизмы же инициирования ответственности нарушителей со временем, вероятно, найдутся.

Дважды примененная Железногорским городским судом схема прекращения дел – вряд ли для вечной проблемы. Поэтому претензии к Енисейскому проекту не будут вечно оставаться без рассмотрения. В некоторых аналогичных случаях бывает, что дело сдвигается с мертвой точки и раньше (bezrao.ru/n/6828). Не нами сказано: «Время разбрасывать камни, и время собирать камни» (Еккл. 3:5).

Суд может и не отказать в будущей просьбе проверить законность ключевого звена – правовых действий/бездействий в рамках Енисейского проекта. Одно дело – личные интересы гражданина относительно участка «Енисейский» (наличие/отсутствие в границах лицензионного участка земельных участков или иных объектов недвижимости, принадлежащих Заявителю, см. Отзыв Роснедр по Делу № 2а-1629/2023; Заявитель пользователем участка недр, предоставленного ФГУП «НО РАО», или собственником земельных участков и водных объектов, необходимых для ведения работ, связанных с пользованием недрами, не является, см. Определение суда по Делу № 2а-1629/2023). Какие-либо из перечисленных личные интересы граждан в данном случае исключены в принципе. И, видимо, другое дело – гражданина или общественного объединения интересы относительно законности выдачи лицензий на пользование недрами этого участка – общегосударственной собственности в контуре промышленной территории оборонных предприятий.

Заметим, что статус «гражданин без личных имущественных интересов» не является по законодательству препятствием для участия в общественных (касающихся всех по определению) обсуждениях МОЛ при рассмотрении комплексных (включая правовые) проблем участка «Енисейский».

И еще. Постановление Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 30 ноября 2017 г. N 49 «О некоторых вопросах применения законодательства о возмещении вреда, причиненного окружающей среде», пункт 28. «Судам следует иметь в виду, что опасность причинения вреда окружающей среде в будущем, в том числе в связи с эксплуатацией предприятия, сооружения или иной деятельностью, может являться основанием для запрещения деятельности, создающей такую опасность (пункт 1 статьи 1065 ГК РФ). Истец должен доказать реальность наступления такой опасности в результате осуществления ответчиком деятельности... Наличие у ответчика разрешительной

документации на осуществление деятельности, создающей опасность причинения вреда, положительного заключения экологической экспертизы не является основанием для отказа в иске.

28. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии РБ-003-21 «Оценка долговременной безопасности пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов» (утверждено приказом Ростехнадзора от 19.03.2021 № 101) разработано в соответствии со статьей 6 Закона «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии.

Соответствие Законам «Об обращении с РАО» и «О недрах» документом РБ-003-21 не обозначено. Как самого документа, так и процедур оценки безопасности. Несмотря на то, что именно этими законами и подзаконными актами Закона «О недрах» (например, Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 2007 г.) долговременная безопасность ПГЗРО прежде всего и во многом регламентируется.

Кроме того, цитата: «Руководство по безопасности предназначено для применения: ... специалистами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, осуществляющими лицензирование деятельности по размещению, проектированию, сооружению, эксплуатации и закрытию пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов и надзор за указанными видами деятельности».

Однако, статьей 4 (Виды деятельности в области использования атомной энергии) Закона «Об использовании атомной энергии» предписано: «Настоящий Федеральный закон распространяется на следующие виды деятельности в области использования атомной энергии: размещение, проектирование, сооружение, эксплуатацию и вывод из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения, закрытие пунктов захоронения радиоактивных отходов (выделено мной, - **В.К.**), проведение экспертизы безопасности объектов использования атомной энергии и (или) видов деятельности в области использования атомной энергии...».

Приведенная выше цитата из Руководства не согласуется по видам деятельности со статьей 4 Закона «Об использовании атомной энергии».

Федеральные нормы и правила НП-100-17 в области использования атомной энергии «Требования к составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов» устанавливают требования к составу и содержанию отчетов по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов при их размещении, сооружении и эксплуатации, а также требования к порядку разработки и поддержания отчетов по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов в актуальном состоянии и требования к их оформлению, утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 июня 2017 г. № 218. В пункте I.1 этого документа его

формальное соответствие Закону «Об обращении с РАО» еще присутствует, но без Закона «О недрах». Известно, чем оборачивается настойчивое игнорирование Закона «О недрах»: даже геологи, выполняя работы по заказу ФГУП «НО РАО», нарушают нормы недропользования (proza.ru/2020/09/20/903). Другие нарушения – см. п. 10 настоящей статьи (ТЗ на ООБ для МОЛ-2015).

Соответствовать при оценках долговременной безопасности пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов только статье 6 Закона «Об использовании атомной энергии», НП-100-17 и рекомендациям Руководства РБ-003-21, не беря за базу Законы «Об обращении с РАО» и «О недрах», вряд ли допустимо (см. также раздел II proza.ru/2023/06/16/625).

29. *Новость от ФГУП «НО РАО»* (22.12.2023, norao.ru/press). Цитата: «В декабре завершилось проведение государственной экологической экспертизы «Материалов обоснования лицензии (МОЛ) на сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объектов окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижнеканский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории».

Заключение экспертов-экологов Росприроднадзора, ответственных за комплексную проверку намечаемой строительной деятельности, однозначное – представленная документация соответствует требованиям законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды. Предусмотренное воздействие на природу и человека является допустимым, а реализация объекта возможна. Это значит, что размещение подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском массиве Красноярского края как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации исключает, по заключению комиссии, дополнительную техногенную нагрузку на окружающую среду в зоне расположения объекта».

В.К.: Рассмотреть непосредственно текст документа (Заключение Росприроднадзора) возможности не было. По информации от ФГУП «НО РАО» необходимо отметить следующее. Экспертиза строительной деятельности не может распространяться на этап эксплуатации. Объект в названии МОЛ (абзац 1 Новости) не тождественен ПИЛ (абзац 2). «Нижнеканский массив Красноярского края» не тождественен гнейсам участка «Енисейский» промышленной территории Железногорска. Размещение любого подземного объекта не может сопровождаться нулевой техногенной нагрузкой, то есть не может исключать дополнительную нагрузку в зоне расположения объекта. Кроме того, рассмотренный ГЭЭ объект по данной новости не соответствует терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2, Распоряжения Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016, Стратегии-2018 Росатома. Данная новость вряд ли может быть новостью об одобрении пользования недрами участка «Енисейский».

Заметим, что промежуток времени между общественным обсуждением и получением положительного заключения ГЭЭ составил в случае: МОЛ-2015 менее пяти месяцев, МОЛ-2022 не менее года.

Заключение

1. Видна по факту странной последовательности внесистемная (см. Правовая основа российской системы лицензирования захоронения твердых высокоактивных долгоживущих и твердых среднеактивных долгоживущих радиоактивных отходов, proza.ru/2023/06/16/625) схема работ. Станный порядок получения права пользования недрами: 1) от опережающего (без надлежащих испытаний реальных промышленных образцов остеклованных ВАО и бентонита, адаптации зарубежного опыта выбора площадки ПГЗРО, рассмотрения национальных альтернатив и условий захоронения по схеме «регион-район-площадка») назначения/решения еще лишь к планам обоснования назначенного участка - стратегии, программе исследований долговременной безопасности и научному руководству, а не наоборот; 2) хроническая незаконченность геологического изучения недр (полное отсутствие геологоразведки по федеральным нормам) – первого, опережающего остальные этапы работ, шага обоснования безопасности захоронения РАО.

2. Вопреки Закону «О недрах» без разведки и других элементов поэтапного обоснования пересмотрели стадии создания пункта окончательного захоронения долгоживущих ВАО и САО, раньше времени приступили к проектированию и строительству, объявив (сайт ФГУП «НО РАО», интервью И. Игина от 09.02.2018) эту организационную инновацию вне законодательства «параллельной» схемой действий в связи с производственной необходимостью.

3. По набору документов, собственно полное обоснование безопасности федерального ПГЗРО вряд ли есть, построенных для него подземных объектов нет, но есть документ якобы на пользование недрами - лицензия на захоронение РАО.

4. Кроме того, налицо недопустимые разночтения в трактовке вида пользования недрами, функции объекта – далеко не безобидный терминологический волюнтаризм. Тот или иной набор терминов отражает ту или иную систему приоритетов, вводит в оборот тот или иной набор норм и правил – ту или иную, в конечном итоге, схему обоснования безопасности и получения разрешительных документов.

5. Не все документы напрямую или косвенно относятся к регулированию недропользования и учитывают его каноны (соответствуют его нормам), как можно было бы ожидать, исходя из ключевых звеньев российской системы лицензирования ПГЗРО (например, proza.ru/2022/11/25/1638, proza.ru/2022/08/17/384, proza.ru/2022/12/22/1216, proza.ru/2021/05/31/1284, proza.ru/2022/07/08/646, proza.ru/2023/02/09/1568, proza.ru/2022/10/16/1278, proza.ru/2023/06/16/625): Закона «Об обращении с РАО» и Закона «О недрах».

Официальный представитель Роснедр (сотрудник Росгеолэкспертизы!) в Отзыве для Железногорского суда по Делу №: 2а-1629/2023 за методическую

базу принял именно сочетание Законов «Об обращении с РАО» и «О недрах», как и сотрудники ([atomic-energy.ru/video 119410](http://atomic-energy.ru/video/119410)) ИБРАЭ РАН при анализе правоприменительной практики для РАО-1,2. Признание этой базы автор настоящей статьи не один год добивался в переписке и статьях (особенно настойчиво, в последний год после слушаний по МОЛ-2022). Правда, на деле в Отзыве представитель Роснедр базу искажил (proza.ru/2023/10/27/1173). В частности, не привел ссылки на ключевую статью 12 п. 2 Закона «Об обращении с РАО», допускает замену обязательного для лицензии КРР 161173Д указания введенного Законом «О недрах (ст. 6; ст. 11 Форма/бланк лицензии на пользование недрами; ст. 12 п. 2) вида пользования недрами ссылкой на цель. Кроме того, неприятно видеть в Отзыве сотрудника Росгеолэкспертизы сомнительного назначения термин «Нижне-Канский массив», многократно обсуждавшийся несколько лет применительно к гнейсам участка «Енисейский», незаконный геологическими знаниями и нормами, искусственно введенный в документацию по проекту ПГЗРО в недрах промышленной территории ГХК, увеличивающий хаос в оценках. А указанный анализ ИБРАЭ на том и закончился.

Очень важно, что Роснедра в официальном Отзыве фактически подтвердили правильность системы лицензирования ПГЗРО на базе Законов «Об обращении с РАО» и «О недрах». То есть, МОЛ-2015 и МОЛ-2022, лицензии КРР 161173Д и ГН-01,02-304-3318, а также объяснения их методической базы с позиций Закона «Об использовании атомной энергии», мягко говоря, слабы. И не столь важно, что контрольно-регулирующие органы при решении ключевых вопросов недропользования в целях захоронения РАО пока такой подход к ситуации по-настоящему не применяют.

6. Присутствуют поспешность и сумбурность оформления документов (особенно первоначальных, на базе геологической информации всего по одной «глубокой» скважине 1-Е). 2011-2012 годы: три документа с разными целями. Изменчивость планов и несоблюдение сроков. Спорные трактовки ситуации вокруг ПГЗРО.

7. Второй (в части захоронения РАО) этап ФЦП ЯРБ-1 не выполнен (2011-2015 годы) - завершение строительства опытно-промышленного объекта окончательной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов. Как не выполнен и первый этап в части геологоразведки на предпроектной стадии работ. Как не выполнен и пункт 4 Положения об определении порядка и сроков создания ЕГС обращения с радиоактивными отходами (утверждено постановлением Правительства РФ от 19.11.2012 N 1185). Всё сопровождение Енисейского проекта при невыполнении принятых решений, равно, как и сама его идея, напоминает, в лучшем случае, прожектерство.

8. Напрасно в письмах Роснедр № АГ-04-37/22488 от 31.10.2022, № АГ-04-37/27758 от 28.12.2022, № АГ-04-37/7456 от 28.03.2023 и Росгеолэкспертизы № ДН-03/3828 от 17.03.2023 акцентируют без учета сути планировавшихся этапов по ПГЗРО и результатов 2011-2015 годов: «Обращаем внимание, что

работы на участке «Енисейский» проводились в рамках реализации ФЦП ЯРБ-1». Впрочем, не напрасно – дали повод внимательно смотреть документы.

9. При начавшихся горных работах не пользуются передовыми, щадящими массив, технологическими решениями, как принято в Китае (прежде всего, вскрытие в условиях горной пустыни целевого горизонта спиралевидным туннелем при помощи горнопроходческого комбайна и обращение с керном скважин; atomic-energy.ru/photo/139371) и других странах-лидерах. Это прямой результат встраивания неудачной площадки в условия тесноты на промышленной территории Железногорска. Как и невозможность в полной мере изучить недра прилегающих к строительной площадке территорий, бурить на которых нельзя из-за наличия действующих предприятий.

10. Не в полной мере и неадекватно их значению применены Закон «Об обращении с радиоактивными отходами» (ст. 3, п. 1; ст. 12, п. 2; ст. 13, п. 2 и п. 3) и Закон «О недрах» (ст. 6, п. 2 и п. 4; ст. 8; ст. 22; ст. 23, пункты 1, 2, 3, 8), а также ряд пунктов подзаконных к Закону «О недрах» актов (например, Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 2007 г.).

Известно применение выборочного цитирования статьи 12, п. 2 Закона «Об обращении с радиоактивными отходами». Например, статья цитируется с принципиальными искажениями: цитата оборвана там, где предписан переход к Закону «О недрах» (пункт III, proza.ru/2021/12/15/641); трансляция статьи без важного указания на Закон о недрах (раздел 2, proza.ru/2022/02/13/1032); раздел «Проблема хранения отходов» (proza.ru/2020/12/18/1681). В ряде случаев дело доходило до «потери» статьи в целом: «Ответы на обращения либо отсутствовали совсем, либо были разнообразны не те... Причем в письмах Росгеолэкспертизы и Роснедр (а также в Отзыве для Железногорского суда по Делу №: 2а-1629/2023) при обозначенном стремлении к полному логическому изложению правовой ситуации одинаково отсутствуют ссылки на ключевую статью 12, п. 2 Закона» (proza.ru/2023/06/16/625).

Неопровержимо известно массовое фактическое исключение полностью Закона «О недрах» из набора регулирующих норм/правовой базы.

Примеры: И.Ю. Шишиц, Обоснование и разработка методов подземной изоляции твёрдых радиоактивных отходов, 2000; Т.А. Гупало, МНТЦ № 2377 «Разработка обобщенного Плана проведения научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ по созданию объекта подземной изоляции РАО на Нижнеканском массиве», который финансировался как партнерский проект DOE-RW-ISTC, 2005; Т.А. Гупало, Перспективы развития технологий подземной изоляции радиоактивных отходов в России, 2009; Экологическая политика ФГУП НО РАО (отсутствует охрана недр!?), norao.ru; Ю.Д. Поляков «Закон о РАО – основа национальной системы», atomic-energy.ru 2010/02/21/31152; Основные направления деятельности и развития национального оператора по обращению с радиоактивными отходами, atomeco.org Polakov, 2012; atomeco.org 31_10_2013/Polyakov; С.Л. Спешиллов, 2014, ТЗ на ООБ для МОЛ-2015; Ю.Д. Поляков «Подземная лаборатория для

пункта окончательной изоляции высокоактивных РАО в Красноярском крае», 2015, atomic-energy 61224; Реализация первого этапа создания единой государственной системы обращения с РАО, планы на будущее, atomesco.org Dorofeev, 2015; Первый отечественный объект захоронения РАО, Горный журнал, № 10, 2015; Д.Б. Егоров «Создание системы финальной изоляции РАО – обеспечение экологической безопасности Российской Федерации», 2016, atomic-energy 64392; общая информация о радиоактивных отходах ФГУП «НО РАО», norao.ru; МОЛ-2015 и 2022; А.А. Абрамов, А.Н. Дорофеев, Радиоактивные отходы, № 1, 2017; Стратегия-2018 Росатома, раздел 2; В.П. Бейгул и В.Я. Красильников «Уйти на глубину», atomicexpert.com/page4225199; А.В. Барышев «О создании ПЗРО и обращении с РАО», 2018, bochvar.ru; А.В. Ткаченко, Международное сотрудничество ФГУП «НО РАО», 2020; В.В. Тинин и др., Об актуальных задачах развития ЕГС РАО, Радиоактивные отходы, 2023, № 4; В.Г. Румынин, Гидрогеологические исследования на объектах использования атомной энергии (к 25-летию СПбО ИГЭ РАН), 2023.

Кроме того: Труды Радиевого института, т. XI, 2006; В.Н. Чистяков, Эколого-экономическое обоснование выбора вариантов обращения с твердыми и отвержденными радиоактивными отходами, 2012; Главы 5 «Создание ЕГС РАО» и 7 «Безопасность захоронения РАО, elib.biblioatom.ru problemyadernogo-naslediya_t2_2013; ibrae.ac.ru problemi_yadernogo_naslediyaitom_3, 2015; 2015, NORA_O_Brosh_na_sitel; слайд 5, atomesco.org 2017 Хaperskaya; Обеспечение безопасности объектов окончательной изоляции долгоживущих РАО в Красноярском крае, atomic-energy 2017/01/11/51503; книга «8 ½ мифов о радиоактивных отходах», 2018; Б.Т. Кочкин, Радиоактивные отходы, № 2, 2018; ibrae.ac.ru prepr2019i03; Р.Б. Шарафутдинов и др., Ядерная и радиационная безопасность, № 4, 2018; И.И. Линге и др., Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2019, № 12; Комплексный сравнительный анализ безопасности реализации открытого и замкнутого ядерных топливных циклов в Российской Федерации, ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2021; Международно-правовые основы регулирования обращения с радиоактивными отходами в Российской Федерации, Радиоактивные отходы, 2020, № 3; Д.В. Мурлис и др., Радиоактивные отходы, 2023, № 4.

Кроме того: Раздел «Основные черты ситуации», пункт 2, proza.ru/2022/02/13/1032; разделы «Тезисы по поводу закона «о недрах» МОЛ-2022», «Тезисы по поводу других документов, МОЛ-2022», proza.ru/2022/11/05/614; раздел «Выявленные ошибки», пункт 26, proza.ru/2022/08/17/384; пункт I, proza.ru/2022/07/24/1607; Введение, proza.ru/2020/09/20/903; пункт 19 и Заключение, <https://proza.ru/2021/12/15/641>.

Небольшой комментарий. Приведенные примеры дополняет фрагмент (слайд 22 «Ключевые вехи и решения в области обращения с РАО») обстоятельного доклада – Л.А. Большов, Актуальные научно-технические проблемы атомной энергетики, Совет по приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике...», 25 октября 2018 г. На слайде в

последовательности событий относительно проблемы создания ПГЗРО федеральные законы представлены лишь Законом «Об обращении с РАО» (2011 г.). Начало неких исследований по выбору площадки некоего ПГЗРО обозначено задолго до 2011 г.

Вариантов понимания предложенной информации два. Либо фундаментальной законодательной базы для федерального ПГЗРО до 2011 г. не было (это не так, вполне приоритетный для решения проблемы ПГЗРО Закон «О недрах» существовал с 1992 г.; не зря именно к нему основная задача глубинного захоронения РАО-1,2 переадресована Законом «Об обращении с РАО», ст. 12 п. 2; ничего специализированного лучше в правовом поле 2011 г. не было и не требовалось). Либо при наличии Закона «О недрах» упомянутые исследования почти двадцать лет выполнялись (и выполняются до сих пор) вне четкой связи с ним (позитив ли это, как относиться к изучению недр при таком вряд ли законном подходе?). Эта же информация предложена С.С. Уткиным (Программа исследований в обоснование безопасности ПГЗРО, слайд 2, atomeso.org).

Перечень примеров странной дифференциации далеко не полон. Но даже он настораживает: с применением норм Закона «О недрах» и его подзаконных актов при организации масштабных работ, горно-геологической характеристики массива, различных оценках его безопасности и безопасности ПГЗРО в целом длительное время и у разных профильных специалистов не все гладко. Удивляет массовость явления применительно к источникам информации для пользования внутри страны. Понятно, что законы, в принципе, могут дополняться, изменяться и отменяться. Но пока они действуют, их надлежит исполнять.

Создается впечатление, что многотрудный, нужный и ответственный, нацеленный на укрепление национальной безопасности, общий процесс создания единой государственной системы обращения с РАО не лишен недостатков. Отмеченное в предыдущих абзацах, видимо, отражает потерю важного для стадии захоронения отходов элемента нормативной базы ЕГС РАО. Потерю стремления применять связку Закона «Об обращении с радиоактивными отходами» и Закона «О недрах» с самого начала процесса обоснования ПГЗРО. Делает как бы легитимным игнорирование главенствующей роли Закона «О недрах» в материалах обоснования лицензий для ПГЗРО. Что породило внесистемное лицензирование подземных объектов (вопреки огромному опыту; И.М. Игин: «Основной управленческий костяк ФГУП «НО РАО» — сотрудники департамента контрольно-ревизионной деятельности Росатома») при доминирующих понятиях Закона «Об использовании атомной энергии», норм Ростехнадзора и пренебрежение в реальных действиях ключевыми при регулировании захоронения РАО-1,2 правилами недропользования и культурой безопасности как фрагментом в системе ценностей атомной госкорпорации.

Вместе с тем, в документах для внешнего пользования соответственно духу Geological Disposal Закон «О недрах» в списке Федеральных законов

Российской Федерации устойчиво, достойно и давно присутствует (Сайт ФЦП по радиационной безопасности, Конвенция по обращению с РАО и ОЯТ, Национальные доклады 2006-2011, Приложение Е; Шестой Национальный доклад, 2020). Как и в учебном пособии МИФИ для студентов, подготовленном еще до принятия Закона «Об обращении с РАО» (Н.С. Пронкин, Р.Б. Шарафутдинов, Н.И. Гераскин. Регулирование безопасности обращения с радиоактивными отходами, 2011). Как и в диссертациях на соискание ученой степени кандидата юридических наук: Т.А. Титова, Правовое регулирование обращения с радиоактивными отходами, 2005 и А.А. Талевлин, Проблемы правового регулирования обращения с радиоактивными отходами, 2008.

Хотя сейчас уже трудно оспаривать участникам Енисейского проекта статус ПГЗРО как ОИАЭ/ядерная установка (сооружение, комплекс) в рамках ядерного топливного цикла (см. пункт 15 основного раздела настоящей статьи) и в подземном варианте, но при обосновании участка «Енисейский» до сих пор не применяют (наряду с некоторыми нормами недропользования) некоторые Федеральные нормы и правила также в области использования атомной энергии с фрагментами природных факторов (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=10046>).

Такое совокупное отношение к нормам и правилам обозначает, вероятно, подспудное желание иметь как можно меньше обязанностей по изучению применительно к ПГЗРО по схеме регион-район-площадка реальных и прогнозных долговременных условий на поверхности и в недрах Земли.

Показательно содержание обстоятельного доклада сотрудников ИБРАЭ РАН «Анализ правоприменительной практики в области обращения с РАО в разрезе эффективности практических решений на различных стадиях жизненного цикла ОИАЭ» (XI Российская научная конференция «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях», 26-29 октября 2021 года, [atomic-energy video/119410](https://atomic-energy.ru/video/119410)). В нем ПГЗРО/РАО-1,2/статья 12 Закона «Об обращении с РАО» /Закон «О Недрах» чуть-чуть отражены лишь в одном слайде в связи с уточнением классификации отходов. Настоящая статья показывает, что неоднозначная (скорей всего) правоприменительная практика относительно ПГЗРО уже имеет историю и требует внимания.

11. Не исключен рост числа нормативно-правовых нарушений. Прогнозирование, выявление, анализ и оценка угроз безопасности в связи с Енисейским ПГЗРО недостаточны. Такие обстоятельства и риски не будут полезными. Отсутствие реакции на них вряд ли допустимо. И, возможно, необходима, исходя из приоритета предупредительных мер, оценка ситуации с позиций Федерального закона от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ «О безопасности» по обеспечению безопасности государства, общественной безопасности, экологической безопасности, безопасности личности, иных видов безопасности, предусмотренных законодательством Российской Федерации?

12. Отсутствуют надлежащим образом подготовленные МОЛ на недропользование. Отсутствует выданная роснедрами в полном соответствии с

законами «Об обращении с РАО» и «О недрах» действующая лицензия на какое-либо (ГИН, включая геологоразведку, строительство и эксплуатация ПГЗРО/ПИЛ) пользование недрами именно первоначально введенного участка «Енисейский», однозначно определенного по площади и границам. И это для проекта, предусматривающего пользование недрами в конечном итоге до миллиона лет! Только Роснедра имеют право выдавать лицензии на пользование недрами относительно работ для захоронения РАО-1 и 2.

13. Требуется на разном уровне рассмотреть степень выполнения ключевыми участниками Енисейского проекта и контроля за его реализацией, прежде всего (в том числе, в судебном порядке), федеральных законов, решений и планов. Естественно, и степень ответственности участников за ненадлежащее выполнение ими ключевых функций, если таковое будет установлено.

14. В 2021-2023 годах авторы и исполнители Енисейского проекта вынуждены были по просьбам оппонентов для исправления ситуации вернуться к ГИН, разведке (Д.А. Озерский и др. Геология и недропользование, № 4, 2021) и проектным работам. Но по-прежнему «не замечают» другие обозначенные ранее [4-6, а также, например, статьи разных авторов по теме ПГЗРО на сайте Проатом и в журнале «Атомная стратегия»] принципиальные/ключевые ошибки/недостатки и претензии ныне к конкретным документам. Внесистемное параллельное двумя регуляторами (Роснедра, да еще и Ростехнадзор) лицензирование как бы недропользования пополнило совокупность ошибок и недостатков, способствует возможности создания основы управленческого хаоса посредством конструирования диковинных видов действия при жонглировании словами.

15. Не исключено, что в следующие двести лет для многих в России тема ПГЗРО станет жизненно важной, и они поймут: законные основания пользоваться в центре страны недрами промышленной территории оборонного, ЗАТО Железногорск для захоронения федеральных (как минимум) РАО категорий 1, 2 вряд ли были и есть.

16. Историческая аналогия – негативные изменения социального восприятия гражданской атомной отрасли после Чернобыля. Региональный пример – уголовные дела в связи с Красноярским метро. Пример Железногорска - уголовное дело о мошенничестве при строительстве объектов Росатома по подложным актам выполненных работ при исполнении госконтракта между АО «ФЦНИВТ СНПО "Элерон"» и ФГУП «НО РАО» (interfax-russia.ru от 03.10.2023). ФГУП «НО РАО» является крупнейшим заказчиком работ этой организации. Зарубежный отраслевой пример – дело о коррупции при строительстве Централизованного хранилища отработавшего ядерного топлива на Чернобыльской АЭС (bezrao.ru/n/6862).

17. Надо принять во внимание последние новости: итог (переход на нулевой уровень) почти пятидесяти лет (bezrao.ru/n/6539) подобной работы на немецком объекте «Горлебен», длительное рассмотрение «Национальным оператором» Англии с нуля вариантов ПГЗРО в разных регионах страны

(bezrao.ru/n/7251; bezrao.ru/n/6946), а также уроки Японии (около 300 специалистов в области наук о Земле выступили с заявлением, призывающим к фундаментальному пересмотру плана японского правительства по хранению отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов, процесс поиска окончательного места захоронения ОЯТ и РАО в Японии происходит «в условиях замалчивания научных дискуссий», bezrao.ru/n/6846) и Австралии (bezrao.ru/n/6594). МАГАТЭ положительно оценило поиск Литвой площадки для будущего глубинного хранилища радиоактивных отходов Игналинской АЭС миллиардной стоимости. Литва планирует построить (вблизи границы) глубинное хранилище во второй половине этого века. В нем будут храниться отработавшее ядерное топливо, металлические конструкции реакторов, некоторые тепловыделяющие сборки, стержни управления, отработанный графит и другие отходы (bezrao.ru/n/7108).

18. К сравнению единственного и неповторимого ПГЗРО с какими-либо подземными сооружениями (или их элементами) надо подходить очень осторожно. Причина – во многом противоположные ключевые условия. Почему зачастую сравнение вряд ли корректно? «философия» защитных мероприятий разная. ПГЗРО: сверхдолговременная горным массивом пассивная защита окружающей среды/биосферы от полностью автономного подземного объекта/его внутренних факторов опасности. Любой другой случай: сравнительно кратковременная активная защита неавтономного, контролируемого и ремонтируемого, подземного объекта от внешних неблагоприятных факторов.

19. Сейчас ПГЗРО Законом «О недрах» (ст. 6 п. 4) отнесен к категории «строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, в том числе подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов (пунктов захоронения), отходов производства и потребления I - V классов опасности (объектов захоронения отходов)». По «философии» объекта, времени и уровню его опасности он принципиально отличается от других подземных сооружений этой категории. К тому же опыта строительства и эксплуатации ПГЗРО как базы для наработки надежного корпуса проверенных технических норм и правил нет. Уже существующие для обозначенной категории нормы и правила, конечно же, необходимо выполнять неукоснительно и, возможно, «с запасом». Но, видимо, придется вернуться к началу пути. С учетом международного опыта и российского разнообразия геологических условий – к выработке и законодательному фиксации принципов выбора площадки ПГЗРО, а также уточнению/ужесточению некоторых технических норм и правил. Необходимость выполнения и уточнения норм некоторые геологи с предыдущим опытом производственной геологии, прикоснувшиеся к проблеме ПГЗРО, уже почувствовали (А.Ю. Озерский, О.А. Морозов: Радиоактивные отходы. 2019. № 4 (9). С. 46—62; раздел XI, proza.ru/2023/06/16/625).

20. Относительно гнейсов промышленной территории ГХК пренебрежение информацией о работах нефтяников по соседству может

отразиться дважды. Во-первых, предлагать размещение ПГЗРО на стратегических резервных территориях будущей национальной добычи нефти вряд ли допустимо, если напрямую не запрещено. Во-вторых, даже если дело не дойдет здесь до месторождений, но будут вновь в районе обнаружены хотя бы следы нефти или ее геохимических спутников в разуплотненных зонах коренных пород, то это будет означать недопустимое флюидное/газовое взаимодействие целевых гнейсов с глубокими горизонтами фундамента Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Самое главное возможное следствие контакта ПГЗРО Росатома на участке «Енисейский» с нефтяной кладовой страны (Югра и Томская область) или с глубинными источниками дегазации предполагается в возникновении у обеих базовых отраслей России репутационных рисков, а также технологических, экологических и экономических трудностей. Об эффекте газовой (включая водородную) дегазации Земли (в том числе, применительно к проблеме глубинного захоронения РАО) - книга В.М. Шестопалов и др. «Очерки дегазации Земли», 2018 (глава 10).

Лучше съемку по упомянутым гнейсам выполнить (геохимическую аналогично работам И.С. Копылова и М.В. Чусова, Красноярск-Пермь [6-8]; геофизическую на водород, например, применяя водородный сигнализатор геофизический, ВСГ) как можно раньше. К сожалению, этот вид исследований проектом ГИН (п. 25 основного текста статьи) в связи с лицензией Роснедр КРР0142223П, скорей всего, не предусмотрен. Опасное пренебрежение для условий непрветриваемого миллион лет после полной загрузки отходами ПГЗРО.

21. Интересными, надо думать, получились уже первые двадцать лет многогранной истории российского ПГЗРО. Если дело и дальше пойдет так же, то слова Айзека Азимова (уроженца России), вынесенные в эпиграф, точно про нас и наших потомков.

22. Еще раз по результатам анализа документов и публикаций. Участок назван/назначен и обустраивается. Имеется настойчивое, систематическое и долговременное невыполнение некоторых федеральных законов, ФЦП, решений и планов. Нет геологоразведки. Нет обоснования безопасности ПГЗРО на базе фактических, экспериментально установленных свойств его элементов (должных испытаний объекта захоронения – остеклованных ВАО, инженерных барьеров – бентонита и главного природного барьера – массива гнейсов, пород вне списка пригодных по методическим рекомендациям ГКЗ и Минприроды 1997 г., п. 3.1.2.4). Нет обоснования безопасности и других уже действующих объектов (в связи со строительством ПГЗРО рядом) общей промышленной территории. Не принята во внимание геополитическая обстановка.

Многие ключевые разрешительные документы на как бы рациональное использование и охрану недр (иными словами, решения по разным направлениям работ, вплоть до захоронения РАО) тем не менее, оформлены и применяются. Хотя и не соответствуют терминологии и смыслам Законов «Об обращении с радиоактивными отходами» и «О недрах», ФЦП ЯРБ-2,

Распоряжения Правительства Российской Федерации № 595-р от 6-04-2016, Стратегии-2018 Росатома. Не доказано соответствие этих разрешительных документов ряду подзаконных актов различных законов РФ (примеры: proza.ru/2022/05/08/256; proza.ru/2023/06/16/625; proza.ru/2020/09/20/903; proza.ru/2022/12/22/1216; Послесловие proza.ru/2022/02/13/1032; п. I.1 proza.ru/2022/06/26/146). В том числе, Общим положениям обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ, раздел 5 и др. НП 016-05, см. Proza.ru/2022/02/22/1827), Общим положениям обеспечения безопасности при обращении с РАО (раздел VII НП-058-14), Правилам охраны недр ПБ 07-601-03 (действовали до 1 января 2021 г.).

Послесловие 1

Для обеспечения многофакторной (военной и экологической) национальной безопасности, приближения начала и снижения итоговой стоимости захоронения РАО – 1, 2 было бы полезным в рамках законодательства и в условиях нынешней геополитической обстановки рассмотреть дополнительные/запасные варианты создания федерального ПГЗРО на базе инфраструктуры существующих приграничных подземных горнодобывающих комплексов вблизи г. Краснокаменск и п. Никель/г. Заполярный. А также по попутным результатам ведущейся разведки - вариант ПГЗРО во вмещающих породах как дополнение к планируемому Росатомом и Норникелем [2, 13] комплексу для добычи лития на Колмозерском месторождении Кольского полуострова.

Перспективы есть и относительно пород хорошего качества под многолетней мерзлотой (proza.ru/2019/08/15/624). Так, по данным представительных гидрогеологических поисков месторождений подземных вод и оценкам пригодности недр для размещения в них загрязненных рудничных вод установлено, что слаботрещинчатые коренные породы в подземных горизонтах Норильского промышленного района заведомо вне рудных тел и при положительных температурах имеются [14].

Они, естественно, не представляют интереса применительно к решавшимся частным гидрогеологическим задачам (к достаточно большим объемам воды) и являются как бы бросовым результатом. Но их параметры (глубина залегания, мощность, размеры в плане, низкий коэффициент фильтрации и др.), наоборот, весьма подходят для противоположной задачи – поиска условно сухих массивов для ПГЗРО относительно небольших габаритов (площадь выделенной по Енисейскому проекту для захоронения отходов площадки составляет 1,75 кв. км). Например, (с. 124): мощность пласта порядка 200 м, интервал глубин 150-350 м, средний коэффициент фильтрации 0,001 м/сут. Ниже при поисках воды не бурили, но до условной «паспортной» глубины ПГЗРО в 500 м проницаемость пород вряд ли увеличивается.

Понятно, что внимательный и честный анализ уже имеющихся фондовых материалов с позиций противоположной задачи увеличит число перспективных

площадок с подмерзлотными горизонтами для захоронения РАО-1,2 в Норильском промышленном районе и окрестностях.

Чтобы найти площадку для уникального и вечного ПГЗРО не помешало бы уйти для начала от примитивного мышления по схеме: построим там, где нам сейчас удобно, многое другое – не в счет. Хорошо было бы, все-таки, стремиться, чтобы, по примеру сказанного на Урале, «камень полную силу имел» (П.П. Бажов, «Каменный цветок»).

Участник Енисейского проекта Б.Т. Кочкин положительно оценил перспективы появления РАО в подмерзлотных горизонтах [9]. Осталось не ждать 50 тысяч лет возникновения мерзлотной крыши над Енисейским ПГЗРО, а прямо сейчас планировать захоронение РАО под уже существующей такой защитой. Нежелательное соседство обводненных юрских отложений с расчлененным склоном Атамановского хребта (гнейсы) и участком «Енисейский» в ближайшие 50 тысяч лет до следующего ледникового периода убедительно показано на рис. 4 статьи Б.Т. Кочкина.

Возможность захоронения РАО с использованием готовых горных выработок (в соответствии со сложившейся реальностью) привлекает в России все большее внимание. Естественно, начиная с наиболее простых вариантов [1], bezrao.ru/n/6790.

В ноябре 2023 г. на руднике «Каула-Котсельваара» (п. Никель) окончательно прекратили добычу руды («Исторический момент: на шахте «Каула-Котсельваара» прогремел последний взрыв», САЙТ KN51.RU, программа ТВ-21 «Дежурный по Печенге» от 02.12.2023, 10.30-15.40 мин. и youtube.com/watch?v=3K9m7p7sPeo). Если ФГУП «НО РАО» и ИБРАЭ РАН не заинтересуются, то объект может получить другого хозяина (программа ТВ-21 «Дежурный по Печенге» от 23.12.2023 и youtube.com/watch?v=TNoDhrgQGrS).

В самый раз присмотреться бы с позиций ПГЗРО к готовому с точки зрения основных капитальных вложений (Комплексные проблемы техносферной безопасности, часть VIII, Воронеж, 2016, с. 5-31) объекту с финско-канадско-немецко-российским опытом эксплуатации как представителю перспективной территории. Имеющему и ряд других несомненных достоинств, на разных уровнях безответные публикации (отчасти с сознательными повторами для разных аудиторий) в связи с которыми имеют уже историю не менее 25 лет.

Достоинств, включая геополитический фактор сдерживания в Западной Арктике (например - Экологический вестник России, 2018, № 8, с. 37; Научный вестник Арктики, 2018, № 3, с. 9-24; proza.ru/2017/06/29/1002; proza.ru/2018/02/13/284).

А также – потенциал сдерживания/демпфирования внутренних региональных социально-экономических трудностей (Научный вестник Арктики, 2020, № 8, с. 31-36; сб. «Модернизация российского общества: вчера, сегодня, завтра», 2016, Омск, с. 109-117; Project IGCP № 408, 2000, Apatity, p. 92-96; Industrial Minerals: Deposits and New Developments in Fennoscandia. Petrozavodsk, 1999. P. 150-153 и Информационный бюллетень «Живая

Арктика», 1999, № 1, с. 34-43; Тезисы докладов, II Межд. конференция «Радиационная безопасность», 1999, Санкт-Петербург, с. 24-25; <http://www.biodiversity.ru/publications/arctic/archive/n12/nikel.html>).

Присмотреться внимательно и объективно. Не устраняя альтернативный/вспомогательный вариант селекцией аргументов (пример, к сожалению, из достаточно емкой группы подобных, раздел «Печенга как объект сравнительных исследований», proza.ru/2017/06/29/1294: переставшая работать после опубликования ссылка на фонд из почти 150 фотографий о качестве гидрогеологических условий рудника). Случайные снимки под статьей «Исторический момент...»: как и на упомянутых 150 фотографиях видны сухие незакрепленные стенки выработок и сухая спецодежда горняков. И это в условиях действующего горнорудного предприятия, где контакт горняков с водой, если она значимо присутствует, неизбежен. Присмотреться к объекту надо пока не поздно и с целью разглядеть в громадном (почти сто лет разведки и эксплуатации) объеме информации необходимые выработки или нетронутый хороший массив пород по соседству с выработками. Началом работы с информацией было бы восстановление упомянутого фонда фотографий. По сравнению с теми объемами подземного пространства (выработки и породы), которые вскоре будут выведены из оборота/брошены за ненадобностью, необходимый объем для ПГЗРО – капля в море. И найти его на фоне в целом неплохих горно-геологических условий можно.

Вариант расширенного дополнительно к отработавшему руднику поиска места для ПГЗРО - в районе (Экологический вестник России, 2017, №№ 9 и 10) Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3). Максимально - вся Печенгская геологическая структура (от рудника «Каула-Котсельваара» до рудника «Северный Глубокий» или иначе между п. Никель и г. Заполярный), включая площадки всех рудников и карьера «Центральный/Ждановский». Минимально – локальный пример (блок пород между скважинами 3360 и 3344) в условном круге радиусом 1,5 км вокруг места заложения СГ-3.

О различных вариантах Печенги надо помнить не только в связи с федеральными РАО -1,2. Но и применительно к необходимости захоронения отходов Сайда Губы и от реализации программы по очистке Арктики от ядерного наследия (bezrao.ru/n/7128), блоков Кольской, Ленинградской и других АЭС европейской части страны после их демонтажа. Отходов широкого спектра по активности и массогабаритным характеристикам. Возможно некое усовершенствование зарубежного (Траншея 94, bezrao.ru/n/7188) аналога.

Соответственно разнообразию горнотехнических условий Печенги и типов РАО полезно/необходимо на стадии некоей «рассредоточенной ПИЛ» изучать возможность применения следующих РАО-модулей:

- в готовых подземных выработках;
- в новых подземных выработках, сопряженных с готовым подземным комплексом;
- на дне карьера;
- в новых подземных выработках, пройденных из бортов карьера;

- в скважинах увеличенного/большого диаметра, забуренных с земной поверхности или на дне карьера;
- в скважинах, адаптированных к технологии компании Deep Isolation по скважинному захоронению РАО и ОЯТ (новых или переоборудованных разведочных скважинах старого фонда).

Примерно через пятьдесят лет в связи с резким сокращением или полным исчерпанием запасов никеля в контексте ПГЗРО-Печенга добавятся немалые хорошо изученные и освоенные объемы подземного пространства при выводе из эксплуатации рудника «Северный Глубокий».

Справка для понимания объемов (хорошо изученные и освоенные объемы подземного пространства – готовые выработки и массив между ними). Капитальная штольня рудника «Каула-Котсельваара» (главная транспортная артерия) пройдена длиной 7 км на горизонте +140 м (от уровня моря) от входа в рудник до Восточного наклонного ствола. Над ней, естественно, расположена еще некоторая толща пород. От нее ниже последовательно оборудованы несколько добычных горизонтов (до уровня - 215 м). Нижний горизонт рудника «Северный Глубокий» соответствует отметке -730 м.

Еще раз. ПГЗРО на Кольском полуострове гипотетически можно рассматривать в качестве элемента глобального ядерного/неядерного сдерживания (комплекса внешнеполитических и военно-технических мер, направленных на предотвращение агрессии против Российской Федерации) угрозой неприемлемого ущерба для стран НАТО и их партнеров бассейна Северной Атлантики. Элемента важной военно-политической системы, например, системы возмездия типа «Судного дня» и «Мертвая рука», в ядерно-метеорологическом исполнении при устойчивом ветре от российской территории. Как и аналогичный объект на Чукотке – для Северной Пацифики.

Высказанное предположение соответствует таким указаниям Военной доктрины РФ (редакция от 25.12.14) как существование одновременно ядерного и неядерного сдерживания потенциальных агрессоров, применение не прямых и асимметричных способов действий, отбор объектов инфраструктуры двойного назначения для использования войсками (силами) в целях обороны. Тем более, что такие указания, как озвучено, например, в ходе международного форума «Арктика: настоящее и будущее» (декабрь 2023 г.), подтверждаются ныне как ответные меры именно в Арктике конкретными действиями (svpressa.ru/war21/article/400830/; svpressa.ru/war21/article/399544/; ng.ru/armies/2023-12-14/1_8903_arctic; iz.ru/1618373/rossiia-zakryvaet-nato-put-v-arktiku).

В зависимости от геополитических обстоятельств, Печенга может стать, наоборот, основой мирного предложения Европе о совместном создании на российской приграничной территории международного ПГЗРО. Варианты транспортировки при этом европейских РАО: морем через норвежский Киркенес (или российские порты на Баренцевом море), морем в Ботнический залив Балтики и далее по территории Финляндии по восстановленной немецкой автомобильной дороге времен Второй мировой войны для вывоза никеля (или

через порт Кеми по действующим финским и/или российским наземным магистралям).

И уж совсем очевидно, что Печенга и Краснокаменск [10, 11] на веки вечные «надежно, выгодно и удобно» могут обеспечить решение проблемы геологического/глубинного захоронения российских твердых РАО всех, не подлежащих хранению, опасных категорий.

Как понимать неучет особых геополитических функций приграничных ПГЗРО сторонниками безальтернативного /не требующего дополнений варианта – участка «Енисейский» в центре страны? См. также игнорирование опасений по п. 22 основного текста настоящей статьи.

Послесловие 2

Автор настоящей дискуссионной статьи не является юристом, чтобы самостоятельно в полной мере выполнить оценку обозначенной правоприменительной практики. Ясности не появилось и при его обращениях в так или иначе причастные к Енисейскому проекту организации, имеющие в штате правоведов. Остается надеяться, что вне спорного проекта представители юридической науки не останутся в стороне от публичного осмысления национальной проблемы. В ноябре-декабре 2023 года мной в профильные факультеты и кафедры трех уральских и четырех сибирских университетов были отосланы запросы. Пока и в данном случае результат отсутствует. Ситуация по-прежнему (как это понимать!) без надежного разъяснения, профессиональных научно-правовых экспертиз и консультаций. Хотя ранее в нескольких изданиях юридических факультетов европейской части страны статьи по теме были опубликованы. Такие экспертизы и консультации, конечно же, принципиально возможны. Например, по направлениям «Административное право», «Государственный контроль и надзор», «Реализация и защита прав человека и гражданина», «Охрана окружающей среды», «Строительно-технические экспертизы» и другим.

Надо сказать, что при объяснениях с местной общественностью картина особая: при подведении итогов года где-то пусто (04.12.23, noraao.ru), а где-то густо (30.11.23, noraao.ru).

Если перефразировать название статьи [15], то суть настоящей статьи можно дополнительно обозначить словами: «ПГЗРО сквозь тусклое стекло».

«Все это будет существовать в масштабе геологических эпох. Радиоактивные отходы переживут всех нас» (bezrao.ru/n/7221).

Не может такого быть, чтобы со временем юристы, историки, геологи и горняки, физики и радиохимики не рассмотрели законность и научно-техническую обоснованность вечного ПГЗРО. В условиях объективного процесса информатизации общества уклонение от сути проблемы не будет вечным. Чем раньше полновесное осмысление этого произойдет, тем крепче будет безопасность Красноярского края, прилегающих регионов и страны в целом [3-5].

Библиографический список

1. Горин Н.В., Кучинов В.П., Усанов С.В., Васильев А.П. Использование подземных горных выработок для захоронения радиоактивных отходов 3-го и 4-го классов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. №9. С. 128-136.
2. Комлев В.Н. Геологоразведка для вечности (Примечание) // Проза.ру от 21.05.2022.
3. Комлев В.Н. Образ глубинного ядерного могильника в России: уникальное негативное несоответствие канонам // Менеджмент социальных и экономических систем. 2021. № 3. С. 36-54.
4. Комлев В.Н. Принципиальные ошибки обоснования ядерного могильника России // Горно-геологический журнал. 2022. № 3-4 (71-72). С. 38-43.
5. Комлев В.Н. Радиоактивные отходы и недропользование: закон и порядок // Недропользование XXI век. 2023. № 3-4 (100). С. 88-97.
6. Копылов И.С. Структурно-геохимический анализ Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2020. № 23. С. 296-303.
7. Копылов И.С., Чусов М.В. Результаты зимней геохимической съемки на Нижнекамском гранитоидном массиве для оценки геодинамической активности // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 135-143.
8. Копылов И.С., Чусов М.В. Геохимические исследования гранитоидов Нижнеканского массива для выбора площадок размещения хранилищ радиоактивных отходов // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2022. С. 339-347.
9. Кочкин Б. Т. Месторождения урана под экраном многолетнемерзлых пород как природная аналогия геологического хранилища на период предстоящего похолодания климата // Радиоактивные отходы. 2023. № 3 (24). С. 103-116.
10. Кузьмин Е.В., Калакуцкий А.В., Морозов А.А. Технология захоронения радиоактивных отходов в пространстве подземных рудников // Радиоактивные отходы. 2021. № 2 (15). С. 49-62.
11. Кузьмин Е. В., Маянов Е. П., Игин И. М., Минин А. В., Бамборин М. Ю., Калакуцкий А. В., Морозов А. А., Каманин А. Н., Трофимова Ю. В. Обоснование параметров технологии захоронения РАО 2 и 3 классов в пространстве подземных рудников ПАО «ППГХО» // Радиоактивные отходы. 2022. № 1 (18). С. 62-76. DOI: 10.25283/2587-9707-2022-1-62-76.
12. Линге И.И. О рационализации систем обращения с РАО и обеспечения радиационной безопасности // Радиоактивные отходы. 2023. № 2 (23). С. 21-34.
13. Литий – новый полюс притяжения к Кольскому региону / И. Г. Тананаев и др. // Труды Кольского НЦ РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14, № 1. С. 15-18.
14. Логинов А.А. Оценка перспектив глубинного размещения промстоков в окрестностях Талнахского рудного узла Норильского промышленного района // Недропользование XXI век. 2022. № 2. С. 112-125.
15. Макхиджани А., Макхиджани Э. Ядерные материалы сквозь тусклое стекло. Технические и политические аспекты утилизации плутония и высокообогащенного урана. [S.l.]: IEER press, Пер. с англ., 1995. 132 с.
16. Петербургский "Спецпроект" создаст ПСД строительства подземной лаборатории Росатома в Красноярском крае (interfax-russia.ru...); Откаты нашли в отходах (kommersant.ru...); Гендиректор структуры «Росатома»: «Честно жить выгодно, но теперь я начинаю в этом сомневаться» (bfm.ru/news/534376).
17. Полеванов В.П. Природный водород // Недропользование XXI век. 2022. № 2. С. 4-11.
18. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 114-120.

**ПОДЗЕМНОЕ ХРАНЕНИЕ И ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ
ОТХОДОВ (РЕЦЕНЗИЯ НА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ ЧАСТЬ
ОБОСНОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ)**

Рассмотрены горно-геологические материалы по площадке строительства подземного хранилища радиоактивных отходов. Опубликованные Росатомом горно-геологические материалы показывают потенциальную возможность контролируемого временного хранения РАО в существующих подземных выработках Железногорска. Начальную стадию обоснования объекта предложено выполнять на базе Закона «О недрах». Высказано мнение о недопустимости превращения временного хранилища в пункт постоянного захоронения радиоактивных отходов. Прежде всего, по фактору возможного их затопления. Необходимо применить рассмотренные материалы также при обосновании федерального пункта глубинного захоронения РАО.

Ключевые слова: геология, подземное строительство, радиоактивные отходы, безопасность, подземная гидросфера, Енисей.

V.N. Komlev
Apatity, Russia

**UNDERGROUND STORAGE AND DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE
(REVIEW FOR THE MINING AND GEOLOGICAL PART OF THE
FEASIBILITY STUDY FOR THE CONSTRUCTION OF AN
UNDERGROUND RADIOACTIVE WASTE STORAGE FACILITY)**

Mining and geological materials for the construction site of an underground radioactive waste storage facility were reviewed. Mining and geological materials published by Rosatom show the potential for controlled temporary storage of radioactive waste in existing underground mines in Zheleznogorsk. It is proposed to carry out the initial stage of justification for the object on the basis of the Law "On Subsoil". The opinion was expressed that it is inadmissible to transform a temporary storage facility into a permanent disposal site for radioactive waste. First of all, due to the factor of their possible flooding. It is also necessary to apply the considered materials when justifying the federal deep disposal facility for radioactive waste.

Keywords: geology, underground construction, radioactive waste, safety, underground hydrosphere, Yenisei.

Введение

В ЗАТО Железногорск Красноярского края планируют построить хранилище радиоактивных отходов (РАО) второго класса опасности. Предполагается, что хранилище будет расположено на промышленной территории горно-химического комбината (ФГУП «ГХК») в скальном массиве Атамановского хребта, на берегу Енисея.

Цель – обеспечение хранения РАО второго класса на площадке ГХК в объемах, обеспечивающих потребности предприятия до момента готовности национального оператора по обращению с РАО (ФГУП «НО РАО») принимать эти отходы для окончательного захоронения.

Планируемый объект использования атомной энергии (ОИАЭ) и недр на срок до 30 лет войдет в состав контролируемого и обслуживаемого подземного комплекса ГХК. Так временно хранить эти отходы – неплохое, по всей видимости, решение. Это шаг в правильном направлении. Далее логично их захоронение в подземном комплексе Краснокаменска. Согласно научной идее академика Н.П. Лаверова и др. (ИГЕМ РАН) и техническим предложениям ПАО «ППГХО» [3], принятым ФГУП «НО РАО» [4]. Или в выводимых из эксплуатации рудниках ПАО «Норильский никель» (<https://proza.ru/2019/08/15/624>).

Общественности предлагается широко и детально обсудить материалы обоснования лицензии (МОЛ) Ростехнадзора (16.07.2024, www.admk26.ru/administratsiya/informatsiya/2024/) на осуществление деятельности «Создание на ФГУП «ГХК» хранилища РАО второго класса (г. Железногорск, Красноярский край)» (<https://o-v-o-s.ru/24/35134>). Общественные обсуждения в форме опроса 17.07.2024 - 19.08.2024, https://sibghk.ru/phr/view?id=263&pathToBack=phr%2Findex%3Fid_category%3D24; <https://bezrao.ru/n/7863>. Настоящая рецензия как раз и является откликом на государственной важности просьбу к разным (!) профессиональным аудиториям и населению рассмотреть МОЛ – публичные материалы открытого доступа и в письменном виде предоставить индивидуальные замечания и предложения.

МОЛ рекомендуются к самостоятельному внимательному изучению в связи с подземными (пользование недрами) проблемами не только хранения, но и захоронения твердых и жидких РАО, а также из-за объективно усложненного нормативно-правового регулирования (Ростехнадзор и Роснедра) обращения с РАО применительно к соседним подземным ОИАЭ (<https://proza.ru/2023/06/16/625>; <https://proza.ru/2023/10/27/1173>). Это принципиально важное новое обстоятельство территории ядерно-космического кластера (ГХК, АО «РЕШЕТНЁВ» и ФГУП «НО РАО»). Документ содержит информацию для понимания условий сосуществования в промышленной зоне Железногорска совокупности разных (включая оборонные) наземных и подземных объектов. А также – для понимания условий и последствий соседства в промышленной зоне и вблизи нее разного генезиса геологических формаций (метаморфических гнейсов основного состава, магматических гранитов кислого состава и осадочных пород Западно-Сибирской равнины/Западно-Сибирского артезианского бассейна).

История документа

В 2022-2023 годах были подготовлены Книга 1 и Книга 2, ОВОС, тома 1 и 2 (приложения). После отрицательного заключения по ним государственной

экологической экспертизы от 28.02.2024 №310/ГЭЭ – в 2024 году Книга 2, ОВОС, том 3 Дополнительные материалы.

Общими усилиями авторов МОЛ и экспертов ГЭЭ, совершенно уместно, приведены/обобщены (переломное событие!) важные и обязательные в данном случае материалы по геологии, гидрологии и гидрогеологии (суммарным объемом более 100 с.), полученные на этапах строительства и эксплуатации уникального подземного комплекса ГХК, а также специальных натурных исследований в разные годы с применением скважин бурением с земной поверхности и из горных выработок.

Замечания и предложения

Имеют место следующие замечания и предложения к документу на хранилище РАО второго класса (РАО-2):

1) плохое качество некоторых скопированных карт в тексте и приложений (например, книга 2, том 2, с. 176-178);

2) лицензия на эксплуатацию пункта хранения РВ (радиоактивных веществ) просрочена (книга 2, том 2, с. 159);

3) справка о полезных ископаемых просрочена (книга 2, том 2, с. 355);

4) необходимо показать взаимоположение санитарно-защитной зоны хранилища РАО-2, площадки строящегося федерального пункта глубинного/геологического захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО) и горного отвода для ПГЗРО;

5) необходимо обосновать и оформить создание подземного хранилища РАО-2, т.е. Пользование недрами промышленной территории Железногорска, с позиций выполнения закона «о недрах», который содержит правовые и экономические основы комплексного рационального использования и охраны недр. В частности, предположительно, с позиций его статей 1, 2.1, 3 (п. 5 и 9), 6 (п. 2 и 4), 7, 8, 10.1, 11, 12, 12.1, 22, 23, 24, 27, 29 и некоторых других. Обращение к вопросам недропользования коррелирует с подходом ГЭЭ с позиций рационального использования и охраны недр (книга 2, том 3), а также – с обилием геологических материалов в рассматриваемом документе. Иными словами, нужна опережающая лицензия на то или иное пользование недрами: для геологического изучения и оценки пригодности участка недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений (хранилища РАО-2), не связанных с добычей полезных ископаемых, и/или для собственно строительства и эксплуатации хранилища РАО-2. Такая лицензия предусмотрена и процедурой Производственного экологического контроля недр (книга 2, том 3, с. 148). А пока от Роснедр (регулятор недропользования) вряд ли обозначено наличие лицензии или вообще каких-либо разрешительных/признающих недр пригодными для заявляемой деятельности документов (например, протокол ГКЗ - Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых).

Гидросфера системы «массив – выработки»

Приведем некоторые гидрогеологические данные, как пример характеристики первых 300 м массива гнейсов промышленной территории

Железногорска. Водоносный комплекс гнейсов вмещает подземный комплекс ГХК. Глубина залегания трещинных вод колеблется от 1,85 до 59 м. Нижняя граница распространения трещинных вод определяется зоной усиленной трещиноватости гнейсов и равна, в среднем, 70 метрам. Ниже глубины 70-80 метров гнейсы считаются практически безводными. Наблюдаемый капёж в выработках на более глубоких горизонтах приурочен к участкам сильной трещиноватости, контакта даек с вмещающими породами или, в основном, к тектоническим зонам (книга 2, том 1, с. 53).

При проходке скважин фиксировали различной интенсивности поглощение промывочной жидкости и участки низкого выхода керна. Отмечено, что зоны дробления и рассланцевания секут весь массив с глубины 50,5 м до глубины 280,0 м и поэтому могут играть существенную роль в обводнении нижних горизонтов массива. Судя по количеству поглощаемой жидкости, в интервале 50,5-62,5 м по скв. № 018 и в интервале 73-96 м по скв. № 023 порядка 0,9-1,0 л/сек и более, зоны дробления выполняют роль коллекторов трещинно-жильных вод. (книга 2, том 1, с. 56, 57, 58).

Отмечена также роль шахтных стволов как коллекторов воды из массива (там же, с. 59). Анализ распределения объемов вод, поступающих в горные выработки на всей площади подземного комплекса ГХК показывает, что основные объемы вод поступают по закрепному пространству шахтных стволов и из зоны рассланцевания (с. 66). При подсечке зоны дробления шахтным стволом 301 величина водопритока составила 206,0 м³/сут (книга 2, том 3, с. 30).

Несомненный интерес представляет исходная, для широкого спектра инженерно-геологических условий, сводка опытных натурных данных (раздел 7.7 «Оценка фильтрационных параметров предполагаемых геологических зон распространения загрязнения», книга 2, том 1, с. 60-64). Масса определений коэффициента фильтрации и других параметров применительно к условиям, процессам и каналам фильтрации реального горно-геологического объекта (неоднородное природное геологическое строение рассматриваемого массива пород, гнейсовые породы разбиты дайками диабазов, зоны дробления и зоны рассланцевания, тектонические разрывные нарушения, зоны техногенной трещиноватости закрепного пространства горных выработок и шахтных стволов, искусственные неоднородности/пустоты скального массива - законтурное пространство горных выработок). Весьма познавательны интегральные оценки. Например, величина суммарного водопритока по всей площади горных выработок равна ~72,5 м³/сут. Обозначены технологические приемы осушения. Наличие водоотводящих тоннелей и зумпфов, расположенных ниже горизонта горных выработок, способствует снижению уровня воды в них, таким образом, почти весь водоприток, в закрепное пространство горных выработок, дренируется водоотводящими тоннелями и зумпфами.

Материалы моделирования раздела 7.7, которые соответствуют условиям «консервация объекта» и «10 000 лет», здесь не рассматриваем, так как они не относятся напрямую к задаче создания хранилища РАО-2 на 30 лет. Тем более,

что не все опасности затопления упаковок с РАО (например, при аварии или консервации объекта) моделированием учтены – это коррелирует с замечанием 3 (возможно, также с замечаниями 4, 5 и 6) ГЭЭ (книга 2, том 3, введение и стр. 149, 150).

Гидрогеологический мониторинг подземных выработок ГХК включает измерение службой главного геолога объема притока грунтовых вод за период времени (книга 2, том 3, с. 145). Изученность участка работ (там же, разделы 1.1 и 1.3.4) в целом неплохая. К настоящему времени сформирован банк данных, включающий в себя результаты многолетних наблюдений за величинами водоприток в выработки и замеры уровня подземных вод по скважинам режимной сети (там же, с. 12). Среди вскрытых участков горного массива в 10 % выработок (от их общей протяженности) наблюдались водоприток (капез, влажность), что соизмеримо с объемом в горном массиве зон разрывных нарушений (там же, с. 33). Полученные в результате опытных работ значения коэффициента фильтрации колеблются по скважинам 1962 г. от 0,004 до 0,09 м/сут, в 2014-2015 г. от 0,009 до 0,32 м/сут, по данным изысканий 2022 года от 0,008 до 0,056 м/сут. Можно сделать вывод, что больших изменений за прошедший период времени (почти 70 лет) в гидродинамическом режиме горного массива не произошло (там же, с. 34). Необходимо заметить, что приведенные значения отражают не самый лучший уровень качества массива, предназначенного для изоляции РАО. Например, международным проектом NUCRUS 95410 критерием пассивной защиты для ПГЗРО Северо-Запада России было принято условие по коэффициенту фильтрации менее 0,001 м/сут [7].

Таким образом, в диапазоне глубин до 300 м массив гнейсов явно не соответствует бытовавшей публичной для Енисейского проекта характеристике «километры на километры без трещин и воды». В настоящее время достаточно подробные геологические материалы по этой части не только обнародованы, но и позиционированы (пожалуй, впервые по-настоящему) как объект/предмет открытого обсуждения.

Есть мнение. Наибольшая опасность связана с фактором воды. Подземные воды должны как можно меньше или совсем не проникать в объект, их коэффициент фильтрации должен быть минимальным (сайт ПРОАтом от 09.08.2024, «Наша задача — максимально обезопасить ядерные отходы»). Мнение о пригодности/непригодности сочетания гидрогеологической обстановки, технических особенностей и условий жизненного цикла подземных объектов промышленной территории таково.

1. Применительно к созданию хранилища РАО-2.

Сочетание пригодно. Горно-геологическая служба ГХК и геотехнические системы дренажа 60 лет успешно демпфировали неприятности. И последующие 60 лет удержат ситуацию. Если строительство второго крупного подземного объекта в недрах той же промышленной территории – ПГЗРО не приведет к непредсказуемому ухудшению общей горно-геологической обстановки.

2. Применительно к созданию ПГЗРО (в том числе, федерального на участке «Енисейский» так называемого Нижнеканского массива).

Непригодно. Захоронение РАО должно пассивными средствами обеспечить безопасность сотни тысяч и до миллиона лет при полной автономности ПГЗРО после его строительства и заполнения радиоактивными упаковками. Целевой горизонт после консервации объекта, вероятно, будет затоплен (как и подземный комплекс ГХК после ухода оттуда людей). Прежде всего, по вертикальным стволам-коллекторам. Неоднородная забутовка внутреннего свободного пространства стволов и горизонтальных выработок с готовой бетонной обделкой измельченным/гранулированным природным бентонитом не поможет. Это не есть медленный природный процесс качественного осадконакопления без структурных дефектов слоя глины на больших свободных морских акваториях. Бентонит в контакте с динамично дренирующей природной водой и продуктами встречного массопереноса от упаковок РАО, локально прогреваемый и облучаемый, вряд ли сохранит требуемое время себя и свои гидроизолирующие свойства. Кроме того, в закрепном пространстве бентонита не будет (разместить его там нельзя по технологии подземного строительства). Срок сохранности бетонной/железобетонной обделки/крепи выработок без ее и дренажной системы предприятия обслуживания, контроля и ремонта (а также без периодического уточнения на основе скважинных исследований гидродинамического режима горного массива в ближней зоне выработок) не превысит 100-150 лет. Вне зон условной гидроизоляции бентонитом внутренних участков выработок, в бетоне крепи возникнут дополнительные эффективные каналы поступления воды в ПГЗРО, накопления её там. Процесс сбора воды из массива в выработки будет интенсифицирован. Особенно из его верхней части.

Напомним, что использование вертикальных стволов – единственный назначенный при создании федерального ПГЗРО способ вскрытия подземного пространства до целевого горизонта и доставки впоследствии туда упаковок с РАО. Это, конечно же, грубая ошибка (см. варианты Швеции, Финляндии и Китая), воспроизведенная вторично после несостоявшегося ПГЗРО на ПО «Маяк» и подспудно обусловленная теснотой на промышленных территориях (и в недрах ЗАТО Железногорск) при выборе строительной площадки по концепции «под одной крышей». Тесноту наглядно иллюстрирует рис. 2.1.1 (<http://www.ibrae.ac.ru/docs/108/dissertatsiyaineuvazhaevifinal.pdf>).

Реально объем воды в зоне захоронения по варианту атмосферных осадков значимо будут определять характеристики и неисчерпаемый ресурс вышележащих водопроводящих слоев пород, а не пород целевого интервала и назначенных («Вестник Атомпрома», № 6, 2024 г., «Безопасность — дело живое и интересное», И.И. Линге; лицензия Роснедр КРР0142223П) в 2023 г. к изучению пород «дальней/сопряженной зоны».

В диссертации Г.Д. Неуважаева (специальность 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации, соискание степени к.т.н., научный руководитель С.С. Уткин, ИБРАЭ, 2022 г. <http://www.ibrae.ac.ru/docs/108/dissertatsiyaineuvazhaevifinal.pdf>)

ресурс подземных вод применительно к участку «Енисейский» и сопряженной с ним территории (общей площадью 50,5 км²) обозначен – 23 тыс. м³/сут (табл. 5.4). В журнале «Радиоактивные отходы» ([studying_the_parameters_of_a_geological_rock_mass.pdf](#), № 4, 2022, с. 84) приведен модуль подземного стока с 1 км² равный 3,29 л/с (приблизительно 650 м³/сут) для условий, которые частично соответствуют условиям строительной площадки ПГЗРО.

В естественных условиях этот немалый ресурс разгружается в естественные дрены. При появлении искусственных пустот часть подземных вод разгружается в них. Пример - табл. 3.1: скважина 2Ц, дебит 9,5 м³/сут; скважина 7Ц, дебит 6,8 м³/сут. Позволительно дополнить материалы диссертации: появится в данном подземном пространстве ПГЗРО – появится его доля в разгрузке.

Известно, что радиоактивные отходы длительное время излучают тепло. По разным оценкам, около 200–300 лет температура их, инженерных барьеров и окружающего массива будет порядка 150–180° (ПРоАтом от 09.08.2024, «Наша задача — максимально обезопасить ядерные отходы»; или до 1000 лет по https://www.giab-online.ru/files/Data/2015/08/338-344_8_2015.pdf). Даже без подпитки из других источников, затопленный ПГЗРО быстро превратится в поставщика горячей воды и радиолитических газов. Где и как они будут распространяться в массиве (что весьма вероятно) и по выработкам ПГЗРО в настоящее время без давно назревших геохимической (прежде всего, газовой) съемки и трассерных исследований (<https://proza.ru/2023/10/27/1173>) установить нельзя.

Серьезная опасность в связи с радиолизом воды при захоронении РАО в практическом плане известна давно ([2], с. 113-115; [5], раздел «Общие подходы»). Вспомним также серию взрывов водорода на АЭС Фукусима.

Ненадежность бетона и других материалов при гидроизоляции хранилища/могильника РАО в сверхдолговременном контексте также доказана (<https://bezrao.ru/n/8002>; <https://bezrao.ru/n/7938>).

Сохранность свойств бентонита и его стабильность в модельных условиях эксплуатации глубинного захоронения на участке «Енисейский» впервые лишь начали недавно (с 2022 г., ФЦП ЯРБ-2, Обоснование выбора глинистых материалов для разработки инженерных барьеров безопасности при изоляции РАО в ПГЗРО на участке недр «Енисейский», схема скважинного варианта) оценивать на уровне экспериментов в лабораторных сосудах [6; Проект «Минеральные трансформации в мультибарьерной системе при изоляции радиоактивных отходов в геологических формациях как индикатор прогноза обеспечения безопасности захоронения», 2022-2024, <https://rscf.ru/project/22-17-00252/>]. К этому важному начинанию есть вопросы даже для рассмотренных стационарных взаимодействий бентонита с аналогом поровой воды, выщелатами бетонов и продуктами коррозии стали, вне динамики дренирующей воды и радиационных полей, при слабом соответствии

модельных условий уже заложенным в проектные решения вариантам применения бентонита.

Дополнительные обстоятельства. Во Введении приведены ссылки на официальную открытую публикацию заказчиком общественных слушаний, ГХК, в Интернете в полном объеме с печатями и подписями материалов. Обратите дополнительно внимание на архив общественных слушаний/обсуждений https://sibghk.ru/phr/index?id_category=24. Такой положительной практике публикации документов Росатома уже несколько лет. И материалы по объекту ГХК (подземное хранилище РАО-2) заказчиком обсуждений публикуются уже второй год. При этом не вызывает сомнения факт, что Росатом по определению не публикует открыто конфиденциальную информацию.

В МОЛ приведены не отвлеченные/вне строительства и эксплуатации объекта горно-геологические характеристики массива, а важные для практики и выявленные конструктивными особенностями крупного подземного комплекса за 70 лет (взаимодействие выработок, прежде всего стволов и других, имеющих непосредственный выход на земную поверхность, с горным массивом/подземной гидросферой!).

Реальный шведско-финский опыт многолетней (70 лет) гидроизоляции подземного ОИАЭ еще впереди. Возможная адаптация готовых российских материалов по промышленной территории Железногорска к осмыслению в целом/для разных мировых площадок проблемы глубинного захоронения РАО-1,2 будет, скорей всего, означать их пионерный глобальный характер. Напомним, что национальный на полную мощность ПГЗРО где-либо на Земле может появиться впервые как цивилизационный признак и новый вид недропользования именно в XXI веке. Глубокое хранилище Waste Isolation Pilot Plant (США) принимает не без проблем только часть оборонных отходов.

При нынешних подходах ФГУП «НО РАО», ИБРАЭ РАН, их партнеры и за 100 предстоящих лет ничего принципиально нового о 300 м верхней части назначенного массива в сочетании с немного смещенными по месту и до глубины 500 м выработками не получают. Принципиально новые материалы здесь могут быть получены при трассерных экспериментах (включая геохимическую съемку), которых избегают. И словесная замена гнейсов промышленной территории Железногорска на некий «Нижнеканский массив» не поможет. Дурная, между прочим, привычка – искажать геологическую информацию с самого начала, с названия объекта. Кроме того, при детальном/настоящим образом изучении пород на глубине 500 м и ниже (подошва ПГЗРО) не исключены сюрпризы уже глубинной природы, обусловленные близостью участка работ к глобальному глубинному разлому земной коры, маркируемому Енисеем.

Специалисты ИБРАЭ РАН не задумались о недопустимости возможных нарушений законодательства (прежде всего, о нарушениях появившегося при их активном участии хорошего Закона «Об обращении с РАО», а также давнего Закона «О недрах») и технических норм при реализации Енисейского проекта.

Более того, искажая нормы законодательства, делают попытки обосновать такие нарушения («Вестник Атомпрома», № 6, 2024 г., «Безопасность — дело живое и интересное», И.И. Линге).

«Нас пять лет назад определили научными руководителями работ по геологическому захоронению. Когда приступили, обнаружилось много проблем. Одна из них – законодательство в сфере недропользования регулирует правила извлечения чего-то. А захоронение в эти правила не укладывается» (с.13). «– Нельзя вести геологоразведку под объект захоронения? – Можно, но в нашем случае нужно по-другому» (с. 14).

Оба утверждения относительно правил недропользования абсолютно не соответствуют действительности.

Закон «О недрах» и практическая деятельность Роснедр охватывают не только добычу полезных ископаемых, но и подземное строительство и эксплуатацию подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, в том числе подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов (пунктов захоронения). Вести геологоразведку под объект геологического захоронения/подземного хранения РАО не «можно», а НУЖНО в обязательном порядке. Соответственно, минимум, Закону «О недрах», Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 2007 года, Методическим указаниям по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 1998 года, неоднократным рекомендациям ГКЗ (регулирует рациональное использование и охрану недр) относительно Красноярского ПГЗРО. И никакие «по-другому» не могут быть подменой.

В России принципиально новые по сравнению с участком «Енисейский» условия (без постоянного обводнения зоны захоронения вследствие атмосферных осадков, без выхода подземных вод иного генезиса на земную поверхность после возможного контакта их с РАО), то есть пригодные для полной гидроизоляции от биосферы последствий нахождения в недрах федерального ПГЗРО, можно найти на территории распространения многолетней мерзлоты. Их обеспечит сочетание условно сухого и с положительной температурой массива скальных пород на глубинах 400-600 метров с приемлемыми инженерно-геологическими свойствами (для строительства основного подземного комплекса или участка захоронения некоторых РАО-1 по аналогичной компании Deep Isolation скважинной технологии, если РАО-2 будут размещать в подземном комплексе Краснокаменска – в готовых переоборудованных выработках, как предусмотрено в немецком руднике «Конрад» на глубине около 850 метров для подавляющего, 95 % от общего, объема радиоактивных отходов страны, подлежащих захоронению, <https://bezrao.ru/n/8136>) и покрывающих многолетнемерзлых пород мощностью примерно 300 метров (для постоянной

естественной, дополнительно к временной инженерной, гидроизоляции контакта земной поверхности и недр путем самовосстановления мерзлоты в зоне выходов на земную поверхность вспомогательных/подходных выработок после размещения в ПГЗРО запланированного объема РАО и перевода объекта в стадию пассивного автономного существования).

К сожалению, уже имевшийся в 2016 г. богатый горно-геологический опыт ГХК (лишь сконцентрированный в 2023-2024 годах в МОЛ «Создание на ФГУП «ГХК» хранилища РАО второго класса») при лицензировании деятельности ФГУП «НО РАО» на промышленной территории Железногорска (протокол ГКЗ Роснедр № 4523-пс от 03-02-2016, лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД от 22-07-2016, лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 от 27-12-2016) по каким-то причинам не был применен. Такого убедительного и бесплатного для ПГЗРО опыта никто, нигде и ни от какой ПИЛ (подземной исследовательской лаборатории) не имеет и иметь не будет.

К сожалению, он не был применен и раньше, при организации всеобщего одобрения. «По результатам выполненных комплексных исследований решением ГКЗ Роснедра в апреле 2012 г. участок «Енисейский» был признан пригодным для захоронения РАО. В июле этого же года было получено положительное заключение на общественных слушаниях в ЗАТО Железногорск по созданию объекта подземного захоронения РАО на участке «Енисейский». В дальнейшем получено одобрение на заседании Гражданской ассамблеи Красноярского края» (https://memory.biblioatom.ru/persons/beygul_v_p/bio/).

Похоже, горно-геологический опыт ГХК реально/по-настоящему вообще не интересовал соседей по промышленной территории. Автор мемуаров «Обезопасить РАО» (https://memory.biblioatom.ru/persons/beygul_v_p/bio/) ранее как сотрудник ВНИИПромтехнологии выполнял исследования в подземном комплексе ГХК для обеспечения его безопасной эксплуатации, декларирует полезность знаний о нем как аналоге для проблемы ПГЗРО, принимал участие в планировании и организации проектов НИР по тематике захоронения РАО (в том числе, как научный руководитель этапов), уже в рядах ФГУП «НО РАО» курировал работы по исследованиям горно-геологических и гидрогеологических характеристик массива пород, радиационной, ядерной безопасности, созданию ПИЛ на участке «Енисейский» и по другим многочисленным направлениям.

Однако ни в мемуарах, ни в его научных статьях для всего времени существования участка «Енисейский» (с 2002 г.) конкретные горно-геологические материалы ГХК в сравнении с известными природными и прогнозируемыми техногенными условиями тех же самых гнейсов строительной площадки ПГЗРО вряд ли удастся найти. Например, в статье «Федеральный объект окончательной подземной изоляции долгоживущих РАО на Горно-химическом комбинате» сотрудники ВНИИПромтехнологии и ГХК вопреки требованиям Закона «О недрах» не привели (даже не обозначили

наряду с упомянутым ими опытом изучения прогрева ближней зоны объекта) существующие гидрогеологические материалы комбината в качестве аналога, в частности эффект обводнения нижних горизонтов массива по закрепному пространству шахтных стволов и из зон расланцевания и дробления (<https://www.atomic-energy.ru/articles/2017/01/11/23479>).

Кстати, в этой статье от 2011 г. научное обоснование ПГЗРО предлагалось проводить в свободных выработках ГХК (без отдельной ПИЛ). Видимо, при работающей системе водоотлива/дренажа. Такой же принцип обоснования заложен в дальнейшем в работу ПИЛ на участке «Енисейский». Оба варианта по фактору воды (воронка депрессии в массиве при работающей системе водоотлива и вода в контакте с упаковками РАО при неработающей) не являются отображением «жизни» ПГЗРО миллион лет на автономной/пассивной стадии обеспечения безопасности.

В статье «Уйти на глубину – проект «НО РАО» по созданию подземной исследовательской лаборатории и пункта глубинного захоронения РАО» специалисты ФГУП «НО РАО» в 2018 г. не вспоминают Закон «О недрах» и опыт ГХК, закладывая (рис. 2) в проект проходку пяти вертикальных стволов (точнее - три ствола диаметром около 6 м и две технологические скважины диаметром около 1 м) (см. также https://www.giab-online.ru/files/Data/2015/08/338-344_8_2015.pdf) на всю глубину до нижнего горизонта ПГЗРО (<https://www.atomic-energy.ru/technology/91056>).

Стратегия (<https://www.norao.ru> Стратегия.pdf) создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (2018 г.), которая по как бы утверждению авторов статьи «Уйти на глубину...» разработана ФГУП «НО РАО» (цитата: «В 2017 году специалисты, НО РАО разработали «Стратегию создания ПГЗРО» на долгосрочный период, в соответствии с международной практикой организации исследований в подземных лабораториях, а также «Стратегический мастер-план исследований», предусматривающий поэтапные исследования по 150 направлениям).

Стратегией исследования за представительный интервал времени процессов сосуществования выработок ПГЗРО и подземных вод, коррозии природных и техногенных элементов горных выработок, концентрирования воды в выработках на базе опыта ГХК и радиолитизации воды для условий после консервации объекта вряд ли чётко предусмотрены (СМП НКМ, <https://www.ibrae.ac.ru/contents/451/>). Как и знаковой/серьёзного анализа статей специалистов ИБРАЭ РАН «Оценка состояния геологической среды участка Енисейский» (Радиоактивные отходы. 2019. № 4). Неопровержимо доказанный опытом ГХК опасный процесс обводнения выработок в гнейсах через вертикальные стволы оставлен планами НИР и проектирования в случае ПГЗРО без должного внимания.

Кроме того, на высоком уровне и с помощью известного научного журналиста утверждалось: «Самое опасное... представляет вода. В глинах ее

нет, но и в гранитоидах мы ее не наблюдаем... Почему именно гранитоид? По большому счету – это большая глыба, это сплошной камень длиной около 120 километров и 70 километров в диаметре.

– Эта каменная глыба рядом?

– Да, мы на ней находимся. Да и место для Комбината было выбрано именно потому, что есть этот гранитоид. Так что опыт "взаимоотношений" у нас с ним есть» (Владимир Губарев, 15.04.2016, обновлено 19.08.2020, Путешествие в секретный город по Енисею, Pravda. Ru).

В диссертации Г.Д. Неуважаева, наиболее полной на сегодня научной работе по подземной гидросфере участка «Енисейский» и окрестностей (<http://www.ibrae.ac.ru/docs/108/dissertatsiyaineuvazhaevifinal.pdf>), оценки опыта другие. В ней, например, часто воспроизводится мысль об отсутствии полностью адекватного имеющимся экспериментальным знаниям представления о пространственной структуре и динамике потока подземных вод (стр. 54, 53, 52, 40, 37, 18), о наличии/отсутствии восходящих потоков (стр. 30, 35, 36, 52, 73, 77, 93).

В рамках научного направления «Экологическая история Сибири» большое внимание уделяют воде (например, научный проект «Пространство воды как ресурс, угроза и образ в экологической истории Севера Западной Сибири в XIX - начале XXI вв.», руководитель Гололобов Е.И.). При этом отмечают: «Совершенно недостаточно используются материалы, которые характеризуют иные точки зрения негосударственных авторов (повседневные практики различных сообществ во взаимодействии с природой, деятельность общественных организаций и т. д.). Во многом это связано с малочисленностью таких документов, либо их отсутствием» [1, с. 149].

Со временем возможно усиление радиоэкологической составляющей таких исторических исследований, поскольку по южному контуру гидрологической региональной сети существуют и наращивают свою деятельность наивысшего мирового уровня крупные ядерные комплексы России (ПО «Маяк», Сибирский химический комбинат, Горно-химический комбинат) и Казахстана (объекты на территории бывшего Семипалатинского полигона). Тогда данная и другие публикации автора могут быть полезны при пополнении корпуса исходных документов.

Выводы

Опубликованные горно-геологические материалы ГХК показывают потенциальную возможность контролируемого временного хранения РАО-2 в существующих подземных выработках. Поскольку хранилище РАО-2 будет объектом использования, как атомной энергии, так и недр, то материалы ГХК должны удовлетворять нормам Закона «О недрах». Одновременно эти материалы имеют большое значение для стадии захоронения РАО-1,2. Полученные вне влияния ФГУП «НО РАО» и ИБРАЭ РАН (без их экономического и научного руководства), они серьезно и независимо

дополняют и усиливают прежнюю аргументацию разных авторов в части опасности, например, конкретного федерального ПГЗРО в недрах промышленной территории Железногорска. Кроме того, в отношении планируемого хранилища РАО-2 в будущем никогда не должно возникать предложение о переводе его в пункт захоронения РАО второго класса на месте эксплуатации. Действующее законодательство и результаты/опыт прошлых геотехнических проектов формируют ограничения для будущих.

Существенно прояснившие ситуацию с водой материалы ГХК (которые участники Енисейского проекта и некоторые специалисты комбината как бы не знают, хотя частично она была обнародована в 2017 г., https://giab-online.ru/files/Data/2017/12/115_121_12_2017.pdf), несомненно, являясь коренными, обязательно и навечно войдут в базу исходных данных не только для хранилища РАО-2 и захоронения промышленных реакторов на месте эксплуатации, но и для федерального ПГЗРО.

Они во многом должны будут формировать будущие управленческие и проектные непререкаемые авторитетные решения. И никакие мудреные исследования в планируемой подземной исследовательской лаборатории – ПИЛ (тем более, вторичное математическое моделирование на основе их результатов) не изменят в части главных эксплуатационных характеристик основного, природного, барьера безопасности статус опубликованных материалов ГХК по взаимодействию выработок с горным массивом как готовых достижений высшего научно-технического уровня – своеобразного абсолютного действующего арбитра по важным вопросам горно-геологической, природно-техногенной обстановки.

Игнорирование с самого начала работ участниками Енисейского проекта знаний и опыта ГХК по условиям совместимости крупного подземного ОИАЭ и гидросферы массива! Что это, если не примеры некомпетентности и сокрытия критически важной для технологии глубинного захоронения РАО информации?

В конечном итоге, опубликованные материалы ГХК приобретут статус главного аргумента при лицензировании тех или иных видов пользования недрами применительно к подземному захоронению твердых РАО в горных выработках. И, естественно, эти материалы ГХК будут главным аргументом при опережающей лицензирование подготовке заключения ГКЗ о пригодности/непригодности гнейсов промышленной территории Железногорска для строительства и эксплуатации ПГЗРО. Строго соответственно виду пользования недрами, определенному статьей 6 Закона «О недрах» - «для: 4) строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, в том числе подземных сооружений для захоронения радиоактивных отходов (пунктов захоронения) ...».

Опасность устойчивого обводнения нижних горизонтов гнейсов через вертикальные стволы, неопровержимо доказанная опытом ГХК, участниками

Енисейского проекта и государственного надзора за недропользованием (Роснедра), использованием атомной энергии (Ростехнадзор), природопользованием (экологичностью промышленных проектов, ГЭЭ) при их совместной работе по ПГЗРО пока вряд ли учитывается.

Про опасность рукотворных горных выработок – «водосточных труб» (например, скважин), которые могли бы впоследствии напрямую соединить земную поверхность, верхнюю обводненную часть массива и подземные выработки, знали с самого начала геологического изучения участка «Енисейский»: «Бурение глубоких скважин на площади расположения ПГЗРО не проводилось во избежание нарушения сплошности массива, что весьма разумно с позиций долговременной и экологически безопасной изоляции РАО в недрах» (Протокол ГКЗ № 4523 от 03-02-2016, <https://yadi.sk/i/Nbvvx8zrv58tlQ>, стр. 85, приложение 6, экспертное заключение, А.А. Верчеба). Про такую особенность скважин помнили, а про схожие потенции много большего сечения стволов забыли!?

Аналогия. Опасность заколонных перетоков жидкостей и стимулирующая их коррозия цементного камня в заколонном пространстве скважин сопутствуют технологии подземного захоронения жидких РАО ГХК (А.В. Понизов. Комплексный подход к обоснованию решений по закрытию пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов. Диссертация на соискание степени к.т.н. Научный руководитель С.С. Уткин. ИБРАЭ РАН, 2022 г., 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации).

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии РБ-003-21 «Оценка долговременной безопасности пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов» (утверждено приказом Ростехнадзора от 19.03.2021 № 101) опасность стволов не учитывает (Концептуальная модель системы захоронения РАО, приложение 7, рис. 1, поступление воды в ПГЗРО через вертикальные стволы не рассматривается).

При оценке согласно требованиям разделов 1.8, 4.4, 4.5.2 приложения 3 федеральных норм и правил НП-100-17 эффекта обводнения по закрепному пространству (разгрузки в закрепное пространство воды из массива) стволов ПГЗРО нижних горизонтов массива гнейсов без опыта ГХК вряд ли можно обойтись в силу несовпадения по месту и времени существования рассматриваемых составных частей подземного ОИАЭ и ПИЛ.

Есть заложенные в проект ПГЗРО данные ВНИПИпромтехнологии по поступлению шахтных вод из водоносного горизонта глубиной до 150 м от дневной поверхности на стадии строительства (Обоснование инвестиций «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов», 2011 г., ОВОС, том 9н, арх. № А-12215, стр. 178, 185, pora.ru). Суммарный ожидаемый суточный водоприток шахтной воды в три ствола составит 360 м³.

Посмотрим, какой из регуляторов и на этот раз решится оформить положительное заключение по проекту, который, мягко говоря, не исключает с неприятными последствиями обводнение наивысшей опасности РАО в недрах центра России и промышленной территории оборонных предприятий.

Необходимая с целью защиты от воды ревизия некоторых проектных решений с позиций прогнозируемых процессов эволюции ПГЗРО и деградации материалов инженерных барьеров безопасности для непростых горно-геологических условий участка «Енисейский» обоснована и начата К.В. Мартыновым и Е. В. Захаровой (Анализ локализации и сценария эволюции ПГЗРО на участке Енисейский (Красноярский край) // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 52-62). Представляется, что пересмотру должно быть подвергнуто и безальтернативное назначение участка. Например, хорошо изученные и освоенные объемы подземного пространства Печенги – готовые выработки и массив между ними могут быть весьма пригодными для проектных решений по минимизации контакта упаковок с РАО и подземных вод (Послесловие I, <https://proza.ru/2023/11/20/1131>).

Уместен, видимо, вопрос: кто и когда из геологов и горняков – участников Енисейского проекта, их научных руководителей, а также выполнявших лицензирование работ специалистов ФГУП «НО РАО», Роснедр, Ростехнадзора и ГЭЭ ответственно объяснит: 1) прошлые недоработки в части рационального использования и охраны недр (несоответствие лучшим международным практикам в выборе/обосновании площадки и технологии строительства - при этом, несомненно, зарубежный опыт есть воплощенные в практику научно-технические рекомендации МАГАТЭ; настойчивое, систематическое и долговременное невыполнение некоторых федеральных законов, технических норм и правил, ФЦП, решений и планов; нет разведки, испытаний материалов инженерных барьеров; другие – см. статьи по федеральному ПГЗРО на сайтах *ПроАтом* и *Проза.ру*); 2) имеющее последствия (вероятно, особой важности) игнорирование горно-геологических материалов ГХК в части условий обводненности выработок; 3) необоснованное применение при лицензировании ПГЗРО внесистемных терминологии и правовой базы (в том числе, из «более легкой весовой категории» - сферы наземного хранения РАО); 4) соучастие в запуске («не последовательно, а параллельно...осваивать деньги») неподготовленной строительной стадии работ по захоронению РАО в недрах?

Участники Енисейского проекта, удобно и ложно локализовав ментально участок «Енисейский» в пределах некоего особого мифического Нижнеканского массива (тем самым, обособившись от гнейсов подземного комплекса ГХК и условий планируемого долговременного размещения в нем разных РАО), принялись «с нуля» лепить (соответственно ли действительности?) свой отдельный/местечковый горно-геологический образ гнейсов небольшой части промышленной территории Железногорска.

Объяснения будут полезны, например, в случаях:

В контексте дискуссий по таким направлениям юридической науки как «Административное право», «Государственный контроль и надзор», «Реализация и защита прав человека и гражданина», «Охрана окружающей среды», «Строительно-технические экспертизы», «Ответственность за экспертные заключения о промышленной безопасности»;

А также с точки зрения обсуждения возможности прямого применения таких норм как «КАС РФ Статья 40. Обращение в суд в целях защиты прав, свобод и законных интересов других лиц или неопределенного круга лиц», «КАС РФ Статья 219. Срок обращения с административным иском в суд», «УК РФ Статья 215. Нарушение правил безопасности при размещении, проектировании, строительстве и эксплуатации объектов атомной энергетики», «УК РФ Статья 255. Нарушение правил охраны и использования недр при проектировании, размещении, строительстве, вводе в эксплуатацию и эксплуатации горнодобывающих предприятий или подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых», «УК РФ Статья 293. Халатность», «УК РФ Статья 285.1. Нецелевое расходование бюджетных средств», Постановление Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 30 ноября 2017 г. N 49 «О некоторых вопросах применения законодательства о возмещении вреда, причиненного окружающей среде, пункт 28» и других.

Полезно было бы, кроме того, ФГУП «НО РАО» и ИБРАЭ РАН незамедлительно в период мирового угрожающего развития военно-политической обстановки удалить с участка «Енисейский», чтобы не портить недра промышленной территории и не осложнять работу ГХК и АО «РЕШЕТНЁВ» вряд ли допустимым соседством. Оно обозначено в работах: Д.А. Озерский и др., Радиоактивные отходы, 2022, № 4, рис. 1; рис. 2.1.1, <http://www.ibrae.ac.ru/docs/108/dissertatsiyaineuvazhaevifinal.pdf>. Дополнительно – Статья 8. Ограничения и запреты пользования недрами Закона «О недрах», <https://proza.ru/2023/11/20/1131>, <https://proza.ru/2023/06/16/625>.

Как некий функционально единственный, исключительный/фантастический/уникальный вариант для общемировой науки – опережающий российский вклад (для убедительного показа всем, как нельзя «выбирать» площадку геологического захоронения РАО и ОЯТ – миссия Енисейского проекта), но не для создания ПГЗРО на участке «Енисейский», можно и нужно, вероятно, было бы предположить, понять и принять, что наилучшая, уже внесшая весомый результат (опыт эксплуатации ОИАЭ), ПИЛ для гнейсов промышленной территории Железногорска – это ПИЛ в составе подземного комплекса ГХК здесь, сейчас и рядом в сочетании с многофакторным изучением недр глубоких горизонтов на стыке разных формаций земной коры.

Вступивший в 2024 г. в должность генерального директора ФГУП «НО РАО» С.А. Дерябин совершенно справедливо среди трех основных критериев

выбора площадок для пунктов захоронения РАО первыми назвал (26 сентября 2024, <https://www.norao.ru/press/interview/6928/>) гидрогеологические свойства площадки. При этом в интервью о планах по развитию Национального оператора не упоминаются ПИЛ, ПГЗРО, участок «Енисейский» и Железногорск.

Библиографический список

1. Гололобов Е.И. Проблемы водопользования на Севере Западной Сибири по материалам Фонда № 51 «Сургутский городской комитет народного контроля» муниципального архива города Сургута // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2024. № (3(90)) С. 140-150.
2. Конухин В.П., Комлев В.Н. Ядерные технологии и экосфера. Апатиты, 1995. 339 с.
3. Кузьмин Е.В., Калакуцкий А.В., Морозов А.А. Технология захоронения радиоактивных отходов в пространстве подземных рудников // Радиоактивные отходы. 2021. № 2 (15). С. 49-62.
4. Кузьмин Е.В., Маянов Е.П., Игин И.М. и др. Обоснование параметров технологии захоронения РАО 2 и 3 классов в пространстве подземных рудников ПАО «ППГХО» // Радиоактивные отходы. 2022. № 1 (18). С. 62-76.
5. Мельников Н.Н, Конухин В.П., Комлев В.Н. Материалы на основе минерального и техногенного сырья в инженерных барьерах для изоляции радиоактивных отходов. Апатиты. 1998. 94 с.
6. Морозов И.А. Преобразования бентонитовых барьерных систем в модельных условиях глубинного захоронения радиоактивных отходов / Автореферат дис. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. Москва. 2024.
7. Melnikov N.N., Konukhin V.P., Komlev V.N. et al. Improvement of the Safety of Radioactive Waste Management in the North West Region of Russia. Disposal of Radioactive Waste. TACIS Project. NUCRUS 95410. Task 3.Report. Apatity - Orlean, Russian Federation - France, 1998. 270 p.

СИСТЕМНОСТЬ И УНИКАЛЬНАЯ ЗАДАЧА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ (РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ)

Выполнен анализ монографии «Захоронение РАО на участке Енисейский в Красноярском крае: история выбора площадки и современное состояние исследований». Показаны её положительные и отрицательные стороны. Анализ может быть полезен для специалистов, создающих пункты глубинного захоронения радиоактивных отходов, как в России, так и за рубежом.

Ключевые слова: геология, подземное строительство, радиоактивные отходы, безопасность, Енисей.

V.N. Komlev
Apatity, Russia

SYSTEMATICITY AND UNIQUE TASK OF SUBSOIL MANAGEMENT (REVIEW OF THE MONOGRAPH)

The monograph "Radioactive Waste Disposal at the Yeniseisky Site in Krasnoyarsk Krai: History of Site Selection and Current State of Research" is analyzed. Its positive and negative aspects are shown. The analysis may be useful for specialists creating deep disposal sites for radioactive waste both in Russia and abroad.

Keywords: geology, underground construction, radioactive waste, safety, Yenisei.

Введение

В рецензии приведены цитаты из давно обещанной авторами и ожидаемой российскими и зарубежными специалистами монографии «Захоронение РАО на участке Енисейский в Красноярском крае: история выбора площадки и современное состояние исследований» (М.: Наука, 2024, 368 с., ответственные редакторы доктор геолого-минералогических наук Б.Т. Кочкин и доктор технических наук И.И. Линге, [1], <https://www.ibrae.ac.ru/pubtext/268/>), комментарии к ним и обобщения без прямого цитирования. Книга, безусловно, заслуживает внимания с разных точек зрения.

Анализ текста

1. «Реферат. В монографии системно изложена последовательность выбора участка Енисейский. Показано, что выбор участка Енисейский обусловлен не только широкой совокупностью свойств геологической среды, определяющей его приемлемость для размещения ПГЗРО (пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов), но также социальными и

экономическими факторами. В завершение очерчены остающиеся неопределенности и пути их устранения в ходе дальнейших исследований в контексте оценки долговременной безопасности захоронения РАО в соответствии с действующими законами и нормативными документами».

Комментарий. Захоронение / ПГЗРО представлены как данность. Подземная исследовательская лаборатория (ПИЛ) не упоминается. «Последовательность выбора участка Енисейский», «Выбор участка Енисейский», «Очерчены остающиеся неопределенности» и «Оценка долговременной безопасности захоронения РАО в соответствии с действующими законами и нормативными документами» - трудно обнаружить их соответствие действительности.

С учетом еще только поставленного в 2024 г. стратегической отраслевой программой «Развитие радиохимического направления» множества задач в контексте планирования основных будущих поставщиков отходов для ПГЗРО: «разработка роботизированных технологий, оборудования и методов аналитического контроля эффективной переработки ОЯТ (отработавшее ядерное топливо) и обращения со всеми продуктами переработки», «сокращение объема высокоактивных отходов, подлежащих глубинному захоронению», «разработка ТЗ и проектной документации на создание заводов по переработке ОЯТ»,... «обоснование безопасности хранения/захоронения РАО», «подготовка квалифицированного персонала в области радиохимии» (Радиохимия в приоритетах, Информационное агентство «ПРОАтом», 20.03.2025).

В какой мере сейчас, при объективно высокой неопределенности результатов запланированных до стадии захоронения РАО приоритетных работ, именно и к тому же небезопасный Енисейский проект актуален, соответствует действительности и гармонирует со взглядами Росатома на будущее? В том числе тому, что геологическое захоронение РАО... «во многих странах рассматривается не как реальная задача ближайших лет, а как перспективная технология, отражающая понимание значимости потенциальных экологических проблем и приоритетного отношения к вопросам долговременной безопасности» (стр.13 монографии) И тому, что «очевидным становится и необходимость более общего согласования этапов развития ядерных технологий в целом и формирования системы захоронения» (стр. 17).

2. В названии монографии в контексте настоящего времени и в понимании авторов применены термины «захоронение», «история» и «состояние исследований». Термины, естественно, в тексте адаптированы к проблеме федерального ПГЗРО. Некоторые оттенки ситуации в связи с как бы объективно и полно раскрытой и как бы оптимальной данностью изложены публично, письменно и во многих документах другими ранее. Они в явном виде не отражены в монографии, как и ответы на многочисленные вопросы (заданные, в основном, на базе норм Закона «О недрах»), хотя в тексте следы корректировки прежних отдельных откровенно ошибочных утверждений участников Енисейского проекта чувствуются. Интересующиеся другую

информацию найдут самостоятельно или с помощью, например, <https://proza.ru/2017/06/29/1002>; <https://proza.ru/2023/11/20/1131>.

3. «Комплексно ранняя история геологических исследований в России с целью выбора района размещения геологического объекта захоронения РАО, объединяющая в полном объеме все изученные ранее территории вместе, представлена впервые именно в данной монографии» (с. 357).

Комментарий. Важное свидетельство. Впервые! Просто вспомнили. Однако, ни к моменту появления участка «Енисейский» в качестве основного (2002-2008 годы), ни в монографии не было и нет прямого, с учетом возможности раздельного захоронения РАО категорий 1 и 2, на базе других обстоятельств того или нынешнего времени (законодательство, объем РАО, геология, логистика, безопасность и прочее), сравнения районов и участков для выбора приоритетного.

4. «В начале 2000-х гг. финансирование проектов на Кольском полуострове было прекращено в связи с изменениями в политике и планах Минатома России в отношении обращения с ОЯТ и РАО» (стр. 80).

Комментарий. Примерно такими же формулировками заканчиваются в монографии и другие разделы по истории «выбора» приоритетного российского района и участка.

5. Блок исследований «Вода» - исходные материалы:

Участок «Форсмарк», Швеция. Концептуальная гидрогеологическая модель массива без связи с ПГЗРО имеется.

Участок «Олкилуото», Финляндия. Концептуальная гидрогеологическая модель массива без связи с ПГЗРО имеется.

Участок «Синьчан», Китай. Плоскогорье в пустыне Гоби. Гидравлическая проводимость пород ниже, чем на площадках Швеции и Финляндии. УСЛОВИЕ (В.К., сравните с участком «Енисейский»!): вне участков существующих подземных инженерных сооружений, которые могли бы обеспечить каналы для миграции радионуклидов.

Участок «Енисейский», Россия. Концептуальная гидрогеологическая модель массива без связи с ПГЗРО и выработками ГХК (Горно-химический комбинат, Железногорск, Красноярский край) имеется.

ГХК, Россия. Комплексные исследования по установлению взаимосвязи поверхностных и подземных вод (эксперимент № 3.2). Влияние эксплуатации подземных сооружений на изменение гидродинамических условий массива дальней зоны выработок (эксперимент № 3.3). Гидродинамический режим массива на пунктах замеров водопритоков (архивные документы, эксперимент № 3.4). Разовые радиационные эксперименты с поступающей в выработки водой (эксперимент № 4).

Комментарий. Научных моделей гидросферы массивов много. Научные модели гидросферы совокупной системы «массив-подземные сооружения» отсутствуют. Текущие локальные экспериментальные оценки (для ГХК) гидросферы законтурного массива/ближней зоны выработок, а также их дальней зоны имеются. Практически важные долговременные прогнозы

объемов и динамики поступления воды в ПГЗРО после его закрытия с учетом деградации крепи выработок во всех случаях отсутствуют.

Да, в монографии много научных международных моделей и обобщений. Но, все же, *ни слова нет о реальной серьезной угрозе, которая может обнулить полезность оценок безопасности*. Недостающая информация для ключевых прогнозов изложена не здесь и не участниками енисейского проекта, а российскими специалистами-практиками ГХК в связи с конкретной производственной необходимостью комбината (2023 г. и 2024 г., <https://proza.ru/2024/10/04/28>).

Письмом от 24.07.2024 в адрес организаторов слушаний по материалам обоснования лицензии на создание подземного хранилища РАО-2 в Железногорске была отправлена рецензия на горно-геологические материалы (Анализ материалов обоснования лицензии – предварительных материалов ОВОС). В сентябре-декабре 2024 г. она была опубликована в ряде изданий. Вероятно, это обусловило всплеск интереса участников Енисейского проекта к практическим/технологическим вопросам строительства и ПГЗРО – четыре статьи в № 1 за 2025 г. журнала «Радиоактивные отходы» (вскрытие целевого горизонта, крепление/укрепление выработок, проникновение осадков в массив и изучение контакта бетона и пород в подземных выработках комбината). Главная, как представляется, причина всплеска (эффект водосточных труб в материалах ГХК) не обозначена. Однако после добротного рассмотрения других (зарубежных) обстоятельств сообщается ([2], стр. 65), что для условий участка «Енисейский» проходка технологического ствола отложена на последующие этапы реализации проекта в связи с наличием неопределенностей и прорабатывается вопрос о альтернативном спиралевидном подходе к горизонту захоронения РАО.

И еще. ПГЗРО Швеции и Финляндии – массив под дном Балтийского моря. Видимо, есть надежда, что из ПГЗРО при его потенциальном обводнении вода вверх к земной поверхности не пойдет. А под дном моря люди населенные пункты в обозримом будущем строить не будут. В этом, на мой взгляд, вкратце вся суть шведско-финского подхода.

6. В монографии оставлены без должного внимания российские предложения по захоронению РАО ядерно-взрывной технологией, а также с использованием для создания ПГЗРО готовых подземных комплексов ПАО «ППГХО» (Краснокаменск) [3], ПАО «Норильский никель» или прилегающих к ним участков. Геологическая обстановка этих вариантов изучена и может быть доизучена кратно лучше участка «Енисейский». При этом монография изобилует справедливыми утверждениями о недостаточном знании недр на разных уровнях и по разным отраслям ГИН (геологическое изучение недр) для рекомендуемого участка, пожеланиями и обещаниями эту ситуацию для корректной оценки безопасности исправить (лишь отдельные примеры: страницы 177, 220, 230, 242, 244, 245, 249, 254, 258, 260, 271, 275, 288, 297, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 336, 339, 342, 343, 346, 348, 350, 359, 360, 361). Хотелось бы, конечно, наряду с фото страницы 60 и статьи atomic-

energy.ru/photo/139371 поближе увидеть аналогично представленный и российский керн хорошего качества.

Применительно к Норильскому промышленному району (или шире – по Таймыру) ситуация может быть оперативно поправлена. Участники Енисейского проекта от Красноярскгеологии, Железногорских филиалов ИБРАЭ РАН и ФГУП «НО РАО» должны первоначально для этого внимательно ознакомиться с соответствующими геологическими материалами разной степени детальности Красноярского филиала ФБУ «ТФГИ по Сибирскому федеральному округу». Прежде всего, с материалами по вмещающим / безрудным породам, изученным попутно при разведке и эксплуатации медно-никелевых месторождений.

Есть надежда продуктивно поискать хорошие блоки пород, ориентируясь на глубокие горизонты рудников. «В целом, мощность подмерзлотного водоносного комплекса не превышает 300-500 м, ниже по разрезу подземные воды практически отсутствуют. Это подтверждено бурением многочисленных скважин и, особенно, проходкой горных выработок на медно-никелевых месторождениях Норильска и Талнаха». Цитата из «Географо-геологического очерка по Норильскому промрайону: физико-географические, климатические, геоморфологические, геологические, гидрогеологические и геокриологические условия» (<https://yakovlevao.narod.ru/Science.htm>). Первоисточник: А.О. Яковлев и др. Отчет «Гидрогеологические исследования на Талнахском и Ергалахском месторождениях подземных вод с переоценкой запасов на участках действующих водозаборов (по состоянию на 01.01.97)», Норильск, АО "Норильский комбинат", 1997 г.

Новый район находится в том же административном образовании – Красноярском крае, что и участок «Енисейский». Севморпуть и реки Тобол, Иртыш, Томь, Обь, Енисей, а также водные пути Европейской части России с выходом в Белое море обеспечат надежную транспортную связь с основными ядерными регионами страны. И с другими странами при необходимости. Важным при этом является также исключение необходимости опасных перевозок РАО 1 класса по Транссибу через Красноярск. Наличие многолетней мерзлоты идейно/методологически свяжет Таймыр с самым первым и не имеющим зарубежных национальных аналогов российским проектом ПГЗРО (Новая Земля). Перечисленные обстоятельства будут способствовать не только логически понятной, с высокой преемственностью деталей/наработанного опыта и менее болезненной корректировке планов, но и повышению безопасности ПГЗРО, а также Транссиба.

7. Сообщается (с. 7, рис. 1), что есть совместно с правом размещать и сооружать ПГЗРО некое право пользования недрами от 2016 г. Согласно Закону «О недрах» абстрактного права пользования недрами вне норм законодательства не бывает. Иное неконкретное утверждение в первый раз может быть ошибкой. На нее многократно участникам Енисейского проекта было указано. После этого много лет продолжать публично, без указания конкретной лицензии, утверждать про право на недропользование и

выстраивать от него всю дальнейшую последовательность документов, наземных и подземных работ – это уже не ошибка. Нельзя признать просто ошибкой и отсутствие в Истории проекта создания ПГЗРО (рис. 1) Декларации о намерениях от 2002 г. (ДОН-2002) – важного документа, завершившего отдельный самостоятельный этап начала работ в Красноярском крае.

8. Стр. 23. «В России требования к выбору места для будущего хранилища впервые были официально закреплены в 2004 г. [29] и актуализированы в 2014 г. [30]». Ссылки на нормы и правила Росатома/Ростехнадзора.

Комментарий. Цитата не соответствует действительности. Впервые – Закон «О недрах» (1992) и Методические указания по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 1998 года.

9. Стр. 38. «Совокупность геологических критериев при выборе площадок для окончательной изоляции РАО утверждена в нормативных документах Российской Федерации (в первую очередь [30] и [69])». Ссылки на нормы и правила Росатома/Ростехнадзора и Закон «Об использовании атомной энергии».

Комментарий. Цитата не соответствует действительности. В первую очередь – Закон «О недрах» (1992), Методические указания по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 1998 года и Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 2007 года.

Игнорирование приоритета этого закона и его подзаконных актов – причина многих принципиальных ошибок лицензирования ПГЗРО.

10. В монографии по делу изложено много правильных методических вариантов выбора площадки. И разных международных обстоятельств этого. И, да, авторы обошлись без необоснованных и неумеренных «восхищенных впечатлений» в части одномоментно ставшего приоритетным участка. Но для российского ПГЗРО, к сожалению, выбора, по моему мнению, не было. По крайней мере, процесс и его профессиональные, важные для будущего бытия страны, детали не обозначались публично. Реального влияния этот поздний обзор на Енисейский проект не оказал. Не было сравнения впервые размещенных в монографии всего лишь для ознакомления альтернатив «До», а не формальных и выхолощенных попыток «После». Практически отсутствовала / была слаба ориентация на Закон «О недрах». Не возникали варианты решения проблемы при той же цели – ликвидировать «ядерное наследие» и обеспечить ЗЯТЦ (замкнутый ядерный топливный цикл) недостающим звеном. Долго пришлось уговаривать на разведку участка «Енисейский». До сих пор не удалось уговорить на геохимическую съемку (аналогично работам И.С. Копылова и М.В. Чусова, ОАО Енисейнефтегаз, по гранитоидам Нижнеканского массива еще в прошлом веке [4, 5]) и трассерные исследования. Полновесно не учитывали горно-геологический опыт ГХК. Прежде всего,

гидрогеологический. Потеряли время и деньги. Рисуем потерять качество и безопасность.

11. Сообщается (с. 7, рис. 1): “Уточнение «Декларации о намерениях»” (2008 г.).

Комментарий. Вряд ли переход от ДОН-2002 к ДОН-2008 можно назвать уточнением.

Было выполнено принципиальное изменение. Перешли на новый геологический объект: с Нижнеканского магматического массива гранитов на гнейсы Енисейского метаморфического комплекса (с. 99-101 и 112 монографии). С участков в относительной глуши на участок производственной территории оборонного ЗАТО. Гораздо ближе к Енисею. В переходную зону к юрским отложениям Западной Сибири. Однако, обоснованность резкого перехода в период 2002/2003 годов на другой геологический объект вряд ли надежно доказана. Тем более, перехода на фактически неисследованный к 2002 г. бурением участок «Енисейский» от прошедшего накануне необходимый этап предварительного утверждения участка по ДОН-2002.

Напомним. В конце 2002 года была утверждена «Декларация о намерениях» (ДОН-2002) относительно строительства первой очереди ПГЗРО вне промышленной территории Железногорска и участка «Енисейский» как результат серьезной пионерной для Красноярского края длительной открытой работы ряда организаций во главе с Радиевым институтом (с. 47, Труды-РИ_том-11.pdf; история РИ, 2001 год; см. также Юрий Чувашев, интервью генерального директора ГХК Василия Жидкова, Независимая газета от 30.10.2001) по отдельной госпрограмме.

Каким именно от 2002/2003 года официальным документом при сравнении с материалами Радиевого института применительно к готовившемуся с зарубежной помощью и в дальнейшие годы активно обсуждаемому на международном уровне гражданскому объекту - федеральному ПГЗРО был разрешен и какими причинами был обусловлен резкий переход к работам на участке «Енисейский»?

На рубеже 2002/2003 года произошли также разительные организационные изменения применительно к ПГЗРО: повышен статус объекта до федерального, заменены руководитель и основные исполнители, возникший из небытия участок «Енисейский» стал первым и единственным в перечне потенциальных российских площадок. Хотя на карте района работ от 2001 г. (История Радиевого института, 2001 год) участок «Енисейский» не обозначен.

Одновременно, похоже, возникли и продолжаются разговоры о возможном будущем международном статусе Красноярского ПГЗРО. Лишь несколько примеров: конференции МАГАТЭ в Москве «Обращение с облученным ядерным топливом: новые инициативы России – 2002» и «Многосторонние технические и организационные подходы к ядерному топливному циклу для укрепления режима нераспространения - 2005»; разделы 1.1, 1.4, 1.5 <https://www.osti.gov/servlets/purl/877906-STrTSU/>; atomic-energy.ru/news/2021/07/01/115145; atomic-energy.ru/news/2021/06/08/114625;

atomic-energy.ru/news/2021/06/01/114399; bezrao.ru/n/4437; atomic-energy.ru/news/2021/04/22/113523; atomic-energy.ru/interviews/2017/01/16/71717; atomic-energy.ru/interviews/2018/03/15/84085; bezrao.ru/n/4807; «конкурентные преимущества» (Стратегия-2018 создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов); «реализация различных компромиссных решений с зарубежными партнерами с целью исключения необходимости создания геологических объектов захоронения отходов в этих странах» (Линге И.И. О рационализации систем обращения с РАО и обеспечения радиационной безопасности // Радиоактивные отходы. 2023. № 2).

При спокойной обстановке в мире идея международного могильника РАО-1, 2 где-нибудь на периферии России могла бы рассматриваться. Но такой могильник в центре страны и в пределах оборонного ЗАТО не имеет права на существование при любых международных условиях.

12. «1980 год – официально заявлено о необходимости ПГЗРО рядом с новым заводом по переработке ОЯТ» (с. 7, рис. 1).

Комментарий. Важное свидетельство.

Известно, что переработку ОЯТ в военных или гражданских целях выполняли, выполняют или планируют выполнять не только в России. Но в монографии для поддержки позиции 1980 г. вряд ли найдутся указания на то, что за рубежом важнейший критерий выбора площадки национального ПГЗРО - место расположения объекта по переработке ОЯТ.

Кроме того, см. «заводы» в п. 1 настоящей рецензии.

Каковы практические необходимость и ценность для российских специалистов полновесного методологического обзора, а также международных и региональных отечественных разнообразных примеров (главы 2 и 3), применительно к выбору площадки от «широкой географии исследований» (с. 6)? Если история со страниц монографии гласит, что главный выбор был предначертан, реально участники работ в Красноярском крае (особенно Енисейского проекта) имели официальное конкретное целеполагание аж от 1980 г.?

Учитывая ориентир работ от 1980 г., может возникнуть, видимо, мысль признать едва ли не вредоносность в определенном смысле глав 2 и 3, поскольку они, распыляя сознание, настойчиво разъясняя существующие в мире иные мотивы (не хуже или лучше, а иные без сравнения с российским) выбора площадки, не способствуют достижению поставленной цели?

13. Монография претендует на своевременное, всестороннее и качественное обоснование Енисейского проекта. Но нельзя обосновать по правилам обоснования площадку ПГЗРО, если она назначена по другим правилам. Тем более, нельзя при особой «философии» от градостроительства (см. Введение, хотя места для городов миллионы раз выбирали, чтобы жить, а место для ПГЗРО надо выбрать один раз, чтобы не создать где-либо летальные дозы), при часто спорных доводах, игнорировании альтернативных мнений по участку «Енисейский», избирательном применении профильного зарубежного и российского опыта, а также технических норм и законодательства. В итоге,

похоже, претензия трансформировалась в миссию оправдания допущенных ошибок и соучастия в одобрении вряд ли обеспеченных лицензиями не только строительной стадии работ для ПГЗРО, но и стадии ГИН в ПИЛ (Заключение).

14. Стр. 188. «Комплекс подземных сооружений ГХК по степени техногенного воздействия на вмещающий массив представляет собой уникальный аналог будущего объекта захоронения».

Комментарий. Сразу отметим, что стадия уникальной эксплуатации уникального объекта не является единственным источником важных аналогий, оставленных без внимания как в монографии-2024, так и в Енисейском проекте в целом.

Не выявлены полностью все процессы-аналоги. В частности, процесс обводнения зоны захоронения РАО водой разных горизонтов разреза, включая наиболее обводненный приповерхностный, не через массив, а напрямую за счет эффекта «водосточных труб» - дренирования массива с помощью техногенных каналов в закрепном пространстве стволов.

Кроме того, проектируемое соседство действующих подземных комплексов ГХК и НО РАО, а также наличие вблизи ПГЗРО в будущем огромных объемов пустого пространства/полостей после вывода подземного комплекса ГХК из эксплуатации требуют (Закон «О недрах»: ст. 8 и ст. 27 в части первичной/интерпретированной геологической информации и учета техногенных пустот как особенностей структуры массива) отдельного внимания.

Приведем цитаты из воспоминаний Е.И. Микерина, одного из создателей ГХК (Владимир Губарев, фонд исторической перспективы, интернет-газета «Столетие». 28 ноября 2014 г., http://www.stoletie.ru/sozidateli/jevgenij_mikerin...).

«Спустились с директором комбината Мешковым впервые в шахту. Вода, вагонетки с породой снуют туда-сюда, провода свисают. Был декабрь. Рабочие идут под землю в сапогах. Холодно, сыро, мрачно... В общем, привычная картина шахты для того времени... Вот и начали мы постепенно превращать шахту в уникальное сооружение, равного которому в мире не было... В атомной промышленности всегда существует проблема: а что потом, когда объект прекращает работу? В Железногорске – это проблема «Горы», как позже начали называть шахту. По своим масштабам «Гора» была больше, чем московское метро в то время. Она требует постоянного обслуживания – откачки воды, вентиляции. Необходимо освещение. И так далее... Горные выработки имеют одну особенность... Выработка «сжимается». Порода старается ликвидировать свою рану. Обрушение следует предотвращать».

Не геолог и не горняк вспоминал. А как точно схвачена сложная проблема «постепенного превращения шахты в уникальное сооружение» в целом.

Поэтому наряду с начертанием выработок ПГЗРО на бумаге и математическим моделированием процессов в исходном (без выработок) массиве не менее важно проанализировать опыт строительства подземного

комплекса ГХК и сформировать также/дополнительно на этой основе прогнозы на сотни тысяч лет после закрытия ПГЗРО. Какие были осложнения, как они ликвидировались, какие негативные условия были обусловлены горой, а какие – технологией строительства? Архивные материалы (богачейший источник) для научного анализа должны быть, так как в подземном строительстве оперативно возникающие факторы, определяющие безопасность горных работ и дополнительные затраты, как правило фиксируются в корректировках проекта.

Как природа будет адаптироваться к новым условиям, когда люди навсегда уйдут из выработок ГХК и ПГЗРО? Как она запустит процесс, обратный «постепенному превращению шахты в уникальное сооружение»? Прогнозирование должно быть параллельным, как по данным моделирования условий участка «Енисейский» (на базе сценариев, обязательно учитывающих соседство подземных комплексов ГХК и ПГЗРО), так и реальной практики стадии строительства ГХК. Для взаимной проверки и усиления возможности каждого из способов прогнозирования.

Некоторые примеры поступления воды из расположенных выше техногенных и природного водоемов как предостережение: алмазный рудник «Мир», Якутия, 2017 г.; рудник «Пионер», Амурская область, 2024 г.; рудники №№ 4 и 8, Краснокаменск, 2025 г.

15. В разделах монографии 3.4 и 4.1-4.3 отсутствуют важные результаты ГИН. Это может иметь неприятные последствия.

Исследования И.С. Копылова и М.В. Чусова [4, 5] (ОАО «Енисейнефтегаз») по гранитоидам Нижнеканского массива дважды (летом и зимой) выполнены еще в прошлом веке (во времена работы там Радиевого института и других организаций). Их результаты должны были быть на момент подготовки ДОН-2002, ДОН-2008 и монографии-2024 известны, в том числе участникам Енисейского проекта (прежде всего, геологам). В списках источников к главам 3 и 4 упоминания работ этих авторов нет. Комплексная геохимическая съемка, выполненная профильными специалистами и выверенными в нефтегазовой отрасли методами, показала устойчивые аномалии, в частности, углеводородов и гелия. Откуда и как? И почему их не может быть на непосредственно контактирующих с Западно-Сибирской плитой гнейсах участка «Енисейский»?

16. Стр. 145. «Ввиду того, что практически с 1993 г. начались изыскания в пределах Нижнеканского гранитоидного массива, название «Нижнеканский» первоначально закрепилось именно за изверженными гранитными породами».

Комментарий. «Ввиду того» и «первоначально закрепилось» не соответствуют действительности. Название «Нижнеканский» - давнее и самостоятельное. Например, Даценко В. М. Нижнеканский массив - эталон Нижнеканского гранитоидного комплекса (Енисейский кряж) (В.М. Даценко. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1995). Кроме того, участники Енисейского проекта не уполномочены устанавливать, менять и трактовать в своих нуждах государственные географо-геологические названия и соответствующие

понятия. Слава богу, «закреплять» по-своему названия еще и в картах (с. 99-101 и 112 монографии) они не решились.

17. Стр. 354. «Несмотря на то, что данная монография ориентирована в большей степени на геологические (т. е. естественные) барьеры безопасности, здесь очень важно отметить их принципиальную взаимосвязь с инженерными».

Стр. 36. «На этапе выбора места безопасность объекта окончательной изоляции РАО определяется исключительно геологическими факторами, поскольку инженерные защитные барьеры существуют только в воображении проектировщиков, в чертежах или образцах».

Комментарий. Уже стройка идет, а инженерные барьеры и ныне там. Но в монографии отсутствует фиксация научно-технической реальности.

«Последний этап обращения с отходами – заключение в устойчивую матрицу и хранение / захоронение. Стеклообразные матрицы используются для отверждения и захоронения высокоактивных РАО. Но стекло неустойчиво» (Радиохимия в приоритетах, ПРоАтом, 20.03.2025). Испытания в России реальных промышленных образцов остеклованных ВАО начаты лишь в 2023 г. (en.ibrae.ac.ru/newstext/1476/; norao.ru/press/news/5243/; bezrao.ru/n/6819/).

Стабильность барьера из бентонит - глины при доминирующих в условиях ПГЗРО воздействиях из общих соображений сомнительна и напрямую для российских условий не доказана. Эксперименты по тепловому воздействию еще лишь как-то рекомендуются, стенды для этого еще лишь намечают создать. Радиационные воздействия экспериментами не предусмотрены совсем, хотя по радиационной стойкости глины далеко не лучшие среди природных материалов. Ну и, естественно, не предусмотрены эксперименты по совместному воздействию основных трех, как минимум, факторов (дренирующая вода, прогрев и радиация).

В ИГЕМ РАН в 2023 году (!) открыт Научный центр по разработке и оценке долговременной безопасности инженерных барьеров при изоляции РАО (НЦ «Инженерные барьеры»). Хорошо, что в Томске начали изучать барьерные материалы. И начали, наконец-то, с радиационной устойчивости глин (bezrao.ru/n/6894/).

18. Реферат. «Выбор участка Енисейский обусловлен... широкой совокупностью свойств геологической среды, определяющей его приемлемость для размещения ПГЗРО».

Комментарий. Про приемлемость еще не узнано / не доказано.

19. «Определен Научный Руководитель исследовательских программ в обеспечение стратегии» (с. 7, рис. 1).

Комментарий. Положение о научном руководителе работ по проекту создания ПГЗРО (ИБРАЭ РАН, утверждено приказом Госкорпорации «Росатом» № 1/1161-П от 05.10.2020) предполагает, видимо, несколько иную трактовку. Хотелось бы увидеть в монографии краткое представление Научного руководителя: права и обязанности, по состоянию на 2020 г. опыт руководства созданием (хотя бы и только в научной части) крупных подземных сооружений

научного или иного специального назначения, обеспеченность кадрами опытных геологов и горняков среднего звена.

20. Сообщается о Протоколе ГКЗ от 2012 г. (с. 7, рис. 1). «Заключение ГКЗ о пригодности участка для создания ПИЛ».

Комментарий. Формулировка сообщения не соответствует предмету рассмотрений в 2012 г. Протокол общественных слушаний ОВОС по теме «Строительство первоочередных объектов окончательной изоляции радиоактивных отходов, включая проектно-изыскательские работы (Красноярский край)» от 30.07.2012, Приложение № 1 к постановлению Администрации ЗАТО г. Железногорск от 17.08.2012 № 1346. И решение ГКЗ Роснедра в апреле 2012 г. - участок «Енисейский» был признан пригодным для захоронения РАО, по воспоминаниям В.П. Бейгула (https://memory.biblioatom.ru/persons/beygul_v_p/bio/).

Не указан Протокол ГКЗ Роснедр № 4523-пс от 03-02-2016, наиболее полное на сегодня рассмотрение ГКЗ геологических данных поисковой, оценочной стадий ГРП и проектно-изыскательских работ для стадии «Проектная документация» - утверждение заключения государственной геологической экспертизы (рекомендованная деятельность – геологоразведка и опытно-промышленное захоронение РАО, не выполнено).

21. Сообщается о проведении общественных обсуждений ПИЛ от 2015 г. (с. 7, рис. 1).

Комментарий. Известен ПРОТОКОЛ ОБЩЕСТВЕННЫХ СЛУШАНИЙ НА ТЕМУ: «Материалы обоснования лицензии на размещение и сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объектов окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории (включая материалы оценки воздействия на окружающую среду)». Приложение к постановлению Администрации ЗАТО г. Железногорск от 10.08.2015 № 1228.

ПИЛ, пункт хранения РАО, объект окончательной изоляции РАО – разве это одно и то же?

22. Сообщается (с. 7, рис. 1, 2016 г.). «Выдана лицензия Ростехнадзора на размещение и строительство ПГЗРО».

Комментарий. Известна лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 от 27-12-2016 (заявление ФГУП «НО РАО» от 25.12.2015, то есть до Протокола ГКЗ Роснедр № 4523-пс от 03-02-2016), лицензируемая деятельность: «Размещение и сооружение не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объекта окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижне-Канский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории».

ПГЗРО, ПИЛ, пункт хранения РАО, объект окончательной изоляции РАО – разве это одно и то же?

23. В монографии-2024 относительно участка «Енисейский» и сопряженных территорий более-менее раскрыты история и суть геологических

исследований непосредственно. История и особенности регулировавших процесс документов большей частью оставлены за кадром (лишь отдельные документы и лишь упомянуты на с. 7 Введения). Кроме того, краткий курс истории на с. 7 очень даже специфичен относительно филологии и других обстоятельств. В основном тексте монографии история документов к тому же странно / знаково искажена.

Следует напомнить, что другой вариант истории документов представлен на обсуждение неоднократно и ранее (<https://proza.ru/2020/09/20/903>; <https://proza.ru/2022/05/08/256>; <https://proza.ru/2023/11/20/1131>). Однако он как бы не замечен авторами монографии-2024.

24. Особенности Красноярского ПГЗРО без заметной пользы для дела (судя по монографии-2024) начали обсуждаться дистанционно с участниками Енисейского проекта с 2017 г. (<https://proza.ru/2017/06/28/1457>; <https://proza.ru/2017/06/29/1002>).

25. Среди авторов монографии дирекцию (согласно <https://www.ibrae.ac.ru/contents/29/> от 22.02.2025) ИБРАЭ РАН представляют лишь советник и заместитель директора по информационно-аналитической поддержке комплексных проблем ядерной и радиационной безопасности (заметим: по *поддержке проблем*, а не по *поддержке решения проблем*). И они не являются людьми наук о Земле. Директор, научный руководитель Института и заместитель директора по научной работе и координации перспективных разработок ни среди авторов, ни среди участвовавших в работах в разные годы специалистов (с. 8) не обозначены.

Как это понимать? Они вообще не имели какого-либо заметного персонального вклада в работу Института как коллективного «Научного руководителя работ по проекту создания ПГЗРО» / «Научного Руководителя исследовательских программ в обеспечение стратегии» (см. п. 19 настоящей статьи)? Представители внутренней высшего уровня науки ИБРАЭ дистанцированы / дистанцировались от монографии по решению крупной государственной проблемы и выполнению ФЦП ЯРБ? Они и еще семь членов дирекции не по профилю недропользования? Тогда каким составом обеспечивалось выполнение ответственных функций коллективного Научного руководителя работ по проекту создания ПГЗРО?

26. В монографии, вероятно, имеет место, по меньшей мере, вольная трактовка некоторых ключевых (включая правовые) понятий темы, а также названий документов и их содержания (пункты 1, 3, 7, 8, 9, 11, 16, 18, 19, 20, 21, 22 и 25 настоящей рецензии).

27. В будущем, возможно, возникнет необходимость расследовать ситуацию в связи с Красноярским ПГЗРО. И тогда взятое за отправную позицию историческое повествование монографии будет полезно.

Заключение

Нерешенная задача изоляции от биосферы наиболее опасных радиоактивных отходов в некоторой степени сковывает развитие ядерных технологий. Но и на входе в задачу в России есть много судьбоносных

неопределенностей со стороны ядерных технологий. Поэтому монография актуальна. Несомненным ее достоинством является попытка создания ПГЗРО как объекта Единой государственной системы обращения с РАО (глава 1), а также обзорное изложение зарубежного и раннего российского опыта по проблеме (главы 2 и 3).

Однако в реальности представленный опыт не сыграл значимую (возможно, и вообще какую-либо) роль *в главном – выборе площадки для федерального пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов*. Кроме того, при выборе и конкретизации горно-геологических условий Енисейского участка авторы монографии слабо опирались на нормы недропользования, не привели некоторые важные известные материалы научной и производственной практики, а также игнорировали информацию оппонентов. Единение системного подхода – теоретического принципа и реальных этапов создания российского ПГЗРО в монографии не наблюдается.

В целом критически осмысленная история, как Енисейского проекта, так и появления монографии в деле решения одной из важнейших национальных задач эпохи освоения ядерной энергии скорее отрицательна (с небольшой долей позитива и здесь, поскольку учит, как не надо было бы многое делать), чем положительна.

Библиографический список

1. Захоронение РАО на участке Енисейский в Красноярском крае: история выбора площадки и современное состояние исследований. М.: Наука, 2024. 368 с.
2. Дерябин С.А., Уткин С.С., Шевцова Е.В., Казаков К.С., Кузьмин Е.В., Баринов А.С., Дёмин А.В., Свительман В.С., Озёрский Д.А., Бамборин М.Ю. Анализ международного опыта технологий строительства объектов подземной изоляции РАО // Радиоактивные отходы. 2025. № 1 (30). С. 57-72. DOI: 10.25283/2587-9707-2025-1-57-72.
3. Кузьмин Е.В., Калакуцкий А.В., Морозов А.А. Технология захоронения радиоактивных отходов в пространстве подземных рудников // Радиоактивные отходы. 2021. № 2 (15). С. 49-62.
4. Копылов И.С., Чусов М.В. Результаты зимней геохимической съемки на Нижнеканском гранитоидном массиве для оценки геодинамической активности // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. 2021. С. 135-143.
5. Копылов И.С., Чусов М.В. Геохимические исследования гранитоидов Нижнеканского массива для выбора площадок размещения хранилищ радиоактивных отходов // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2022. С. 339-347.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НИЖНЕПЕРМСКОГО
НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА
В КОСЬВИНСКО-ЧУСОВСКОЙ СЕДЛОВИНЕ
(СТРАТИГРАФИЯ, ТЕКТОНИКА, РИФОГЕННЫЕ МАССИВЫ)**

Проведен анализ геологического строения нижнепермского нефтегазоносного комплекса в Косьвинско-Чусовской седловине. Рассмотрены литолого-стратиграфические и тектонические условия. Показано распространение, морфология и размеры различных типов органогенных построек. Первоочередными перспективными объектами являются локальные поднятия и нижнепермские рифогенные массивы, с которыми могут быть связаны залежи пластового, массивного и линзовидно-пластового типов.

Ключевые слова: нефть и газ, стратиграфия, тектоника, рифогенные массивы, нижнепермские отложения, Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE LOWER PERMIAN OIL AND GAS
COMPLEX IN THE KOSVINSKO-CHUSOVSKAYA SADDLE
(STRATIGRAPHY, TECTONICS, REEF MASSIFS)**

The analysis of the geological structure of the Lower Permian oil and gas complex in the Kosvinsko-Chusovskaya saddle was carried out. Lithological, stratigraphic and tectonic conditions are considered. The distribution, morphology and sizes of various types of organogenic structures are shown. The primary promising targets are local uplifts and Lower Permian reef massifs, with which deposits of bedded, massive and lenticular types can be associated.

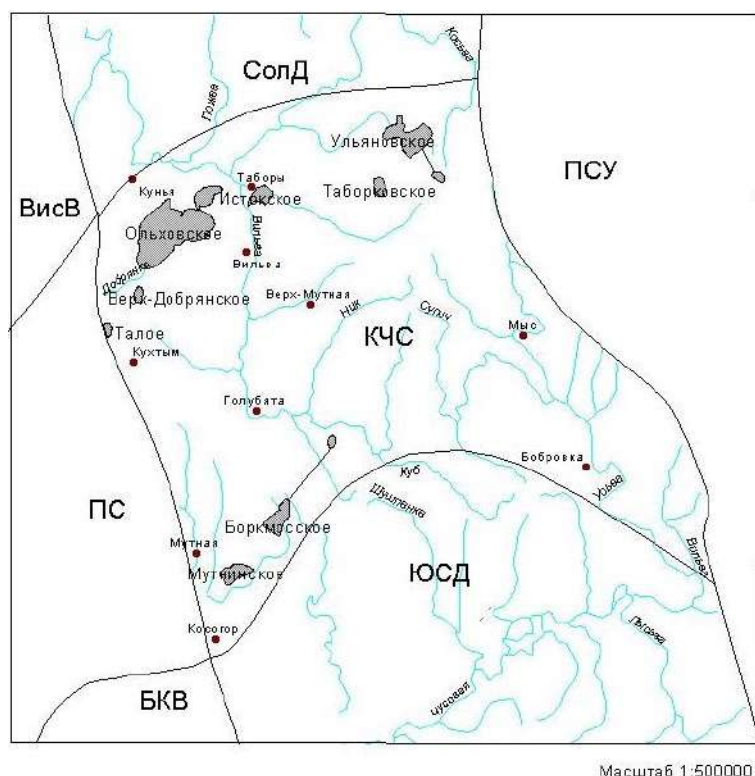
Keywords: oil and gas, stratigraphy, tectonics, reef massifs, Lower Permian deposits, Urals.

Введение

Предуральский краевой прогиб и его центральная часть – Косьвинско-Чусовская седловина (КЧС) – территория с высокой плотностью ресурсов углеводородов во всех известных нефтегазоносных комплексах (НГК) и высокой интенсивностью добычи нефти, которая в последнее время сокращается, в связи с выработанностью запасов. Для стабилизации уровня добычи нефти и её наращивания необходимо применять новые методики поисков и разведки нефти, изучать нетрадиционные нефтеперспективные объекты [4, 5, 16, 22] и направления, а также недостаточно оценённые и мало изученные НГК в прошлые годы. Одним из таких комплексов является нижнепермский НГК, который до настоящего времени изучен неравномерно или слабо, не смотря на открытые залежи.

Цель: анализ геологического строения нижнепермского нефтегазоносного комплекса Косьвинско-Чусовской седловины для дальнейшей постановки сейсморазведочных работ. Обзорная карта района с нефтегазовыми месторождениями представлена на рис. 1.

Статья составлена на основе материалов ООО «ПермНИПИнефть» (отв. исполнитель В.З. Хурсик), в которых автор принимал участие [34, 35], с добавлением актуальных материалов.



Условные обозначения:

—	границы крупных тектонических структур	Крупные тектонические структуры:
■	месторождения	СолД Соликамская депрессия
•	населенные пункты	ВисВ Висимская впадина
—	реки	ПСУ Передовые складки Урала
		ПС Пермский свод
		КЧС Косьвинско-Чусовская седловина
		БКВ Быско-Кунгурская впадина
		ЮСД Юрюзано-Сылвинская депрессия

Рис. 1. Обзорная карта Косьвинско-Чусовской седловины [23]

Стратиграфия и литология

Нижнепермские отложения на КЧС представлены в полном объёме и подразделяются на ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский ярусы. Из них первые два яруса и приподошвенная часть артинского яруса характеризуются относительно однообразными вещественным и фациальным составом и мощностью, а вышележащая часть артинского и кунгурский ярус отличаются пёстрым литофациальным составом и существенным возрастанием мощностей в восточном направлении. Изученность нижнепермских отложений

КЧС неравномерна. Очень незначительны сведения об ассельском ярусе. Вверх по разрезу изученность стратиграфических подразделений возрастает. Нижнепермские отложения по мере изученности геолого-геофизическими и стратиграфо-литолого-палеонтологическими исследованиями рассматривались во многих работах [1-3, 17, 25-33, 36].

Ассельский ярус

Ассельские отложения на КЧС относятся к известняковому нормально слоистому типу разреза, сложенному известняками, прослоями доломитизированными. Известняки преимущественно светло-серые органогенные и органогенно-обломочные, реже микро- и мелкокристаллические, от тонко- до толстослоистых, участками пористые и мелкокавернозные, с включениями гипса, ангидрита, кремня. Присутствие палеоаплизиновых и фораминиферо-водорослевых известняков позволяет предполагать наличие в ассельском ярусе рифогенных образований. В связи с недостаточной обоснованностью границ мощность ассельского яруса на КЧС условно принимается равной 150-180 м [35].

Сакмарский ярус

Распространен по всей КЧС. Вскрыт многочисленными скважинами Яковлевской, Вильвенской, Северо-Усьвинской, Восточно-Мутнинской и других площадей. По многим скважинам проводился выборочный отбор керна, который изучался в лабораториях ГПК Пермнефть и ПермНИПИнефть.

В целом в пределах КЧС литология сакмарского яруса не претерпевает заметных изменений. В разрезе преобладают известняки, прослоями доломитизированные, органогенно-обломочные и органогенные (полидетритовые, фораминиферовые, криноидно-фораминиферовые, криноидно-мшанковые, коралловые, палеоаплизиновые и др.) с прослоями известняков кристаллически зернистых. Породы серые, желтовато- и коричневатые-серые, реже голубовато- и темно-серые, чаще неясно слоистые и плотные участками кавернозно-пористые с включениями кремня, в разной степени битуминозные, прослоями пиритизированные и сульфатизированные. Выдержанные с повышенной битуминозностью прослои в сакмарских отложениях, обуславливающие "всплески" значений на кривой ГК, используются для структурных построений в качестве реперов ГК₁ и ГК₂.

По всему разрезу распространены колонии четырёхлучевых и табулятных кораллов, водоросли, брахиоподы, фораминиферы, членики криноидей, обрывки мшанок. Характерно широкое развитие псевдоэндоитир, количество которых сокращается в северо-восточной части КЧС, где в свою очередь, увеличивается количество фузулинид. Благодаря этому в северо-восточной части КЧС можно выделить стерлитамакский и тастубский горизонты. Мощность первого составляет 51-54 м, вскрытая мощность второго более 150 м. На остальной территории КЧС ярус на горизонты не подразделяется, и его мощность условно принимается равной 180-430 м.

Северо-восточная часть КЧС – район Ульяновской и Таборковской структур и к востоку от них до передовых складок Урала интересен ещё и тем,

что кровля стерлитамакского горизонта складывается рифогенными отложениями, входящими в состав обширной пластообразной органогенной постройки – рифовой платформы, верхняя часть которой имеет уже нижнебурцевский возраст. Платформа представлена известняками мшанковыми и криноидно-мшанковыми серыми и светло-серыми, перекристаллизованными разномзернистыми, участками темно-серыми, массивными и тонковолистослоистыми, доломитизированными с глинистыми примазками, с остатками одиночных и колониальных кораллов, фузулинид, остракод, спикул губок, водорослей. Мощность сакмарской части рифовой платформы около 30 м.

Артинский ярус

Артинский ярус подразделяется на бурцевский, иргинский, саргинский и саранинский горизонты. Состав яруса в пределах КЧС непостоянен: с запада на восток происходит изменение состава яруса от карбонатного до преимущественно обломочного, что позволяет выделить в составе яруса 3 типа разреза (карбонатный, глинисто-карбонатный и карбонатно-обломочный) и наметить площади их распространения (рис. 2).

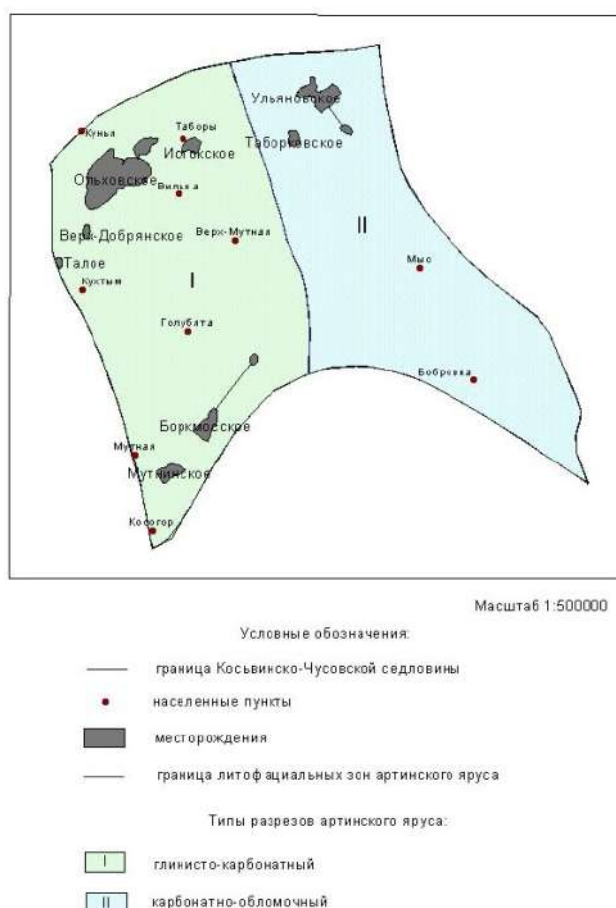


Рис. 2. Схема распространения типов разреза артинского яруса на КЧС [35]

На данной территории уверенно выделяется только бурцевский горизонт, остальная часть разреза яруса не подразделяется из-за недостаточной палеонтологической обоснованности, и рассматривается совместно. Для этой

части разреза характерен пёстрый литолого-фациальный состав, в соответствии с которым в ней выделяются четыре типа разрезов (с запада на восток): карбонатный, глинисто-карбонатный, карбонатно-обломочный и обломочный. Состав бурцевского горизонта более постоянен. Он испытывает серьёзные изменения только в зоне развития карбонатно-обломочного типа разреза.

Бурцевский горизонт

Уверенно обособляется по фауне фузулинид и по присутствию в нём 4^х-лучевых колониальных кораллов и палеоаплизин. Горизонт сложен известняками с прослоями доломитов светло-серыми и серыми с различными оттенками, слоистыми и массивными органогенными, в т.ч. биоморфными, органогенно-обломочными, преимущественно криноидно-мшанковыми, кристаллически-зернистыми, в разной степени окремнелыми. В разрезе горизонта нередко встречаются, особенно в западной части площади, рифогенные постройки, представленные биостромами. Слагаются биостромы известняками биоморфными палеоаплизиновыми и коралловыми коричневатой и светло-серыми и несколько более тёмными участками до серых, мшанковыми и мшанково-палеоаплизиновыми. Биоморфные породы неравномерно пористые и мелкокавернозные, участками с крустификационной структурой. Мощность биостромов от нескольких метров до 13 м.

В зоне развития глинисто-карбонатного разреза породы бурцевского горизонта, сохраняя в целом свои характерные особенности, не содержат палеоаплизин.

В зоне развития карбонатно-обломочного типа разреза артинского яруса состав горизонта существенно изменяется. В западной части зоны породы нижней части горизонта сохраняют облик, свойственный бурцевским карбонатам западной половины КЧС. Верхняя часть горизонта наряду с криноидно-мшанковыми карбонатами местами представлена сильно окремненными карбонатами с многочисленными спикулами кремневых губок, вплоть до перехода в спонголиты. Мощность горизонта, сложенного карбонатами составляет 74-102 м. К востоку от полосы проходящей примерно через скважины №№205, 44, 8104 быстрое замещение артинских карбонатов обломочными породами захватывает и бурцевский горизонт. В этом случае установить полную мощность горизонта невозможно, а мощность карбонатной части горизонта сокращается до 15-25 м. При этом в северо-восточной части седловины, в районе Таборковского, Надеждинского поднятий и восточнее последнего карбонатная приподошвенная часть артинского яруса слагается рифогенными породами, входящими в состав пластообразной органогенной постройки, начавшей формироваться в поздне-сакмарское время. По литологическим характеристикам и комплексу палеонтологических остатков нижнебурцевские рифогенные карбонаты близки к поздне-сакмарским. Аналогичными породами представлены низы артинского яруса в районе Никовского поднятия. Однако из-за недостатка материалов невозможно определить характер взаимосвязи между пластовыми рифогенными образованиями районов Таборковского и Никовского поднятий. Возможно в

начале артинского века имело место разрастание позднеартинской рифовой платформы, захватившей и район Никовской структуры. Мощность нижнеартинских пластовых рифогенных образований 22-25 м.

Поверхность рифовой платформы осложнена довольно многочисленными рифогенными массивами, максимальная мощность которых установлена скважиной 6383-Б и составляет 134 м.

Иргинский + саргинский + саранинский горизонты

Разрезы этой части артинского яруса можно подразделить на 4 типа: карбонатный, глинисто-карбонатный, карбонатно-обломочный и обломочный. Площади развития первых двух типов совпадают с площадью развития одноимённых разрезов яруса в целом, третий и четвёртый типы распространены в области развития карбонатно-обломочного разреза яруса.

Карбонатный тип разреза. Распространён в полосе от западной границы КЧС до появления первых прослоев мергелей в верхах артинского яруса. Литологически подразделяется на три толщи (снизу вверх):

- толщу окремнелых фузулинидово-криноидно-мшанковых известняков;
- толщу окремнелых известняков и доломитов с многочисленными остатками спикул кремневых губок ("спикуловая толща");
- толщу известняков и доломитов, прослоями в разной степени глинистые сульфатизированных с биогермными массивами.

Первая толща складывается известняками органогенно-обломочными (брахиоподово-фузулинидовыми, фузулинидово-мшанковыми, криноидно-мшанковыми и др.) и кристаллически зернистыми тёмно-серыми и серыми разных оттенков неясно-, волнисто-слоистыми, массивными в разной степени окремнёнными. Мощность толщи до 200 м.

Вторая толща представлена доломитами с подчинённым количеством известняков. Породы серые, голубовато- и светло-серые микрокристаллические и органогенно-детритовые, тонко-, волнисто- и разнослоистые неравномерно окремнённые, с желваками кремня, прослоями с примесью глинистого материала. Фауна довольно разнообразна - фораминиферы, брахиоподы, мшанки, криноидеи, единичные кораллы, но особенно многочисленны спикулы губок. На отдельных участках наиболее крупные рифогенные массивы, полностью замещающие слоистые породы третьей толщи, частично замещают и верха спикуловой толщи. Мощность второй толщи 78-108 м.

Третья толща - это переслаивающиеся карбонаты, состав которых изменяется от чистых известняков до чистых доломитов. Породы чаще органогенно-обломочные, реже скрытокристаллические от светло- до тёмно-серых тонко-, нечётко-, волнисто-слоистые, прослоями глинистые, с включениями гипса и ангидрита, с фауной мшанок, криноидей, брахиопод, одиночных кораллов, остракод, фораминифер, со спикулами губок, водорослями и кладохонусами. Последние характерны для верхней части яруса.

Участками третья толща частично или полностью замещается рифогенными образованиями - сылвенско-саргинскими биогермными массивами. Описание их приведено ниже в разделе. Мощность третьей толщи

11-23 м, рифогенных образований - до 240 м.

Мощность карбонатного типа разреза 276-338 м, но в случае присутствия в верхней части рифогенных образований она может превышать 500м.

Глинисто - карбонатный тип разреза. Распространён в зоне развития дивьинской свиты. В разрезе выделяются три толщи (снизу вверх):

- толща окремнённых криноидно-мшанковых известняков с фузулинидами;

- толща зеленовато-серых известняков;

- толща глинистых известняков, мергелей, аргиллитов (дивьинская свита).

Первая толща складывается известняками серыми с различными оттенками неяснослоистыми органогенно-детритовыми в разной степени окремнёнными. В юго-восточной части КЧС криноидно-мшанковые известняки замещаются породами, аналогичными породам "спикуловой толщи" карбонатного типа разреза. Мощность толщи 125-220 м, наибольшая мощность спикуловых известняков - 170 м.

Вторая толща представлена известняками неравномерно глинистыми зеленовато-серыми плотными крепкими, в разной степени окремнёнными. В западной части полосы развития рассматриваемого типа разреза преобладают органогенно-детритовые разности, в восточной - скрытокристаллические. Мощность толщи от нескольких метров до 40 м.

Третья толща - дивьинская свита сложена глинистыми известняками, мергелями, аргиллитами; к востоку глинистость и мощность свиты возрастают. В этом же направлении сокращается количество фауны. Сверху вниз по разрезу наблюдаются увеличение карбонатности пород, количества и разнообразия фауны, уменьшение пиритизации. В приподошвенной части свиты встречаются прослойки зелёно-серой и красновато-коричневой окраски, остальная часть разреза представлена породами тёмно-серыми до чёрных.

В зоне развития дивьинской свиты широко распространены рифогенные массивы, субстратом которых являются зеленовато-серые известняки. Мощность рифогенных массивов - 342 м. Мощность дивьинской свиты в полных разрезах до 85 м, над рифогенными образованиями в зависимости от их высоты мощность сокращается вплоть до полного выклинивания. Как и в предыдущем типе суммарная мощность глинисто-карбонатного типа разреза артинского яруса, включающего крупный рифогенный массив, может превысить 500 м.

Карбонатно - обломочный и обломочный типы разрезов. Распространены на востоке КЧС, совпадая с площадью развития урминской свиты. Первый тип разреза подразделяется на две толщи, второй полностью складывается обломочными породами:

- толщу известняков криноидно-мшанковых окремнённых;

- толщу обломочных пород (урминская свита).

Первая толща представлена известняками, аналогичными известнякам, слагающим первую толщу в предыдущем типе разреза. Участками верхняя часть толщи замещена спикуловыми известняками. Мощность толщи от первых

метров до 120 м.

Толща обломочных пород (урминская свита) складывается конгломератами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами, мергелями с отдельными прослоями известняка. Толща подразделяется на две пачки: нижнюю - мергельно-аргиллитовую и верхнюю - алевроитово-конгломератово-песчаниковую. Нижняя пачка по составу и литологическим особенностям пород близка к разрезам дивьинской свиты, в её нижней части также присутствуют породы пятнистой и красновато-коричневой окраски. Мощность мергельно-аргиллитовой пачки 60-160 м, однако, над рифогенными массивами она существенно сокращается за счёт выпадения нижней части.

Верхняя пачка сложена преимущественно песчаниками, в меньшей степени конгломератами и алевролитами; встречаются также прослои аргиллитов, мергелей и глинистых известняков. Конгломераты чаще тяготеют к средней части пачки. В целом состав и возраст урминской свиты изменяются с запада на восток. В западных разрезах урминская свита охватывает стратиграфический диапазон от кровли артинского яруса до иргинского горизонта включительно, в восточных разрезах обломочными породами складывается и большая часть бурцевского горизонта. В этом же направлении увеличивается грубозернистость пород свиты. Мощность свиты возрастает от 80 до 660 м. Полная мощность артинского яруса в области развития урминской свиты изменяется от 310 м до 700 м.

Кунгурский ярус

Распространён на всей КЧС за исключением пограничной полосы с Уралом. На значительной площади ярус выведен на поверхность, и его верхняя часть денудирована на разную глубину. Литология яруса испытывает значительные изменения в восточном направлении. На западе КЧС ярус складывается, в основном, ангидритами и доломитами, в центральной части в разрезе присутствуют также каменные соли и карбонатно-глинистые породы, в восточной части существенную роль в составе яруса играют обломочные породы. Распространение типов разреза на КЧС показано на рис. 3.

Согласно принятой унифицированной стратиграфической схемы кунгурский ярус подразделяется на два горизонта (снизу вверх): филипповский и иренский.

Филипповский горизонт

На описываемой территории филипповский горизонт в зависимости от литологии представлен тремя свитами. На западе разрез горизонта складывается известняками и доломитами и выделяется под названием филипповская свита. К востоку карбонатный разрез переходит в карбонатно-ангидритовый, который обособляется в карнауховскую свиту. Ещё восточнее горизонт представлен обломочными породами и ангидритами. Этот тип разреза относится к лёкской свите.

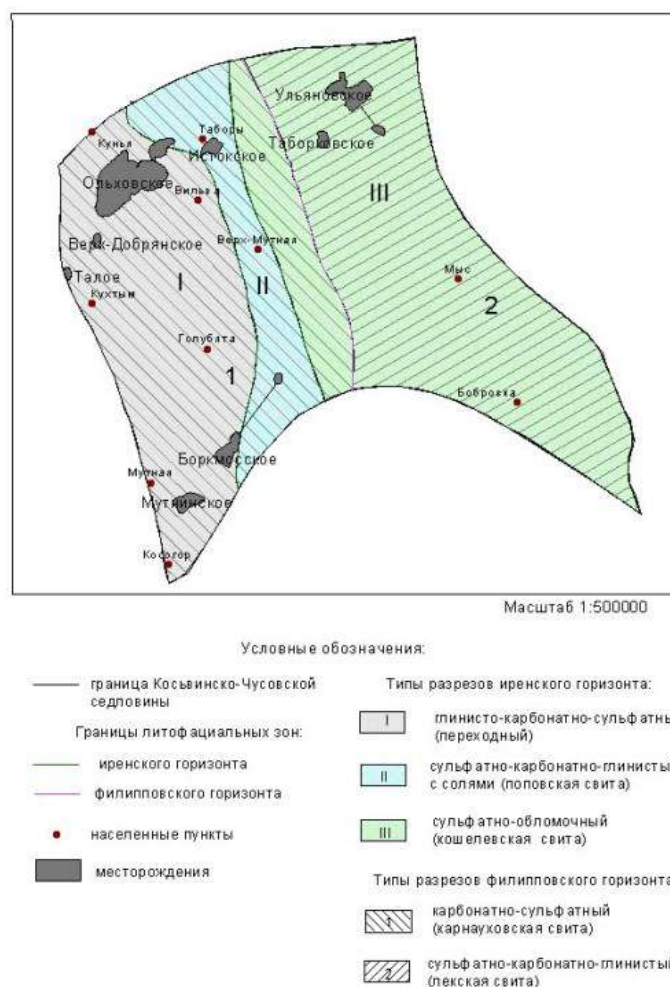


Рис. 3. Схема распространения типов разреза кунгурского яруса на КЧС [35]

Филипповская свита подразделяется на две пачки: известняковую (внизу) и доломитовую. Карбонаты серые, тёмно-, светло- и коричневато-серые пелитоморфные и тонкозернистые прослоями оолитовые и псевдооолитовые слоистые до толстослоистых в нижней части разреза, плотные, иногда мелкокавернозные, сульфатизированные, прослоями (редко) глинистые и окремнённые с редкими мелкими фаунистическими остатками. Мощность филипповской свиты 60-95 м.

Карнауховская свита. Как указано выше, карнауховская свита имеет довольно однообразный состав будучи представленной, главным образом, ангидритами и карбонатами, однако по соотношению этих разностей можно выделить два типа разреза свиты: сульфатно-карбонатный и карбонатно-сульфатный.

Первый тип разреза распространён двумя полосами, разделёнными зоной развития карбонатно-сульфатного типа разреза. Состав свиты в западной полосе представлен доломитами, известняками и ангидритами, залегающими в нижней части свиты. В восточной полосе, кроме названных пород, в составе свиты присутствуют мергели и маломощные прослои песчаников и алевролитов. Мощность сульфатно-карбонатного типа разреза в западной полосе 62-85 м, в восточной полосе - 58-90 м.

Карбонатно-сульфатный тип разреза характеризуется повышенным содержанием ангидритов (60-90%) и четырехчленным строением, представляющим переслаивание карбонатных и сульфатных пачек: первая и третья (снизу) пачки ангидритовые, вторая и четвёртая - известняковые с небольшим содержанием доломитов.

Значительный интерес представляет установленное в единичных скважинах (№№338, 2156, 4794, 8149) присутствие в нижней карбонатной пачке рифогенных образований. Представлены они известняками и доломитами серыми, часто с различными оттенками, иногда пятнистыми, массивными, плотными, участками перемятыми брекчированными, пористыми, кавернозными с включениями крупнокристаллического кальцита и ангидрита. Присутствие рифогенных пород не обуславливает локальное изменение мощности пачки, поэтому можно считать, что рифогенные образования имеют пластообразную форму.

Мощность карбонатно-сульфатного типа разреза изменяется от 48 до 186 м.

Лёкская свита. Развита в восточной части седловины. Характеризуется двучленным строением: снизу залегает пачка ангидритов, над ней - пачка карбонатно-обломочных или обломочных пород. Состав верхней пачки существенно изменяется в широтном направлении. Если в западных разрезах свиты в верхней пачке преобладают тонкообломочные породы с прослоями глинистых карбонатов, то к востоку их процентное содержание падает, растёт грубозернистость пород вплоть до появления в восточных разрезах прослоев конгломератов при преобладании песчаников. В этом же направлении заметно возрастает и мощность пачки. В целом мощность свиты составляет 75-140 м.

Иренский горизонт

На КЧС иренские отложения распространены повсеместно, исключая её пограничную с Уралом часть. В пределах площади развития состав отложений испытывает существенные изменения в широтном направлении. Выделяется 4 типа разреза, сменяющие друг друга с запада на восток: карбонатно-сульфатный (иренская свита), глинисто-карбонатно-сульфатный (переходный тип разреза), сульфатно-карбонатно-глинистый (поповская свита), сульфатно-обломочный (кошелёвская свита).

Иренская свита. Разрез свиты представляет переслаивание семи пачек, из которых вторая, четвёртая и шестая пачки представлены доломитами, а первая, третья, пятая и седьмая - ангидритами. Мощность карбонатных пачек меньше мощности контактирующих с ними сульфатных пачек в 4-12 раз. Мощность иренской свиты составляет 128-232 м.

Переходный тип разреза. Название разреза обусловлено тем, что по составу он является промежуточным между карбонатно-сульфатным и карбонатно-сульфатно-глинистым типами разреза.

От предыдущего типа разреза (иренской свиты) переходный тип отличается присутствием глинистых пород в верхней половине разреза горизонта, появлением прослоев каменной соли в верхней и средней частях

разреза, значительным увеличением мощности нижней ангидритовой пачки и присутствием в двух нижних ангидритовых пачках прослоев мергеля, алевролита и песчаника.

Мощность переходного типа разреза иренского горизонта 270-386 м.

Поповская свита. В нижней части слагается толщей ангидритов, верхняя большая часть разреза характеризуется преобладанием карбонатно-глинистых и тонкообломочных пород, наряду с которыми в западных разрезах свиты присутствуют прослой ангидрита, сульфатизированных карбонатов, засоленных карбонатно-глинистых пород и линзы (до 30 м мощности) каменных солей; в восточных разрезах уменьшается количество сульфатизированных пород, сульфатов, увеличивается глинистость разреза, появляются алевролиты и песчаники. Мощность поповской свиты 350-527 м.

Кошелёвская свита. Как и в предыдущем типе нижняя часть свиты слагается ангидритами местами с прослоями каменных солей. Большая верхняя часть разреза имеет довольно пёстрый литологический состав, который в целом претерпевает изменения с запада на восток. Западные разрезы характеризуются преобладанием глинистых пород, в восточных существенно возрастает роль песчаников, появляются гравелиты и мелкогалечные конгломераты. Полная мощность кошелёвской свиты на КЧС не установлена, т.к. её верхняя часть повсеместно размыта. Максимальные вскрытые мощности составляют на Верх-Истокской площади - 473 м, на Супичской площади – 534 м.

На КЧС установлено наличие кунгурского внутриформационного палеовреза, который начинается от кровли нижней ангидритовой пачки; глубина его колеблется от первых метров до ста метров и более. Максимальная глубина вреза зафиксирована на его пересечении с Ольховской валообразной зоной, где на отдельных участках полностью размыты филипповские отложения. Выполнен врез карбонатно-глинистыми породами, поэтому в контуре его развития в разрезе нижней части кунгурского яруса частично или полностью отсутствуют сульфатные породы [26, 35].

Тектоника

В пределах Предуральяского краевого прогиба КЧС занимает положение между Соликамской и Юрюзано-Сылвинской депрессиями. На территории КЧС в разрезе нижнепермских отложений наиболее чётко выражены и выдержаны по площади два репера:

- репер ГК₂, приуроченный к верхней части тастубского горизонта и
- кровля артинского яруса.

Поэтому строение района работ описывается по этим поверхностям. Поверхность кровли карбонатов, по которой в прошлом также производились структурные построения, не является изохронной в связи с фациальным замещением нижнепермских карбонатных пород обломочными, и не может быть использована для общего описания тектонического строения рассматриваемой территории.

В целом структурные планы КЧС по реперу ГК₂ и кровле артинского

яруса повторяют в несколько сглаженном виде основные черты строения верхнедевонско-каменноугольных отложений. В них нашли отражение все структуры облекания верхнедевонско-турнейских рифогенных образований, приуроченных к Ольховской и Каменноложской валообразным зонам, и структуры предположительно тектонического генезиса. В то же время чётко обособившийся по поверхности фаменского яруса крупный Яринский палеоатолл не выделяется как единая самостоятельная структура. Кроме того строение нижнепермского структурного яруса осложнено двумя группами морфологически выраженных построек ниже- и верхнеартинского возраста, причём постройки, приуроченные к прикровельной части артинского яруса, образуют структуры облекания в кунгурских отложениях (рис. 4).

Рис. 4. Структурная карта по кровле нижнепермских карбонатных отложений КЧС [35]

В пределах КЧС по реперу ГК₂ можно выделить семь наиболее крупных структурно-геоморфологических зон: Ольховскую, Вильвенскую, Голубятскую, Боркмоосско-Мутнинскую зоны повышенного залегания репера ГК₂, Южно-Ольховскую, Долгушинскую, Кряжевскую зоны пониженного залегания репера ГК₂.

из которых прослеживается и в более глубоких горизонтах палеозоя, другая часть известна только по нижнепермским отложениям, т.к. строение подстилающих отложений не изучено.

Наиболее крупным поднятием Ольховской зоны является одноимённая структура, приуроченная к западной части зоны. Структура имеет северо-восточное простирание. По замкнутой изогипсе -640 размеры структуры 12 x 3,7 км, амплитуда - 25 м. Сводовая часть структуры осложнена двумя вершинами с размерами 4,5 x 1,7 км (западной) и 6 x 2,8 км (восточной) по замкнутым изогипсам -630. Амплитуды вершин равны (соответственно) ≈ 11 м и ≈ 16 м. На разделяющей эти вершины седловине имеется ещё одно очень незначительное (менее 1 км диаметром) куполовидное поднятие с амплитудой в несколько метров.

Восточнее Ольховской структуры располагается Истокская куполовидная структура, имеющая размеры 4,0 x 2,5 км по замкнутой стратоизогипсе -660 м и амплитудой около 20 м. Ранее на месте западной части брахиантиклинали выделялось Смогалеvское поднятие, а на восточном окончании брахиантиклинали - Ястребовское поднятие.

К юго-востоку от описанной брахиантиклинали, в нижней части южного склона Ольховской зоны отчётливо обособляется структурный выступ, осложнённый четырьмя небольшими куполовидными поднятиями. По стратоизогипсе -685 размеры выступа 4,0 x 3,5 км, размеры поднятий 1-1,5 x 0,7-1 км, амплитуды в пределах 10 м. три из этих поднятий безымянные, четвёртое может быть названо Таборковским, т.к. в его контуре по кровле карбонатных отложений нижней перми выделяется одноимённое поднятие, с которым связано Таборковское месторождение нефти.

Восточнее простирание Ольховской приподнятой (валообразной) зоны резко изменяется с северо-восточного на северо-западное. В этой части зоны известны Ульяновское и Надеждинское поднятие. Первое по замкнутой стратоизогипсе -640 имеет размеры 5 x 1,5-2 км и максимальную амплитуду 20 м. Поднятие осложняется двумя вершинами, размеры которых: западной 1 x 0,3 км, амплитуда не установлена, но не превышает первых метров; восточной 1,3 x 0,6 км, амплитуда 7 м. Юго-восточнее расположена Надеждинская структура с размерами по стратоизогипсе -640 4 x 2,3 км и амплитудой около 15 м. К югу от Надеждинской структуры, на южном склоне Ольховской зоны, в районе скв.34 изогипсой -650 условно оконтуривается небольшое поднятие с неустановленной амплитудой. Ранее поднятие относилось к Надеждинской структуре. Несмотря на незначительные размеры и амплитуду по реперу ГК₂ поднятие заслуживает упоминания, т.к. оно уверенно прослеживается по нижележащим горизонтам, и к нему приурочена залежь нефти в бобриковских отложениях.

В центральной части КЧС расположена Вильвенская зона повышенного залегания репера ГК₂ - Вильвенский структурный выступ. С севера и востока Вильвенский выступ ограничивается Южно-Ольховской и Долгушинской зонами пониженного залегания репера ГК₂, с запада и юга - моноклиналями.

Южно-Ольховская зона представляет замкнутую впадину протяжённостью до 12 км и шириной в западной части до 3,5 км. Впадина имеет уплощённое днище и крутые, особенно в западной части, борта. Разница в отметках между наиболее погруженной частью впадины и повышенной - Вильвенского выступа достигает 70 м.

Долгушинская зона представляет прогиб сложной конфигурации, северная часть которого ориентирована в северо-восточном направлении вдоль Ольховской зоны, а наиболее погруженная и широкая основная часть - субмеридионально. Ширина прогиба достигает 2,5 км, погружение относительно прилегающей части Вильвенского выступа - 35-44 м.

Западным ограничением Вильвенского выступа является довольно крутая моноклираль, высотой до 50 м, являющаяся одновременно и границей КЧС. В южной части моноклинали выделяется Мутнинское поднятие. В юго-западной части выступа моноклираль с перепадом высот до 30 м отделяет его от Голубятской зоны повышенного залегания репера ГК₂. Северо-восточнее выступ ограничивает моноклираль, оканчивающаяся серией небольших прогибов и замкнутых впадин, отделяющих выступ от Боркмосско-Мутнинской зоны. Моноклираль осложнена несколькими небольшими малоамплитудными поднятиями, в числе которых и два куполовидных поднятия, на которые разбилось ранее выделявшееся Восточно-Голубятское поднятие.

Рассмотренные тектонические формы чётко ограничивают самую крупную зону повышенного залегания репера ГК₂ на КЧС. Размер Вильвенского структурного выступа по реперу ГК₂ составляют 24 x 10-12 км. Выступ ориентирован в северо-восточном направлении, постепенно погружается от отметки -625 на западе до отметки -690 на востоке. Поверхность выступа осложнена многочисленными небольшими и малоамплитудными куполовидными поднятиями. Несколько поднятий сдавались паспортами, в т.ч. Усть-Кухтымское, Червильское, Вильвенский выступ, Тропининское, Склоновское. Южнее Вильвенского выступа, в юго-западной части седловины располагается Голубятская зона повышенного залегания репера ГК₂, отвечающая Голубятской структурной террасе. По описываемой поверхности размер террасы 10 x 6 км. Терраса имеет двухступенчатое строение, будучи разделена примерно 10-метровым уступом на две части. Поверхность террасы снижается в юго-восточном направлении и осложнена несколькими малоамплитудными поднятиями. С востока Голубятская терраса неглубокими нечётко выраженными прогибами отделена от Южно-Мутнинской и Боркмосской структур, расположенных на Боркмосско-Мутнинской ветви Каменноложской валообразной зоны.

Боркмосско-Мутнинская зона протягивается с юго-запада на северо-восток до южного продолжения Долгушинского прогиба. Изученная часть Каменноложской зоны представлена многочисленными поднятиями, имеющими незначительные размеры и амплитуды, не превышающие 10 м. Среди этих поднятий были закартированы Смородинское, Южно-Мутнинское, Восточно-Мутнинское, Верх-Боркмосское поднятия.

В восточной части КЧС между Вильвенским структурным выступом и Ульяновско-Надеждинским отрезком Ольховской валообразной зоны располагается Кряжевская зона пониженного залегания репера ГК₂. Зона представляет крупную (9 x 5,5 км) замкнутую впадину, днище которой погружено относительно окружающих приподнятых участков на 40-50 м и более. В настоящее время остаются недостаточно изученными южное и юго-восточное ограничения Кряжевской впадины. С юга она граничит с крупным поднятием, выделенным с значительным долей условности. Также очень условно выделено небольшое поднятие к востоку от впадины в районе скв.4172. Определённый интерес представляет небольшой структурный выступ на южном замыкании впадины, поскольку к нему приурочена Никовская структура.

Восточнее описанных структур до зоны фронтального надвига строение КЧС практически не изучено.

Строение артинской поверхности на КЧС несёт существенные отличия от описанной выше поверхности репера ГК₂. Обусловлено это рядом причин, наиболее значительные из которых это развитие многочисленных сылвенско-саргинских биогермов в западной части седловины и быстрое нарастание мощности обломочных отложений ("терригенного клина") артинского возраста - в восточной.

В целом, по кровле артинского яруса КЧС выделяется очень контрастно, возвышаясь над наиболее погруженной частью Соликамской депрессии на 650-670 м, над Юрезано-Сылвенской депрессией - более чем на 350 м. Ограничивающий седловину с севера моноклиальный склон в Соликамской депрессии характеризуется довольно крутыми до 1,5-2,5° углами падения. Переход от седловины к Юрезано-Сылвенской депрессии более пологий, хотя на отдельных участках углы падения достигают 2,5°. С запада границей седловины служит склон Русской платформы с углами падения также достигающими 2°-2,5°. С востока КЧС ограничена фронтальной частью Всеволодо-Вильвенского надвига.

По кровле артинского яруса в строении КЧС выделяются 7 структурно-геоморфологических зон, из которых первые 6 соответствуют зонам, выделявшимся по поверхности репера ГК₂, а седьмая зона - это крупная высокоамплитудная моноклиаль, сформировавшаяся на месте Кряжевской впадины и восточного окончания Ольховской валообразной зоны, имеющая северо-западное простирание.

Строение Ольховской зоны в той её части, которая имеет северо-восточное простирание, в значительной мере повторяет её строение по реперу ГК₂. Небольшие изменения претерпели конфигурации приподнятых участков, несколько возросли их амплитуды. На месте западного окончания узкого брахиантиклинального поднятия, расположенного восточнее Истокской структуры, обособилось низкоамплитудное куполовидное Смогалеvское поднятие размером 2,0 x 1,5 км.

Довольно существенные изменения претерпели структурные элементы,

ограничивающие расположенный южнее Вильвенский выступ. Южно-Ольховский прогиб по отношению к прилегающим зонам повышенного залегания кровли $P_{1aг}$ стал глубже (до 90 м), увеличилась местами до 3-5 км его ширина, положе стали склоны. Восточнее прогиба обособилась небольшая замкнутая впадина общего с Южно-Ольховским прогибом простираения. Долгушинский прогиб приобрёл мульдообразную форму, и своей северной частью захватил Ольховскую зону, отделив её от сформировавшейся восточнее моноклинали. Ширина прогиба возросла до 3,5 км, глубина относительно прилегающей части Вильвенского выступа существенно не изменилась. Значительно возросли высота (до 160 м) и ширина (до 6 км) моноклинали, ограничивающей Вильвенский выступ с запада. К моноклинали приурочено местоположение наиболее высокоамплитудных нижнепермских органогенных построек КЧС. В южной части моноклинали фиксируется довольно крупное (2,3 x 1,7 км) Мутнинское поднятие, существенно смещённое к западу относительно поднятия по реперу $ГК_2$. И, наконец, стало маловыразительным расплывчатым южное ограничение выступа, которое представлено неглубоким прогибом, отделяющим его от Голубятской структурной террасы. К северо-востоку этот прогиб переходит в пологую моноклинали, отделяющую Вильвенский выступ от Боркмосско-Мутнинской зоны.

Вильвенская приподнятая зона (структурный выступ) в целом сохранила свои размеры (22 x 8 км), ориентировку и морфологию поверхности. По кровле артинского яруса, как и по поверхности репера $ГК_2$, Вильвенская зона (выступ) осложнена многочисленными малоамплитудными поднятиями, наиболее крупные из которых Верх-Мутнинское на востоке выступа и Усть-Кухтымское - на западе. Ряд поднятий, отмечавшихся по поверхности репера $ГК_2$, отсутствуют в строении кровли $P_{1aг}$ и наоборот, в ряде других случаев отмечается также смещение поднятий, изменение их конфигураций и размеров. Например, в контуре Верх-Мутнинского поднятия по кровле P_{1a} (размер 4,5 x 2,3 км) помещаются небольшое безымянное куполовидное поднятие и значительная часть Склоновского поднятия, выделяющиеся по поверхности репера $ГК_2$.

Существенно сократилась площадь Голубятской приподнятой зоны (структурный террасы), изменилась её конфигурация; в морфологии поверхности значительно слабее проявляется двухступенчатое строение. К террасе приурочены три малоамплитудных (менее 5 м) поднятия. С определённой долей условности к Голубятской зоне повышенного залегания кровли $P_{1aг}$ можно отнести 2 куполовидных поднятия, на которые разделилось выделявшееся в прошлом по этой поверхности Восточно-Голубятское поднятие. Более крупный купол имеет размеры 2 x 1,5 км и амплитуду около 10 м. Сравнивая строение Вильвенской и Голубятской повышенных зон по реперу $ГК_2$ и кровле артинского яруса можно отметить, что значительное количество поднятий на них располагаются однопланово или с небольшим смещением. Такие поднятия с наибольшей вероятностью отвечают поднятиям в более глубоких девонско-каменноугольных отложениях и к ним, в первую очередь,

могут быть приурочены скопления нефти в нижнепермских отложениях.

Сохранила близкие размеры, ориентировку, морфологию Боркмоосско-Мутнинская зона. Она по-прежнему представлена многочисленными поднятиями, группирующимися в сдвоенную цепочку, ориентированную в северо-восточном направлении и в этом же направлении постепенно погружающуюся. Практически поднятия, выделявшиеся в строении поверхности репера ГК₂, нашли отражение и по кровле артинского яруса, хотя конфигурация большинства из них в разной степени изменилась. Кроме того, строение зоны несколько усложнилось за счёт появления нескольких дополнительных поднятий. Более заметно обозначился поворот восточного окончания зоны к северу. Как и по поверхности репера ГК₂, восточнее Горбуновского поднятия Боркмоосско-Мутнинская зона ограничивается субмеридиональным прогибом, берущим начало за пределами седловины и переходящим по простиранию в Долгушинский прогиб.

Восточнее упомянутых прогибов кровля артинского яруса имеет моноклиналиное строение. Ширина изученной части моноклинали более 10 км, перепад высот в северо-восточной части седловины более 400 м, в юго-восточной около 260 м. Моноклираль сформирована за счёт быстрого нарастания мощности обломочных отложений ("терригенного клина") артинского яруса и последующего регионального поднятия, сформировавшего восточный борт Предуральяского прогиба. При этом строение нижележащих отложений палеозоя оказалось почти полностью замаскированным. На фоне моноклиналиного залегания кровли Р_{1аг} проявляются лишь отдельные наиболее контрастные по подстилающим горизонтам структуры. Так, в виде небольших малоамплитудных поднятий отражаются Таборковская и Никовская структуры, в виде маловыразительной валообразной структуры, осложнённой мелкими малоамплитудными поднятиями, отразилась Ульяновско-Надеждинская часть Ольховской валообразной зоны. В юго-западной части моноклинали намечаются также два повышенных участка, выделявшихся в прошлом как Феньковская и Стопинская структуры.

В северо-восточной части КЧС несомненный интерес представляет строение ещё одной поверхности - кровли карбонатных отложений артинского яруса, в значительной мере обусловленное седиментационным фактором.

В общих чертах строение участка по кровле карбонатов по данным бурения близко напоминает его строение по реперу ГК₂. В центральной части рассматриваемого участка здесь также развита крупная Кряжевская впадина, окружённая кольцом известных и безымянных малоизученных поднятий. Отличием являются лишь существенно возросшая контрастность рельефа поверхности карбонатов и некоторое его усложнение за счёт появления ряда небольших поднятий, представляющих рифогенные массивы. Превышение вершин известных поднятий над уплощённым дном впадины достигает 100-160 м. Возросшие значения амплитуд поднятий можно объяснить тем, что их величина складывается из двух составляющих: тектонической и седиментационной (рифогенной). В строении одного из малоизученных

поднятий, вскрытого скв. №№23,36, также участвуют рифогенные образования, остальные три приподнятых участка практически не изучены.

Ульяновское, Надеждинское, Никовское, Таборковское, Ключановское, Северо-Ключановское поднятия совместно с условно выделяемыми поднятиями образуют практически полное кольцо вокруг замкнутой впадины, т.е. на рассматриваемом участке имеет место атолловидная группировка поднятий. Учитывая, что в формировании поднятий значительную роль играл седиментационный (рифогенный) фактор, данное природное образование названо Южно-Ульяновским микроатоллом.

Несколько иначе представляется строение поверхности кровли карбонатов по ОГ А^К. Сейсморазведкой выделено несколько небольших поднятий, интерпретируемых как рифогенные массивы и, наоборот, не отмечен, несомненно, рифогенный массив, вскрытый скв. № 127 на Ульяновском поднятии.

Особо следует остановиться на районе Таборковского поднятия. Структурные построения по реперу ГК₂ и кровле подрифовых карбонатов показывают, что Таборковское поднятие (рифогенный массив) располагается на структурном выступе, осложняющем моноклираль, ограничивающую Ольховскую приподнятую зону с юга. Выступ прослеживается не только по нижнепермским, но и по более глубоким горизонтам палеозоя. Выявленные в пределах структурного выступа приподнятые участки также прослеживаются по нижнепермским и более глубоким горизонтам, что говорит о глубинной природе этих структурных форм, возможно связанных с рифогенными образованиями верхнедевонского возраста и (или) с локальным выступом фундамента.

Этот факт, наряду с нефтяной залежью в нижнепермских отложениях, позволяет высказать предположение о возможности присутствия нефтяных залежей в нижнекаменноугольных и верхнедевонских отложениях.

Органогенные постройки нижнепермского возраста

Нижнепермская эпоха – время интенсивного формирования органогенных построек в Пермском Приуралье, в т.ч. и на КЧС. Органогенные постройки, рифогенные образования (обобщающие термины) по морфологическим признакам, фациальным особенностям, сложности строения, взаимоотношению с вмещающими породами подразделяются на следующие типы в соответствии с классификацией Королук и др. [25]: 1) биогермы, 2) биостромы, 3) биогермные массивы, 4) биостромные массивы, 5) рифовые массивы (рис. 5).

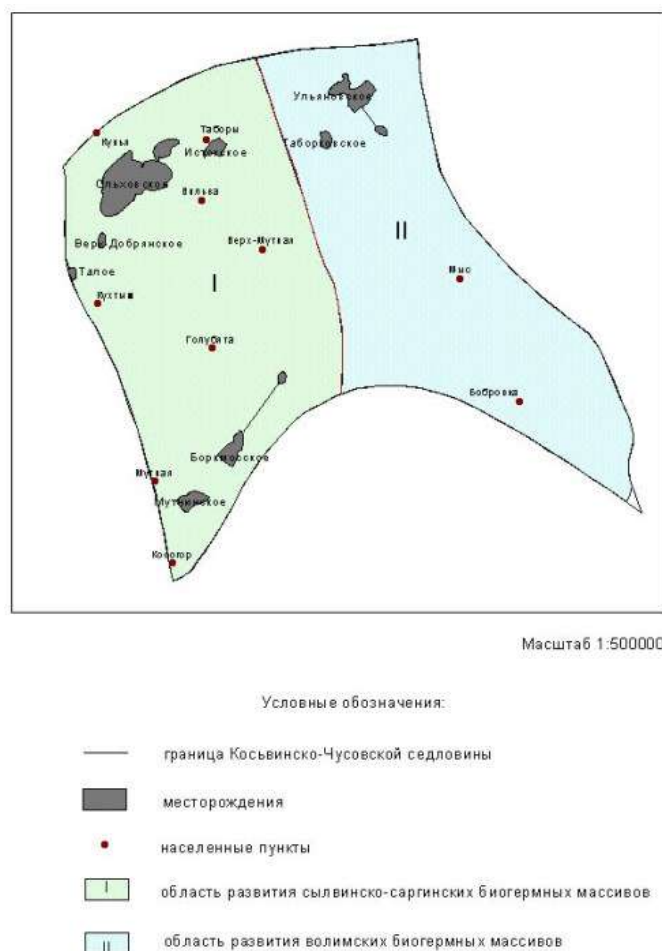


Рис. 5. Схема распространения разновозрастных групп органогенных построек на КЧС [35]

Первые два типа – это постройки сравнительно небольших размеров (десятки - первые сотни метров, редко более 1 км в поперечнике, 10-15 м - в высоту), образованные однообразным биоценозом, а иногда одной группой организмов. При этом биогермы имеют преимущественно выпуклую форму, а биостромы – пластообразную. В отличие от рифов биогермы не достигают приливно-отливной зоны, т.е. не являются волнорезами и поэтому не сопровождаются продуктами разрушения - рифовой брекчией. На КЧС биогермы и биостромы встречаются как самостоятельные органогенные постройки, а также вместе с органогенно-обломочным материалом являются основными составляющими сложных органогенных построек - крупных обособленных массивов, размеры которых достигают от первых десятков до 300 м и более в высоту и от сотен м до нескольких километров в поперечнике.

Изучение морфологии, строения, комплекса рифостроителей и сопутствующих организмов, вещественного состава, структуры и текстуры слагающих пород, набора фаций показало, что большинство сложных органогенных построек, распространённых в нижнепермских отложениях Пермского Приуралья, относится к *биогермным массивам*. Для последних, как и для простых биогермов, характерно отсутствие признаков образования в волноприбойной зоне, таких как фации рифового гребня, рифового плато, пририфового шлейфа и зарифовой лагуны. Изученные массивы

характеризуются нечётко выраженной слоистостью или ее отсутствием, пятнистым, гнездовидным распределением различных групп фауны, органогенно-обломочного и тонкокристаллического карбонатного материала, часто хорошо развитыми крустификациями. В то же время детальное изучение массивов обнаруживает в некоторых из них определённую зональность строения: к центральным частям массивов наиболее часто приурочены мшанково-водорослевые и мшанковые биогермные структуры, характеризующиеся максимальным развитием пор и каверн.

Недостаточный отбор керна, плохая идентифицируемость на материалах геофизических исследований скважин не позволяют в полной мере оценить масштабы развития простых органогенных построек территории, их конфигурацию, распространение и положение в конкретных разрезах, взаимоотношение с вмещающими породами. Рифогенные образования не были отмечены на многих площадях структурного и структурно-параметрического бурения в Предуральском прогибе и в восточной части Русской платформы (из-за низкой квалификации специалистов), в т.ч. на Багайской, Русаковской, Вильвенской, Ново-Шалашинской, Зуятской и др. площадях.

Рифогенные образования, представляющие переслаивание биостромов с органогенно-обломочными породами при преобладании первых, принято называть *биоритмитами* [25]. Развитие биоритмитов на КЧС по указанным выше причинам достоверно не доказано. Возможно, подобные образования вскрыты скв.6879 Вильвенской площади и скв.6511 Усьвинской площади. Не обнаружена также связь между распространением биостромов по площади и разрезу и какими-либо определёнными структурными формами.

Намного полнее сведения о развитии на КЧС сложных органогенных построек. Они отчётливо проявляются при анализе мощностей, фаций, каротажных данных, а также более полно охарактеризованы керновым материалом.

В целом можно отметить, что распространение *рифогенных массивов* на КЧС весьма неравномерно: на отдельных участках развиты одиночные постройки, на других, ближе к границе с Русской платформой, они более многочисленны и иногда, сливаясь основаниями, образуют многовершинные массивы. А в непосредственной близости от границы КЧС с платформой выявлена протяжённая биогермная гряда. Своеобразная форма группирования массивов установлена в восточной половине КЧС. Здесь они окружают замкнутую впадину, образуя кольцеобразную структуру, названную Южно-Ульяновским микроатоллом в отличие от крупной рифогенной структуры верхнедевонско-турнейского возраста, развитой по периферии КЧС и носящей название Яринский палеоатолл.

Сложные органогенные постройки на КЧС относятся к двум разновозрастным группам *волимской* и *сылвенско-саргинской*. Волимская группа органогенных построек сформировалась в верхнесакмарско-нижнеартинское время в восточной половине КЧС, в зоне развития урминской свиты.

Относительно слабая изученность бурения и геофизических исследований восточной половины КЧС не позволяют с достаточно охарактеризовать особенности распространения волимских построек на этой территории. В настоящее время известно, что волимскими рифогенными образованиями сформирован Южно-Ульяновский микроатолл. Однако можно предполагать, что они распространены значительно шире. Группа ландшафтных аномалий, выявленная по аэрокосмогеологическим исследованиям (АКГИ) [8, 11, 24], возможно отражает развитые по восточному краю КЧС волимские массивы (рис. 6). Вероятно, ореол распространения волимских построек захватывает и передовые складки Урала.

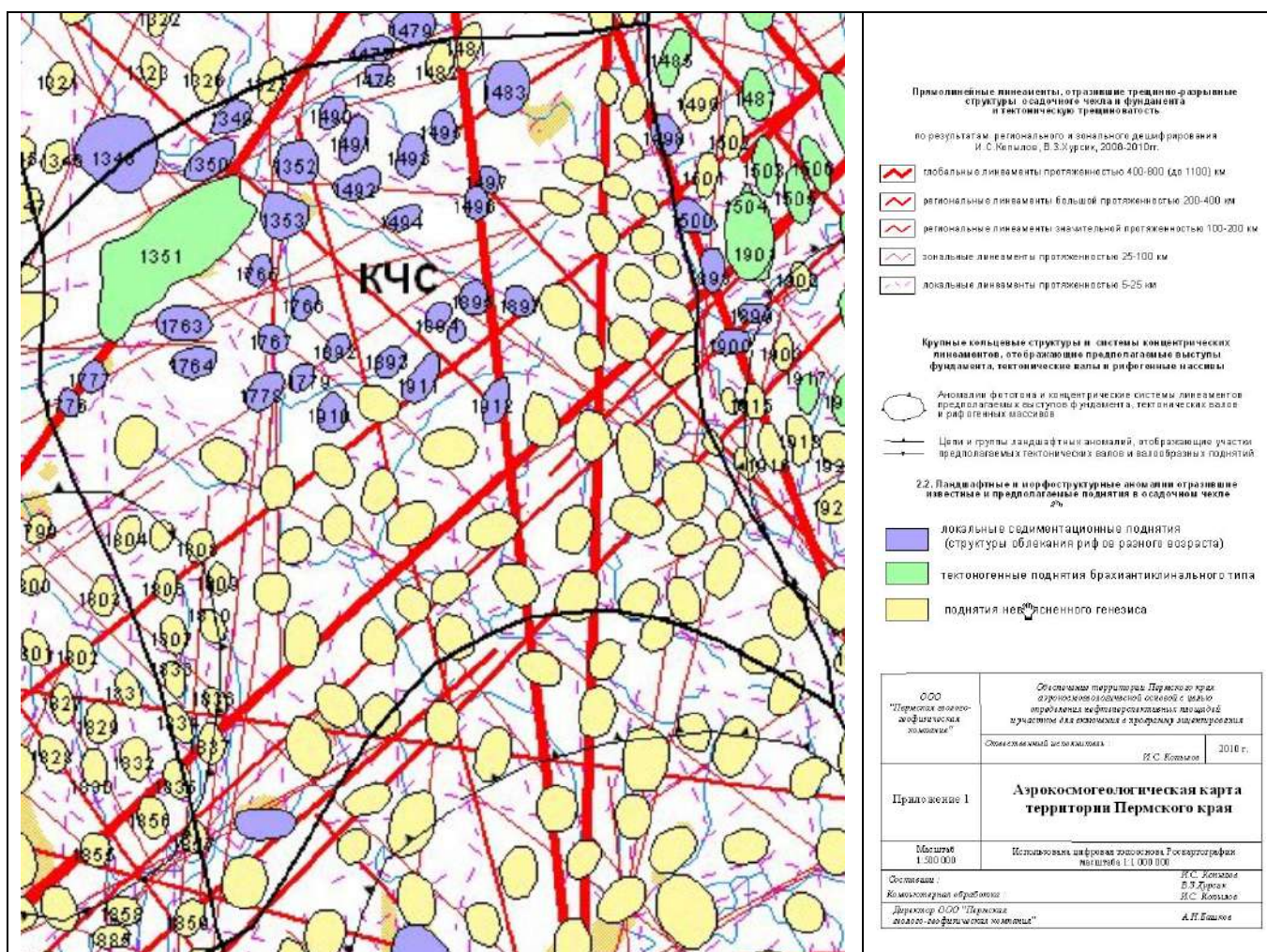


Рис. 6. Ландшафтные аномалии КЧС на аэрокосмогеологической карте [11]
(ландшафтные аномалии, отразившие седиментационные поднятия – структуры обложения рифов показаны фиолетовым цветом)

На наличие рифогенных образований в кровле нижнеартинских карбонатов на западном склоне Урала указывала ранее М.М. Толстихина [29, 30] иногда эти образования описывались под названием "мшанковые холмы". В скв.1 Широковской и 6508 (Усьвинская пл.) нижнепермская карбонатная толща венчается рифогенными породами мощностью до 57 м.

Разбуривание Ульяновского и Таборковского рифогенных массивов на КЧС сопровождалось незначительными отбором керна и объёмом лабораторных исследований, поэтому судить о строении этих массивов приходится, в основном, по данным сейсморазведки и геофизического изучения скважин. Основываясь на этих материалах, можно предполагать, что Ульяновский и Таборковский массивы имеют сложное характерное для волимской группы строение. В обоих случаях на обширном рифогенном основании (платформе, пьедестале) площадью более 20 км² и толщиной 51-57 м, располагаются обособленные вершины-биогермы с площадью основания 0,4-1,5 км² и высотой до 135 м (Таборковский массив). В настоящее время в районе Ульяновского месторождения выявлено не менее 6 вершин. Обращают на себя внимание близкие толщины рифогенного субстрата на обоих месторождениях, а также близкие мощности и особенности строения верхней части нижнепермских карбонатов на Надеждинской структуре, в расположенных к востоку от неё скважинах №№ 6507, 6508, 6509 Усьвинской площади, и в скважине №1 Широковской. Возможно приведённые факты говорят о развитии единой рифогенной платформы на площади северной половины Южно-Ульяновского микроатолла и к востоку от него до Берестянской структуры включительно. Небольшой объём палеонтологических исследований позволил определить время формирования этой платформы как верхнесакмарско-нижнеартинское.

Несколько иное строение имеет верхняя часть нижнепермской карбонатной толщи в районе Никовской структуры. Здесь до конца сакмарского века отлагались преимущественно слоистые разности с маломощными прослойками, возможно линзами, рифогенных пород. Формирование рифовой платформы началось с наступлением артинского века [33]. Скважины, вскрывшие описываемую часть разреза, между Никовской и Таборковской структурами отсутствуют, поэтому невозможно однозначно ответить на вопрос: имеет ли место разрастание рифогенной платформы в раннеартинское время на всю территорию Южно-Ульяновского микроатолла и к востоку от него или существуют две самостоятельные рифогенные платформы.

Волимские биогермные массивы, развитые на поверхности рифогенной платформы, слагаются известняками несколько более светлыми относительно подстилающих пород. Окраска преимущественно однородная, почти или совсем отсутствует пятнистость, считающаяся характерным признаком рифогенных образований. В то же время такие типичные для последних признаки как развитие неоднородных структур, крустификации, регенерационные каёмки, инкрустации широко развиты. Рифогенные известняки характеризуются большим структурным разнообразием. Среди них отмечены органогенно-детритовые, биогермные, кристаллически-зернистые (от микро- до крупнозернистых, а также разнотернистые), сгустковые, редко комковато-сгустковые и радиально-лучистые структуры. Размеры участков с той или иной структурой сильно колеблются, а их распределение имеет гнездовидный характер.

Основными рифостроителями волимских построек являются мшанки. Широко распространены остатки (членики) криноидей. Остальные группы организмов не играют существенной роли в формировании волимских построек. Распределение органических остатков в слагающих постройки породах очень неравномерное: присутствуют все разновидности карбонатов - от органогенных до немых кристаллических и комковато-сгустковых. Как правило, породы в разной степени окремнены, характерно также широкое, хотя и неравномерное развитие стилолитов, процессы сульфатизации и доломитизации почти не проявляются.

Повсеместно субстратом волимских рифогенных образований служат окремненные криноидно-мшанковые известняки. Покрываются они карбонатно-глинистыми породами (известняками, мергелями, известковистыми аргиллитами), залегающими в нижней части урминской свиты. При этом следует отметить, что в случае налегания урминской свиты непосредственно на волимский биогерм контакт карбонатно-глинистой толщи с рифогенными карбонатами резкий. В случае, когда урминская свита покрывает слоистые нижнепермские карбонаты или рифовую платформу, контакт между ними постепенный: переходная зона имеет мощность от нескольких до 20-30 и более метров и представлена переслаиванием карбонатно-глинистых и карбонатных пород.

Сылвенско-саргинская группа биогермных массивов распространена в западной части КЧС, в полосе развития дивьинской свиты. Густая сеть скважин позволяет достаточно полно охарактеризовать особенности распространения сылвенско-саргинских массивов на описываемой территории. Вдоль западной границы Предуралья протягивается практически непрерывная биогермная гряда длиной более 50 км и шириной от 1-1,5 км до 3-4,5 км. В плане гряда имеет сложную извилистую форму, а в разрезе характеризуется резкой изменчивостью толщин рифогенных отложений, которые колеблются от первых метров до 240 м. Восточнее гряды распространены обособленные одно- и многовершинные массивы разной высоты и конфигурации. Их наибольшая высота, по данным бурения, приближается к 360 м, площадь основания составляет несколько км², редко превышая 10 км².

В качестве примеров таких массивов могут служить одновершинный массив, вскрытый скв.4151, 5628, и двухвершинный массив в юго-западной части КЧС. В морфологии последнего обращает на себя внимание участок между скважинами 4285 и 5046, характеризующийся очень крутым склоном.

Слагаются сылвенско-саргинские массивы преимущественно известняками, в меньшей степени доломитами, роль которых возрастает в массивах небольших размеров. Независимо от химического состава слагающих массивы карбонатов макроскопически породы имеют много общих признаков. Они массивные пятнистые в разной степени сульфатизированные с многочисленными органическими остатками. Характерна определённая вертикальная зональность. В нижней части массивов породы более тёмные, серые или тёмно-серые скрытокристаллические, плотные, участками с

включениями известняка светло-серого криноидного, с редкими порами и кавернами, иногда с многочисленными стилолитовыми швами, с гнёздами и прожилками гипса и ангидрита, часто переполненные органическими остатками, особенно мшанками. Только в этой части разреза постройки присутствуют брахиоподы крупных размеров и фузулиниды. Выше по разрезу породы имеют наиболее характерный рифогенный облик. Они светло- и желтовато-серые, брахиоподово-мшанковые или водорослево-мшанковые, пористо-кавернозные, участками трещиноватые, с хорошо развитыми крустификационными обрастаниями, в разной степени сульфатизированные с большим количеством разнообразной фауны. Небольшими участками породы серые кристаллически зернистые однородные почти не содержащие фауны. Верхняя часть массивов, как правило, слагается плотными серыми и коричневато-серыми породами с редкими небольшими пустотами, с многочисленной фауной мелких брахиопод. О соотношении толщин описанных частей сылвенско-саргинских массивов можно судить по данным скважины 2157 Голубятской площади, пробуренной с полным отбором керна: нижняя толща - до 185 м, средняя толща - 85-90 м, верхняя толща - более 50 м. На небольших массивах верхняя толща практически отсутствует.

Подобно волимским сылвенско-саргинские биогермные массивы характеризуются большим структурным разнообразием слагающих пород. При этом биогермные и крустификационные структуры максимально распространены в средней толще. Здесь же наиболее высокий объём пустотного пространства.

Основными рифостроителями сылвенско-саргинских построек являются трубчатые водоросли и мшанки (сетчатые и ветвистые), среди сопутствующих организмов очень многочисленны брахиоподы, криноидеи, фораминиферы. Распределение фауны носит гнездовидный характер, и наряду с участками, практически нацело сложенными органическими остатками, имеются участки карбонатов, немых или крайне обеднённых остатками организмов. Причём гнездовидный характер распределения имеет место не только на макро-, но часто и на микроуровне.

Субстратом сылвенско-саргинских построек служат верхнеартинские известняки зеленовато-серые, малоглинистые, иногда слабо окремнённые с большим количеством разнообразной фауны. Покрываются массивы доломитами и ангидритами филипповского горизонта, причём с ростом высоты массива из разреза выпадает всё большая часть горизонта. Над наиболее высокими массивами филипповский горизонт отсутствует, и они покрываются ангидритами низов иренского горизонта.

Необходимо отметить, что в зоне перехода дивьинской свиты в урминскую краевые части сылвенско-саргинских массивов, перекрытые глинистыми отложениями, могут быть ошибочно отнесены к волимской группе. Поэтому выделены основные отличия между постройками обеих групп (табл.).

Отличительные признаки органогенных построек волимской и сылвенско-саргинской групп [35]

Признаки	Волимская группа	Сылвенско-саргинская группа
I Литологические		
1. Строение	Однородное	Зональное
2. Окрашка пород	Относительно однообразная по всему массиву. Пятнистость слабо выражена	Преобладание серых, коричневатых и тёмно-серых пород в нижней и верхней частях массивов, преимущественно светлых - в средней части. Пятнистость контрастная, особенно в средней части массивов
3. Наличие пустот	Незначительное развитие макропористости и кавернозности. Участками довольно многочисленны сутуры и трещины, в т.ч. и открытые	Сильная пористость и кавернозность, особенно в средней части. Трещины, как правило, заполнены кальцитом и сульфатами
4. Катагенетические изменения	Относительно слабая степень доломитизации, сульфатизации; характерно широкое, часто неравномерное окремнение. Породы обычно сильно перекристаллизованы	Намного сильнее выражены сульфатизация и доломитизация; окремнение отсутствует. Перекристаллизация участками. В средней части очень развиты крустификации
II Органические остатки		
1. Рифостроители	Мшанки	Мшанки и водоросли
2. Особенности распространения сопутствующих организмов:		
2.1. Состав и его изменение в теле массива	Практически одинаковый по всей толщине	Заметно изменяется в соответствии с вертикальной зональностью
2.2. Фузулиниды	По всей толщине	Только в нижней части массивов
2.3. Брахиоподы	Немногочисленны. Состав однороден	Многочисленны. Отличаются по составу (и по размерам) в разных частях массива, в средней части часто характеризуются прекрасной сохранностью
III. Взаимоотношение с покрывающими толщами	Покрывающие терригенные отложения P_{1ag} полностью нивелируют рифогенный массив главным образом за счёт сокращения мощности нижней глинистой толщи. По кровле P_{1ag} и выше по разрезу отсутствуют структуры облекания. Иногда они имеют место за счёт поднятий в подстилающих горизонтах	Из разреза частично (редко полностью) выпадает P_{1fl} . В покрывающих отложениях наблюдаются структуры облекания
IV. Связь со структурными формами	Приурочены преимущественно к поднятиям и приподнятым зонам	Выражена недостаточно чётко

В заключении по рифовым массивам необходимо отметить, что основными методами их картирования, кроме буровых работ являются геофизические работы, которыми установлено, что рифогенные массивы обеих групп достаточно уверенно картируются сейсмическими методами. Результаты гравиразведки во многом зависят от состава облекающих пород [1] и поэтому более надёжны при поисках органогенных построек сылвенско-саргинской группы. Также рифогенные массивы достаточно четко картируются по материалам аэрокосмогеологических исследований, особенно по дешифрированию современных спектрозональных космических снимков [6-8, 10, 11, 13-16, 20]. По геохимическим материалам рифогенные массивы характеризуются определенным набором микроэлементов с повышенными содержаниями (Mn, Ti, Zn, Pb, Zr и др.), зафиксированными в почво-грунтах в контурах рифов [9, 12, 18, 19, 21, 22].

Выводы и рекомендации

Основной задачей настоящего отчёта является выделение объектов и площадей для лицензирования с целью геологического изучения нефтегазоносности нижнепермских отложений возможно с последующей разработкой открытых залежей углеводородов.

Выделение объектов и площадей для лицензирования должно базироваться на их оценке в отношении перспектив нефтегазоносности. В результате проведенных исследований выделяется и уточняется ряд важных положений.

На территории КЧС развита мощная (до 600 м) карбонатная толща нижнепермского возраста. В строении толщи участвуют слоистые и массивные рифогенные образования, причём и те, и другие литологически очень неоднородны. Выявлены многочисленные органогенные постройки, отличающиеся по морфологии, возрасту, площадям распространения. Повсеместно в разрезах нижнепермских карбонатов присутствуют пласты-коллекторы, наличие которых подтверждается лабораторными исследованиями.

Верхняя часть осадочного чехла на территории КЧС складывается отложениями кунгурского возраста, в составе которых существенную роль играют сульфатные породы. Последние как известно, являются надёжными покрышками. Кроме того, в восточной половине КЧС нижнепермские карбонаты покрываются карбонатно-глинистой толщей, также способной выполнить роль покрышки.

Карбонатные отложения нижней перми формируют разнообразные по строению и генетической природе ловушки. Наличие некоторых типов ловушек в настоящее время доказано, возможность присутствия ловушек иного строения можно предполагать.

На КЧС открыты три месторождения нефти. Одно из них связано со слоистыми карбонатами, другие приурочены к рифогенным образованиям. Кроме того, в разных частях седловины при испытаниях скважин получены непромышленные притоки нефти. Практически повсеместно на КЧС

распространены нефтегазопроявления различной интенсивности, причём они захватывают широкие диапазоны глубин и стратиграфического разреза.

Перечисленные положения однозначно говорят в пользу перспективности нижнепермского карбонатного комплекса на КЧС.

В качестве первоочередных перспективных объектов КЧС можно рассматривать два участка:

1). *Боркмосско - Мутнинская площадь*. Приурочена к Каменноложской валообразной зоне, северо-восточная ветвь которой ограничивает с юга Косьвинско-Чусовскую седловину. Площадь детально изучена сейсморазведкой, структурным и поисково-разведочным бурением. Этими работами установлено, что нижнепермские отложения отражают строение верхнедевонских рифогенных образований и закартированные в пределах площади структуры имеют тектоно-седиментационную природу. Всего на площади закартировано пять структур (поднятий) - Боркмосская, Восточно-Боркмосская, Восточно- и Южно-Мутнинская, Смородинская. По нижнепермским маркирующим горизонтам структуры имеют сложную форму, разбиваясь на мелкие куполовидные малоамплитудные поднятия. Кроме того строение нижнепермских отложений осложняется развитыми в прикровельной части артинского яруса рифогенными массивами сылвенско-саргинской группы в разрезе нижней перми могут быть встречены несколько нефтенасыщенных пластов. Наиболее вероятными типами ловушек можно считать структурный, палеогеоморфологически и литологически ограниченный.

2) *Ульяновско - Надеждинская площадь* представляет восточное окончание Ольховской валообразной зоны, в границах которого находятся Ульяновское и Надеждинское тектоно-седиментационные поднятия. На площади известны притоки газа с конденсатом из верхнего девона, промышленная залежь нефти и газопроявления в терригенных отложениях нижнего карбона. Нефтеносность нижней перми доказана присутствием нефтяной залежи в нижнепермских карбонатах на Ульяновском поднятии и притоками нефти из артинских и сакмарских отложений на Надеждинском поднятии. Несмотря на это нижнепермская карбонатная толща на предлагаемой площади, несомненно, нуждается в дальнейшем изучении.

Библиографический список

1. Грачевский М.М., Долицкий В.А. и др. К методике поисков нефтегазопромысловых рифов // В сборнике: Палеотектоника и палеогеоморфология в нефтяной геологии. М. Наука, 1978. С.203-207.
2. Ехлаков Ю.А. Верхний карбон и ассельский ярус Камского Приуралья и Западного Урала / автореф. дисс. на соиск. учён. степ. канд. геол.-минерал. наук. Казань, 1980.
3. Золотова В.П., Девингаль В.В. и др. Биостратиграфия нижнепермских отложений Пермского Предуралья // В книге: Нижнепермские отложения Камского Предуралья. Тр. КО ВНИГНИ. Вып.118, 1973. С.49-135.
4. Козлов С.В., Копылов И.С. Нефтегазоносность нижнего структурного осадочного чехла в Калтасинском авлакогене с позиций глубинного абиогенного генезиса углеводородов // Вестник Пермского университета. Геология. 2022. Т. 21. № 4. С. 369-383.
5. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных

месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

6. Копылов И.С. Анализ и обобщение результатов аэрокосмогеологических исследований в бортовых зонах ККСП и сопредельных районах палеошельфа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2021. С. 13-42.

7. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

8. Копылов И.С. Аэрокосмогеологическая основа территории пермского края для выбора перспективных направлений, площадей, объектов нефтегазопроисковых работ и экологической безопасности // В сборнике: Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья. Сборник научных трудов к 100-летию со дня рождения профессора П.А. Софроницкого. Пермь, 2010. С. 208-212.

9. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.

10. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические нефтегазопроисковые исследования на Ново-Губахинском лицензионном участке // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2021. С. 224-252.

11. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.

12. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2 (15). С. 16-34.

13. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.

14. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и результаты нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований на Керчевской площади (Камский свод) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2022. С. 46-71.

15. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа по аэрокосмогеологическим исследованиям для поисков нефтегазоперспективных структур (на примере Пономаревской площади, Камский свод) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2021. С. 68-95.

16. Копылов И.С. Нефтегазоносность северной части Башкирского свода (Жуковская площадь) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2022. С. 416-449.

17. Копылов И.С. Особенности геологического строения нижнепермского нефтегазоносного комплекса в Соликамской депрессии // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 432-455.

18. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 1. С. 26-37.

19. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография. Lap Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.

20. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 38-47.

21. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.

22. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерогеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

23. 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.

24. Копылов И.С., Хурсик В.З. Обеспечение территории Пермского края

аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования. Отчет о НИР. 2010.

25. Королюк И.К., Михайлова М.В. и др. Ископаемые органические постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность. М.: Наука, 1975. С.237.

26. Оборин А.А., Хурсик В.З. Литофации нижнепермских отложений Пермского Приуралья. В сборнике: Нижнепермские отложения Камского Приуралья. Тр. КО ВНИГНИ. Вып.118. Пермск. книжн. изд-во, 1973.

27. Пнёв В.П., Гроздилова Л.П. и др. Филинокский (новокуркинский) горизонт ассельского яруса Западного Урала. Зап. Ленинградского горн. ин-т, Т.13. Вып.2. Л.: Недра, 1967.

28. Пнёв В.П., Гроздилова Л.П. и др. Белогорский (тастубский) горизонт сакмарского яруса Западного Урала. Зап. Ленинградский горн. ин-т, Т.59. Вып.2. Л.: Недра, 1971.

29. Софроницкий П.А. Геология и нефтегазоносность Уфимско-Соликамской впадины в Пермской области / дисс. на соиск. уч.степ. канд.геол.-минерал. наук. Пермь, 1961.

30. Толстихина М.М. Материалы к стратиграфии верхнего палеозоя в Кизеловском районе // Записки Всесоюзн. минерал. об-ва. Ч. 61, № 1. 1936.

31. Толстихина М.М. Рифовые образования верхнего палеозоя на западном склоне Урала // XVII межд. геол. конгресс. Тезисы докладов. 1937.

32. Хурсик В.З. и др. Анализ данных бурения на территории Косьювско-Чусовской седловины с целью выявления нефтеносных нижнепермских рифов для постановки поискового бурения. Пермь, 2003. Фонд ООО «ПермНИПИнефть».

33. Хурсик В.З. Органические постройки артинского возраста в Пермском Приуралье. Известия АН СССР. Сер. геол. № 8. 1976. С.78-84.

34. Хурсик В.З., Голдырева Т.К., Волкогон С.П., Копылов И.С. Анализ результатов бурения на месторождениях Соликамской депрессии с целью выявления объектов в нижнепермских отложениях для постановки сейсморазведочных работ. Отчёт сектора комплексных геологических исследований ООО «ПермНИПИнефть». Пермь, 2005. 188 с.

35. Хурсик В.З., Голдырева Т.К., Бауэр Г.А., Копылов И.С., Волкогон С.П. Обобщение данных по нефтегазоносности нижнепермских отложений с целью выявления перспективных площадей и объектов для лицензирования. Отчёт сектора комплексных геологических исследований ООО «ПермНИПИнефть». Пермь, 2005. 221 с.

36. Шеринёв К.С. Геологическое строение протерозойско-палеозойского комплекса Пермского Приуралья в связи с его нефтегазоносностью / Автореф. дисс. на соиск. учён. степ. канд. геол.- минерал. наук. Пермь, 1971.

ПРОБЛЕМЫ ИСЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОНОСНОГО БАССЕЙНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Объектом исследования являются подземные водные объекты, находящиеся в сфере ведения природопользователей для выработки единых научных требований к порядку определения размера вреда, причиненного подземным водным объектам, с учетом практического опыта. Разработана методика расчета размера вреда, причиненного подземным водным объектам, на основании геологической информации о подземном водном объекте и данных производственного экологического мониторинга. Рассмотрена проблема исчисления размера ущерба от загрязнения подземных вод для водоносного бассейна на примере Иреньского бассейна подземных вод.

Ключевые слова: гидрогеоэкология, подземные воды, бассейн подземных вод, водоносный горизонт, загрязнение, эколого-гидрогеологические исследования, гидрогеохимические исследования, производственный экологический мониторинг, методика, расчет размера вреда подземным водным объектам.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

PROBLEMS OF CALCULATING THE AMOUNT OF DAMAGE FROM GROUNDWATER POLLUTION IN THE TERRITORY OF AN AQUIFER DURING THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS DEPOSITS

The object of the study is underground water bodies that are under the jurisdiction of nature users for the development of uniform scientific requirements for the procedure for determining the amount of damage caused to underground water bodies, taking into account practical experience. A method for calculating the amount of damage caused to underground water bodies has been developed based on geological information about the underground water body and industrial environmental monitoring data. The problem of calculating the amount of damage from groundwater pollution for an aquifer is considered using the example of the Irensky groundwater basin.

Keywords: hydrogeoecology, groundwater, groundwater basin, aquifer, pollution, ecological and hydrogeological studies, hydrogeochemical studies, industrial environmental monitoring, methodology, calculation of the amount of damage to groundwater bodies.

Проблема оценки и размера ущерба от загрязнения подземных вод и обоснование методики

Одна из глобальных и сложнейших эколого-гидрогеологических проблем в мире и в России – загрязнение подземных вод, как по локальным объектам, так и крупным бассейнам в целом, вследствие воздействия комплексных

природно-техногенных факторов. С данной проблемой тесно связана эколого-экономическая проблема расчетов объемов и масштабов этих воздействий.

В Российской Федерации (как и в мире в целом) до настоящего времени отсутствовала методика расчёта размера вреда, причиненного подземному водному объекту вследствие загрязнения подземных вод, в том числе порядка определения объема загрязненных подземных вод.

В Правилах расчета размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства Российской Федерации о недрах, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 04.07.2013 № 564, порядок расчёта размера вреда, причиненного подземному водному объекту вследствие загрязнения подземных вод, не определен.

В 2023 г. ФГБУ «ГосНИИЭНП» Росприроднадзор, составлен отчет, в котором представлен проектный вариант методики расчета размера вреда, причиненного подземным водным объектам вследствие загрязнения подземных вод, на основании геологической информации о подземном водном объекте и данных производственного экологического мониторинга (автор – отв. исполнитель данного отчета) [24].

Разработка осуществлялась на основе практического опыта и экспериментальных работ как российских, так и зарубежных организаций соответствующего профиля. Применялись методы системного анализа и экспертных оценок. При разработке Методики использованы существующие нормативные и методические документы, а также научные разработки [1-69 и др.].

Решались следующие задачи:

- анализ предшествующих методик и видов работ;
- проведение комплексных гидрохимических исследований экологического состояния подземных водных объектов с использованием специального лабораторного и аналитического оборудования;
- организация выполнения производственного экологического мониторинга подземных водных объектов;
- выполнение анализа производственного экологического мониторинга;
- проведение лабораторных исследований по оценке воздействия техногенных факторов на экологическое состояние подземных водных объектов;
- обработка результатов проведенных лабораторных исследований с получением актуальной информации об экологическом состоянии подземных водных объектов;
- расчет размера вреда, причиненного подземному водному объекту с использованием экспертной оценки на основе комплексного анализа существующей экологической обстановки в районе расположения подземных водных объектов с использованием современных средств экологического мониторинга подземных вод.

Методика устанавливает единые научные требования к порядку определения размера вреда, причиненного подземным водным объектам вследствие загрязнения подземных вод, в результате экологических

правонарушений, аварий на предприятиях, транспорте и других объектах, приведших к загрязнению питьевых и минеральных подземных вод, а также других типов подземных вод (технических, теплоэнергетических, промышленных), если загрязнение последних приводит к загрязнению других компонентов окружающей природной среды (почва, поверхностные воды суши и морские воды, флора и фауна).

Методика предназначена для методического обеспечения при осуществлении федерального государственного геологического контроля (надзора) на территории Российской Федерации Федеральной службой по надзору в сфере природопользования и ее территориальными органами и подведомственными организациями, а также при рассмотрении вопросов о целесообразности продолжения либо прекращения работ, связанных с недропользованием, включая вопросы о фактических сроках их окончания [24].

Общие положения для расчёта размера вреда, причиненного подземному водному объекту

Масштаб вреда, нанесенного в результате экологического правонарушения, может быть определен на основании фактически установленных, инструментально измеренных и документально подтвержденных данных. Суммарная величина ущерба от загрязнения подземных вод определяется как сумма отдельных объемов ущерба, нанесенных различным природным средам (объектам, ресурсам) и природопользователям.

Сбор доказательств, необходимых для подтверждения факта загрязнения подземных вод, оценки масштабов загрязнения (характер, границы области и источники загрязнения), прогноза динамики загрязнения подземных вод, оценки и прогноза влияния загрязнения подземных вод на другие сопряженные с ними компоненты окружающей природной среды (почва, поверхностные воды суши и морские воды, флора и фауна) проводится в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Изучение объекта загрязнения подземных вод проводится в соответствии с нормативно-методическими документами [2-7, 38-43, 47-52, 60-67 и др.], с использованием современной геологической информации о подземном водном объекте, данных производственного экологического мониторинга, комплексных гидрохимических исследований экологического состояния подземных водных объектов с использованием специального лабораторного и аналитического оборудования, а также проведением других геолого-геофизических (включая бурение гидрогеологических наблюдательных скважин), дистанционных аэрокосмогеологических исследований, гидродинамического и гидрогеохимического моделирования в необходимом объеме для прогноза дальнейшего развития процесса загрязнения подземных вод и выработку решения по ликвидации загрязнения или компенсации его последствий.

Объектом исследования являются подземные водные объекты: водоносные горизонты (комплексы) и бассейны подземных вод – совокупность водоносных горизонтов и слабопроницаемых (водоупорных) пластов, характеризующаяся замкнутым балансом подземных вод (т. е. равенством в многолетнем разрезе величин питания и разгрузки подземных вод).

В водном кодексе отмечено, что границы подземных водных объектов определяются в соответствии с законодательством о недрах [2]. Однако фактически границы определяются – либо по существующей карте гидрогеологического районирования, разработанной ВСЕГИНГЕО (1990) [33] (рис. 1), либо по бассейнам (площадям водосбора) поверхностных вод, условно считая, что бассейны подземных вод совпадают с бассейнами поверхностных вод. В этом случае, для эколого-гидрогеологической оценки, определяется порядок бассейнов рек [24].

Как показывает практика [15, 16, 21] оптимальными изучаемыми бассейнами подземных (поверхностных) вод являются: для оценки локального загрязнения – бассейны 2-3 порядков, для оценки регионального загрязнения – 4-5 и более порядков.



Границы гидрогеологических структур: 1 – регионов, 2 – бассейнов I порядка (провинций); 3 – бассейнов II порядка (подпровинций); 4 – бассейнов III порядка (областей), 5 – бассейнов субнапорных вод
Рис. 1. Карта гидрогеологического районирования территории СССР [33]

Экономическая оценка ущерба от загрязнения подземных вод и связанных с ними других компонентов природной среды может быть использована для:

- обоснования размеров сумм возмещения ущерба;
- полного учета затрат при технико-экономическом обосновании проектируемых хозяйственных мероприятий, реализация которых может

привести к загрязнению подземных вод и связанных с ними других компонентов природной среды;

- определения стоимости защитных мероприятий на объектах, где выявлена тенденция к загрязнению подземных вод и связанных с ними других компонентов природной среды;

- определения стоимости мероприятий по реабилитации подземных вод на загрязненных территориях;

- компенсации убытков, понесенных иными природопользователями.

Процедура исчисления размера ущерба

Оценка степени загрязнения подземных вод производится сопоставлением их качества с фоновым состоянием подземных вод и требованиями, предъявляемыми к качеству воды в зависимости от цели водопользования по нормируемым показателям.

Требования к качеству подземных вод в зависимости от их целевого назначения определяются в соответствии с ГОСТами и СанПиНами, утвержденными в установленном порядке.

Степени загрязнения подземных вод рассматриваются для двух случаев:

- а) значения одного или нескольких нормируемых показателей превышают фоновое состояние и увеличиваются во времени, но остаются ниже нормативов и требований, установленных ГОСТ 2874-82, ГОСТ 2761-84, ГОСТ 13273-88, СанПиН 2.1.4.544-96, ТУ 10.04.06. 132-88;

- б) значения одного или нескольких нормируемых показателей превышают нормативы и требования, установленные ГОСТ 2874-82, ГОСТ 2761-84, ГОСТ 13273-88, СанПиН 2.1.4.544-96, ТУ 10.04.06.132-88.

В общем случае ущерб (B_p) как суммарное стоимостное выражение всей совокупности затрат, ущерба подземным водам и другим компонентам окружающей среды и убытков, вызванных экологическим правонарушением, определяется по формуле:

$$B_p = Z_{гр} + У_{щ1} + У_{б1} + У_{щ2} + У_{б2} \quad (1)$$

где: $Z_{гр}$ - затраты на изучение объекта загрязнения подземных вод, прогноз дальнейшего развития этого процесса и выработку решения по ликвидации загрязнения или компенсации его последствий;

$У_{щ1}$ - ущерб подземным водам как полезному ископаемому, использование которого в связи с загрязнением должно быть ограничено или невозможно;

$У_{б1}$ - убытки, которые несут недропользователи, эксплуатирующие подземные воды, в связи с их загрязнением, включая упущенную выгоду;

$У_{щ2}$ - ущерб другим компонентам окружающей природной среды (почва, поверхностные воды суши и морские воды, флора и фауна) в связи с загрязнением подземных вод, затрудняющим или делающим невозможным использование этих компонентов по заданному назначению;

Уб₂ - убытки природопользователей в связи с ограничением использования других компонентов окружающей природной среды из-за загрязнения подземных вод.

В конкретных ситуациях загрязнения подземных вод та или иная составляющая правой части формулы (1) может быть (или приниматься) равной нулю. Подробно методика с примерами ее применения изложена в работе [24].

Проблемы оценки размера ущерба от загрязнения подземных вод на территории водоносного бассейна (при разработке месторождений нефти и газа)

Проблему исчисления размера ущерба от загрязнения подземных вод для водоносного бассейна покажем на примере Западного Урала и Приуралья (Пермского края), где располагается более 230 нефтегазовых месторождений.

При этом необходимо рассмотреть экологическую проблему загрязнения подземных вод гидрогеологического бассейна, гидрогеологические условия района (выбираем один из южных нефтегазоносных районов – *Иреньский водоносный бассейн*) и возможные факторы загрязнения.

Разработка нефтяных месторождений в районе обуславливает загрязнение подземных и поверхностных вод, почв, грунтов. Причинами загрязнения являются утечки нефтепродуктов при работе технологического оборудования и в результате недостаточности изоляции флюидопора над нефтяной залежью. Скорость миграции нефтяного загрязнения зависит от природных условий, особое значение приобретают коллекторские свойства грунтов и горных пород. В карстовых районах миграция загрязнения нефтепродуктами происходит по карстовым коллекторам (закарстованные трещины, каверны, пещеристые полости). При этом от первичного очага нефтяное загрязнение быстро попадает в водоносные горизонты и проявляется в местах их разгрузки в зонах горизонтальной и сифонной циркуляции трещинно-карстовых вод, где формируются вторичные линзы, являющиеся природными ловушками.

Основным негативным последствием разработки нефтяных месторождений является загрязнение пресных поверхностных и подземных вод хлоридами, нефтепродуктами и другими загрязняющими веществами. Основными причинами поступления этих веществ в подземные водоносные горизонты и поверхностные водоемы являются следующие причины: фильтрация из буровых котлованов через дно и стенки объекта; инфильтрация с действующих промышленных площадок; подъем минерализованных вод снизу по некачественному зацементированному заколонному пространству скважин в верхнюю гидродинамическую зону. Выделяется 3 типа нефтяного загрязнения подземных вод (Ф.И. Тютюнова): 1) сырой нефтью, 2) минерализованными пластовыми и сточными водами, 3) продуктами нефтехимического синтеза. Ореолы нефтяного загрязнения могут прослеживаться на расстоянии нескольких километров. Они сохраняются весьма долго (десяtkи лет), оцениваются на большой спектр различных показателей, что свидетельствует о сложности их изучения периферии ореола наблюдаются растворенные формы

углеводорода вводе [10].

Иреньский водоносный бассейн – часть Бабкинско-Иреньского бассейна подземного стока (III-3Г-4в), выделенного по карте гидрогеологического районирования СССР (ВСЕГИНГЕО, 1990) [33], в составе Восточно-Европейской системы бассейнов (III), Восточно-Русского бассейна (III-3), Камско-Вятского бассейна (III-3Г), Тулвинской группы бассейнов (III-3Г-4). (III-3), Камско-Вятского бассейна (III-3Г), Тулвинской группы бассейнов (III-3Г-4). Общая площадь Иреньского бассейна 6,0 тыс. км² (рис. 2).

По тектоническому районированию находится на восточной окраине Восточно-Европейской платформы, Волго-Уральской антеклизы, в пределах тектонических структур I порядка – Бымско-Кунгурской впадины, Башкирского свода и Бабкинской седловины.

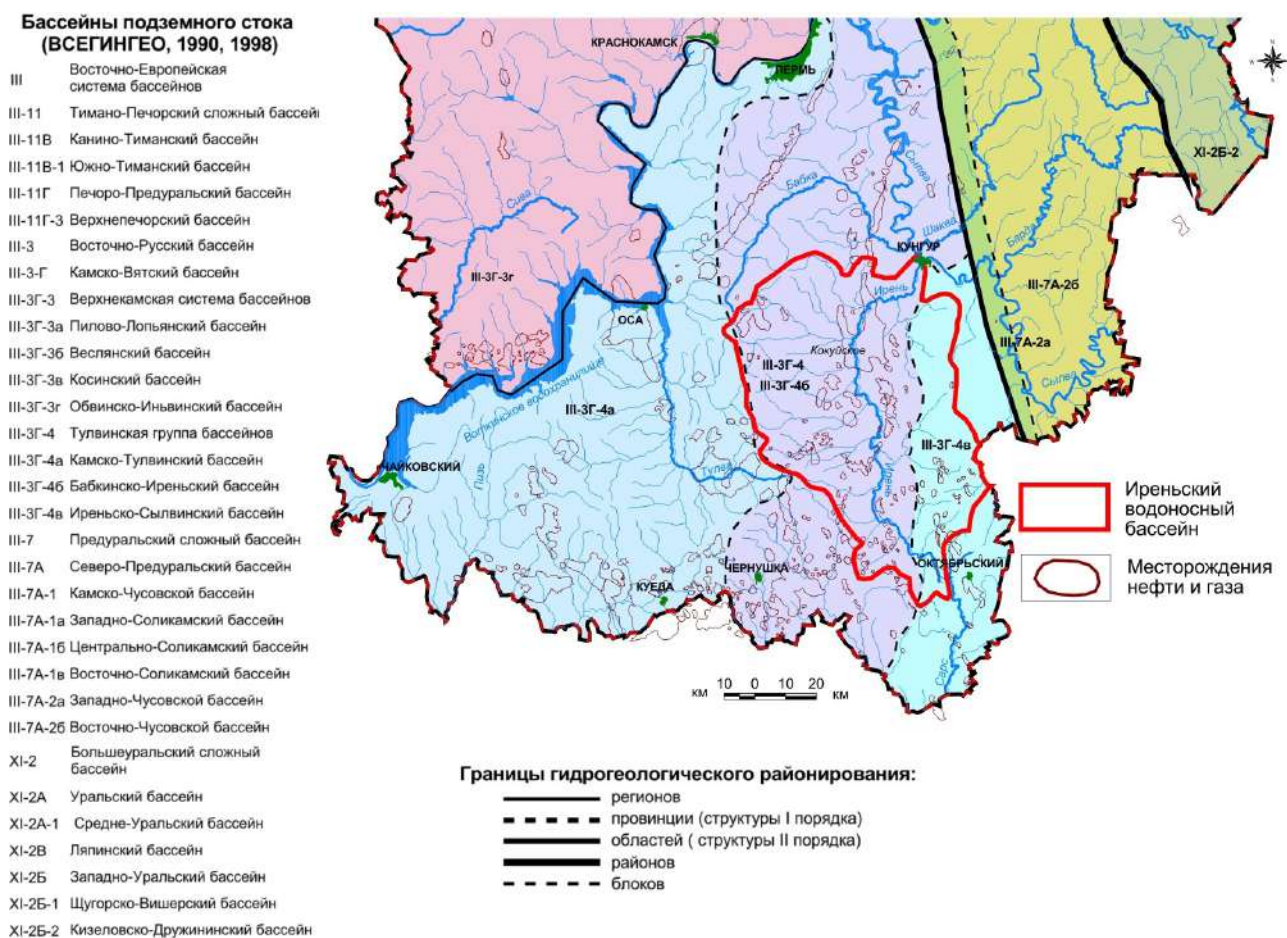


Рис. 2. Гидрогеологическое районирование южной части Пермского края

Для приповерхностных вод Иреньского бассейна характерно постоянное загрязнение нефтепродуктами, что связано с интенсивным развитием нефтедобывающей промышленности. На территории бассейна расположено 20 действующих нефтяных месторождений в т.ч. – Кокуйское, 7 магистральных и 3 внутри промысловых газопровода, 4 нефтепровода (рис. 3).

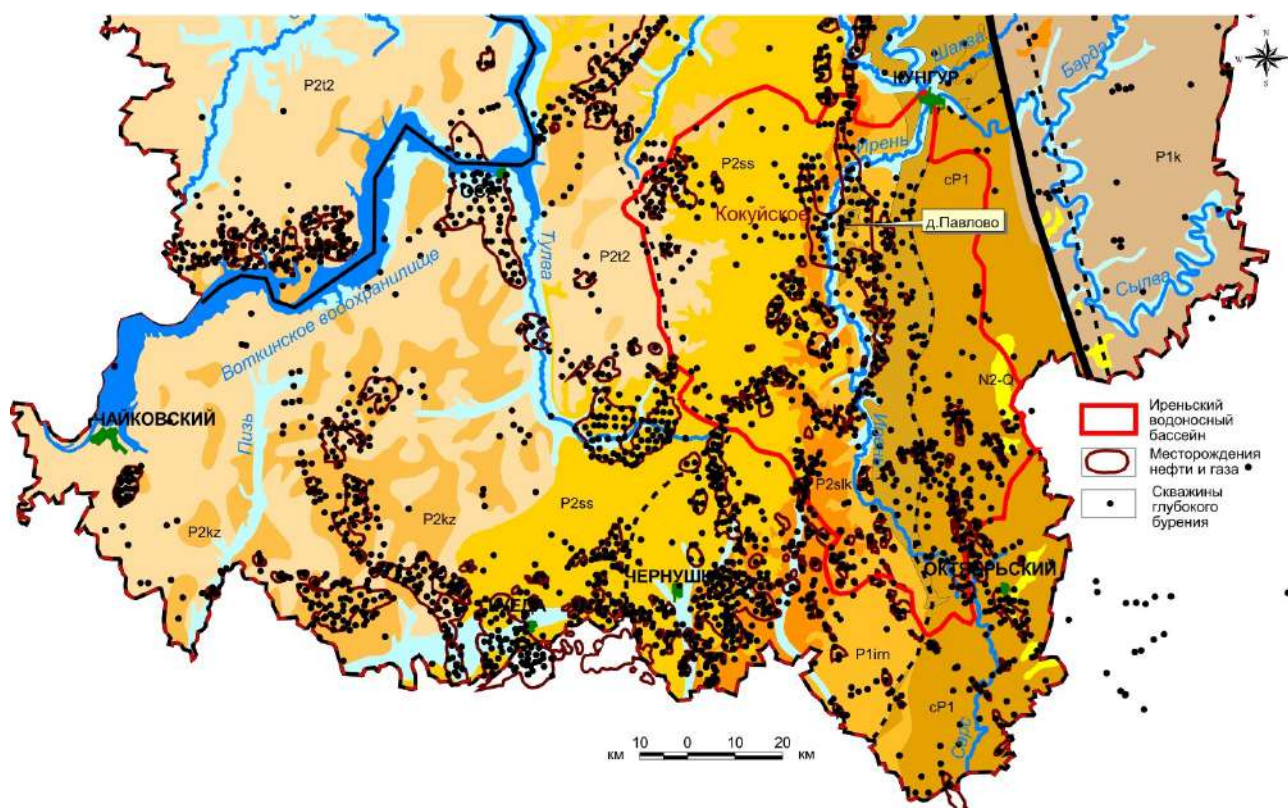


Рис. 3. Фрагмент гидрогеологической карты района

Рассматриваемый район не входит в сферу действия государственного мониторинга подземных вод (ГМГС). Эпизодически, в течение многих лет здесь осуществляется ведомственный экологический гидрохимический мониторинг нефтедобывающими предприятиями (ПО Пермнефть, ООО Лукойл), а также проводятся ежегодные научные экологические исследования Пермским государственным университетом (ПГНИУ). Кроме того в решении экологических и гидрогеологических проблем в разное время принимали участие многие организации (Институт детской экопатологии УрО РАН, ФГУП Геокарта-Пермь, Сылвинская гидрогеологическая партия и др.) Сформирована наблюдательная сеть мониторинга – по Кокуйскому месторождению (более 30 точек наблюдений по родникам, водотокам, наблюдательным скважинам) и другим нефтегазовым месторождениям.

В разрезе осадочного чехла территории выделяются два водоносных (гидрогеодинамических) этажа – верхний (зона активного водообмена) и нижний (зона затрудненного водообмена), различающихся по гидрогеодинамическим и гидрогеохимическим условиям. Этажи разделены между собой водоупорным иренским карбонатно-сульфатным комплексом (табл.).

**Сводная колонка гидрогеологических подразделений
по Бабкинско-Иреньскому блоку (Ш-3Г-46)**

Этаж	Индекс	Гидрогеологические подразделения
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	5P ₂ u ₂	Относительно водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	2P ₂ u ₁	Безводный проницаемый (сдрен.) нижеуфимский (соликамский) горизонт
	5P ₂ u ₁	Относительно водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	9P ₁ k ₁	Относительно водоносный кунгурский (иренский) горизонт
	3P ₁ k ₁	Первый водоносный кунгурский (иренский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород

Длительное время в районе существует серьезная проблема загрязнения природной среды (подземные и поверхностные воды, почвы, воздух) в районе д. Павлово, расположенной в центре Кокуйского месторождения. Отмечались хронические заболевания населения. Официально виновник загрязнения установлен не был. Жители д. Павлово (около 100 дворов) были переселены в другие населенные пункты.

По материалам научных экспедиций кафедры динамической геологии и гидрогеологии ПГНИУ (Килин Ю.А., Минькевич И.Ю. и др.), наибольшее загрязнение нефтепродуктами отмечено в верхнем течении реки Ирень, в районе сёл Верх Ирень, Антягузи, Енапаево и д.Уразметьево. Данные участки приурочены к Енапаевскому, Дороховскому и Казаковскому месторождениям нефти. Наличие нефтепродуктов на данных участках может быть вызвано природно-техногенными факторами. Так же отмечены очаги загрязнения, приуроченные к карстовым родникам в истоках р. Каменка, д. Павлово р. Тураевка, р. Ясыл. Наибольшее значение содержания нефтепродуктов (свыше 10,0 мг/дм³) отмечено в 7 из 45 проб, также в 3 пробах содержание нефти свыше 1 мг/дм³, и всего лишь в 4 образцах содержание нефтепродуктов не превышает ПДК (для рыбохозяйственных водоемов) [10]. В 2016 г., в устьях рек впадающих в р.Ирень нефтяное загрязнение не отмечалось, что указывало на его очаговое распространение. Однако в 2018 г на устьевых участках было

отмечено содержание нефтепродуктов, превышающих ПДК (до 0,07 мг/дм³). Также локальные нефтяные загрязнения наблюдались в 2023-2024 гг. [31]. Это свидетельствует о продвижении фронта загрязнения в сторону р. Ирень.

Очаги загрязнения, находящиеся в д. Павлово на р. Тураевка, р. Ясылке и р. Каменке приурочены к Кокуйскому месторождению нефти. Нефть Кокуйского месторождения средняя по плотности, вязкая, парафинистая, смолистая. Плотность (кг/м³) колеблется в пределах 643-822; вязкость (мПа*с) 1,37-3,21; парафин (%) 2,58-6,93; содержание серы (%) 0,63-2,71. Специфические свойства нефти (высокие плотность и вязкость) характеризуют особенности загрязнения.

Основной особенностью района является повсеместное развитие сульфатно-карбонатного карста. Поверхность на большей части площади представляет собой слаборасчлененное плато, прорезанное редкой сетью глубоко врезаемых эрозионно-карстовых долин и суходольных логов.

Природа нефтяного загрязнения в районе д. Павлово обусловлена, в основном, поступлением флюидов вверх из продуктивных горизонтов по зонам неотектонической трещиноватости.

В долине реки Каменки и к югу от нее предполагается интенсивная нарушенность осадочного чехла линейными субвертикальными тектоническими трещинно-разрывными структурами, образующими меридиональную полосу шириной от 0,5 до 0,8 км. Вероятно, в палеозойской толще вдоль этой полосы образовались прерывистые малоамплитудные сбросы, которые по латерали и вертикали переходят в узкие зоны усиленной тектонической трещиноватости. В долине р. Каменки эта полоса пересечена плотной системой параллельных линеаментов северо-восточного простирания. К узлам их пересечения с меридиональной системой тяготеют локальные участки разгрузки подземных вод.

Район д. Павлово характеризуется приуроченностью к узлу пересечения линеаментов меридионального и северо-восточного простирания. Здесь наблюдается пересечение плотных систем параллельных вероятных трещин осадочного чехла. К этому узлу также приурочена концентрация локальных участков поверхностной разгрузки талых вод.

Разработка месторождения началась в 70-х годах XX века.

До 1997 г. никаких нефтепроявлений на территории Кокуйского месторождения не наблюдалось, в том числе и на р. Тураевке. Река Тураевка ранее до разработки месторождения была чистой, о чем свидетельствует популяция бобров и древнее поселение (более 300 лет назад).

Залповый выброс нефти впервые произошел 18 апреля 1997 г. Вода в р. Тураевке покрылась пленкой нефти 20-сантиметровой толщины. В воздухе стоял удушающий специфический запах. В 250 м выше деревни Павлово, в месте выхода реки Тураевки было обнаружено выделение нефти. В течение 10 дней последствия аварии были ликвидированы.

Факт загрязнения подземных и поверхностных вод в бассейне р. Ясылки правого притока р. Ирень был установлен в 1997 г. Вначале нефтяное

загрязнение обнаружили при карстологических исследованиях в пещере Пономаревская, а затем в ручье в правом притоке р.Ясылки.

Нефтяное загрязнение в бассейне ручья приурочено к выходам трех родников с дебитами 2-3 л/сек из гипсового массива иренского горизонта кунгурского яруса нижней перми (P_1 kg). Родники восходящего типа. Вода родников имеет своеобразный сероводородный запах, в ней наблюдаются многочисленные пленки и сгустки нефти, а также специфический серый цвет

Легкие фракции нефтепродуктов по ручью уносятся вниз по потоку, единичные боновые загрязнения не препятствуют этому. В результате исследований на наличие нефтепродуктов в водах родников установлено: максимальное количество их выносится в весенний период, когда дебиты родников увеличиваются, по всей вероятности в течение зимнего периода идет накопление нефтепродуктов в карстовых пустотах, а потом происходит их вынос.

Содержание нефтепродуктов в пробах воды родников зафиксировано от 5,53 мг/дм³ до 3200 мг/дм³ (вода со сгустками нефти); в результате многолетнего загрязнения у выходов родников сформировалась мощная линза загрязненных грунтов ориентировочным объемом 280 тыс.м³ на площади 4 га. При опробовании донных отложений в местах выхода родников зафиксированы вязкие парафинистые соединения с содержанием нефтепродуктов до 10653 мг/кг. Формирование нефтяной линзы происходит в обвальном-карстовых отложениях неоген-четвертичного возраста, представленных щебнем гипса с глинисто-суглинистым заполнителем до 60%. По данным бурения скважины (2018 г) максимальная мощность линзы достигает 7,0 м. Сверху на границе зоны аэрации и зеркала грунтовых вод были вскрыты грунты, пропитанные легкой фракцией нефти (зона пленочного растекания). Ниже уровня воды до глубины 1,5м вскрыты грунты с вязкой плотной фракцией нефти, еще ниже грунты с каплевидными включениями нефти; на подошве линзы вскрываются вязкие парафинистые соединения нефти, формирование последних связано с разгрузкой зоны сифонной циркуляции. Так при обсадке скважины трубами до глубины 7,0 м в течение суток в ней наблюдалось появление нефтяных пленок, при последующих наблюдениях (в течение 6 месяцев) зафиксирована сплошная корка из нефтепродуктов толщиной 2,0 см. Данный факт указывает, что формирование нефтяного загрязнения происходит не только от разгрузки родников, но и от подтока загрязненных вод снизу линзы через зону сифонной циркуляции загрязненных карстовых вод. Линза нефтяного загрязнения через эту зону питается снизу, что создает там значительную концентрацию твердых и вязких нефтепродуктов. Кроме этого возможен подток загрязненных вод по зонам разломов с нижележащих горизонтов при нарушенном флюидоупоре нефтяной залежи. Нарушенность флюидоупора подтверждается материалами бурения структурных скважин.

Анализируя полученные данные можно говорить [10] о природной ловушке, где в больших объемах накапливаются, концентрируются нефтепродукты и происходит их фракционное разделение. Обвальном-карстовые

отложения на пути движения потока подземных вод с нефтяным загрязнением являются по сути минерально-сорбционным барьером. В воде родника №3 содержание нефтепродуктов достигает 3200 мг/дм³ (вода со сгустками нефти). В воде ручья после выхода через трубу дамбы содержание нефтепродуктов составляет всего 2,9 мг/дм³. Такие природные ловушки позволяют задерживать большое количество нефтепродуктов, концентрируя их, это дает возможность проводить очистку загрязненных вод на данном участке.

Формирующаяся линза загрязнения является главным ядром загрязнения прилегающих карстовых массивов, т.к. часть поверхностного и подземного стока на границе линзы поглощается понорами и закарстованными зонами дробления. Поверхностный сток ручья полностью поглощается через 1 км в карстовой долине. Для линзы нефтяного загрязнения характерны следующие особенности: увеличение площади загрязнения по направлению потока подземных вод, перемещение в вертикальном направлении за счет колебания УГВ и смешения с газообразными нефтепродуктами. Наращивание линзы происходит снизу через зону сифонной циркуляции и, в случае подтока нефтяных вод, через зоны разломов флюидоупора нефтяного месторождения.

На уровне грунтовых вод выделяется зона пленочного растекания, представленная легкими нефтепродуктами. Такая зона может многократно превышать площадь линзы нефтяного загрязнения, так как загрязненные воды дренируются карстовыми пустотами. Миграция нефтепродуктов зависит от фильтрационных свойств отложений зон аэрации и водонасыщения, в результате большая часть вязких и плотных нефтяных углеводородов будет концентрироваться в слабопроницаемых глинисто-суглинистых грунтах.

Природные ловушки, состоящие из обвального-карстовых отложений, в местах выхода загрязненных нефтью подземных вод позволяют задерживать большое количество нефтепродуктов, концентрируя их, это создает условия для их локализации. Эти отложения на пути движения потока подземных вод с нефтяным загрязнением являются по сути минерально-сорбционным барьером.

Создание поверхностных искусственных нефтеловушек не позволяет полностью избежать распространение нефтяного загрязнения в данном районе. Наличие зон поглощения поверхностного и подземного стока в районах сульфатного карста приводит к транзиту загрязнения далее по потоку подземных вод [10].

Таким образом, многолетние экологические и гидрогеохимические исследования в районе Иренского бассейна подземных и поверхностных вод показывают на сложнейшие гидрогеологические условия данного района, обусловленные техногенной нагрузкой при разработке 20 нефтяных месторождений, интенсивным карбонатно-сульфатным карстом и повышенной геодинамической активностью, выраженной повышенной неотектонической трещиноватостью [14, 15]. Загрязнение приповерхностной гидросферы нефтепродуктами, хлоридами и другими загрязняющими веществами распространяется по всему Иреньскому бассейну и выходит за его пределы.

Не смотря, на то что, абсолютно понятно, что нарушения природной среды обусловлены нефтеразработкой, официально выявить конкретного виновника не удалось.

Многომиллионные затраты уходят на рекультивацию (санацию) загрязненных территорий. Часть средств уходит на переселение населения из наиболее неблагоприятных мест (д. Павлово). Однако, средств на научные исследования квалифицированными специалистами и самое главное – организацию регулярного экологического мониторинга подземных вод не находится.

Библиографический список

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2004. 576 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 13.06.2023 N 240-ФЗ).
3. Временные методические рекомендации по гидрогеохимическому опробованию и химико-аналитическим исследованиям подземных вод (применительно к СанПиН 2.1.4.1074-01). М., 2002. 63 с.
4. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения (СП 2.1.5.1059-01) Минздрава РФ.
5. Гидрогеоэкологический контроль на полигонах заправки промышленных сточных вод. Методическое руководство. РД 51-31323949-48-2000 / Под ред. В.П. Ильченко. М.: ООО «ИРЦ ГАЗПРОМ», 2000.
6. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021, 264 с.
7. Закон Российской Федерации «О недрах» (в ред. ФЗ от 03.03.1995 г. № 27-ФЗ) (с изм. на 29.12.2022 г.).
8. Израэль Ю.А. Философия мониторинга // Метеорология и гидрология. 1990. № 6. С.5-10.
9. Инструкция по применению Классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод / ВСЕГИНГЕО, ГКЗ СССР Мингео СССР. М., 1976.
10. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Особенности нефтяного загрязнения подземных и поверхностных вод в карстовых районах юга Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2021. С.256-262.
11. Кирюхин В. А., Коротков В. И., Шварцев С. Л. Гидрогеохимия. М.: Недра, 1993. 384 с.
12. Козлова М.А., Н.В. Кирпичникова, Т.Б. Фащевская. Разработка прототипа экспертной системы поддержки принятия решений по оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузного загрязнения (на примере бассейна р. Волги) // Водные ресурсы. 2020, Т. 47. № 5. С. 546-559.
13. Копылов И.С. Анализ теоретических основ геоэкологии и экологической геологии и методологических подходов, связанных с оценкой экологического состояния природно-геологической среды // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2022. С. 70-84.
14. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.
15. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
16. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2013. 166 с.
17. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
18. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.

19. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ для оценки экологической емкости геологической среды Байкальской природной территории // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2022. С. 194-204.
20. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
21. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Уральский государственный горный университет. 2014. 351 с.
22. Копылов И.С., Гавриков М.Ю., Наполов О.Б. Разработка критериев и методики оценки состояния геологической среды и прогнозирования ее изменений, являющихся основой для разработки мероприятий по охране и рациональному использованию недр // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023. С. 362-371.
23. Копылов И.С., Наполов О.Б. Охрана недр в мире: обзор зарубежного законодательства в области рационального недропользования // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. № 6(43). Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023.
24. Копылов И.С., Наполов О.Б. Разработка методики расчета размера вреда, причиненного подземным водным объектам вследствие загрязнения подземных вод, на основании геологической информации о подземном водном объекте и данных производственного экологического мониторинга. Отчет о НИР. 2023. Росприроднадзор ФГБУ «ГосНИИЭНП» 489 с.
25. Копылов И.С., Наполов О.Б. Требования к разработке мероприятий по рациональному использованию и охране недр на территории Российской Федерации // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023. С. 372-379.
26. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: история изучения, обзор методов определения // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 2. С. 42-47.
27. Копылов И.С., Красильников П.А., Клецкина О.В. Экологическая емкость территории: классификации подходов и критериев оценки // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 4. С. 66-71.
28. Копылов И.С., Чусов М.В., Бурмин В.И. Мониторинг геологической среды Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции и проблемы геоэкологии Нижнего Приангарья // Геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения нефтяных и газовых месторождений Нижнего Приангарья. Сб. докладов Всерос. конф. Красноярск: КНИИГиМС, 1997. С. 248-255.
29. Королев В.А. Мониторинг геологической среды / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
30. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: ГНТУ Минприроды РФ, 1992. 58 с.
31. Макаров С.В. Экологическая оценка состояния водных объектов и атмосферного воздуха на территории Кокуйского месторождения нефти // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2024.
32. Методика эколого-гидрогеологических исследований: учеб. пособие / Ю.А. Килин, И.И. Минькевич. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2022. 208 с.
33. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Мин-во геологии СССР; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидрогеологии и инженерной геологии; Сост.: Л.А.Островский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова. М.: Недра, 1990. 240 с.
34. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод». Составители: В.М. Гольдберг, С.Г. Мелькановицкая и В.М. Лукьянчиков. М.: ВСЕГИНГЕО, 1988.
35. Методические рекомендации по геологической, геофизической, геохимической изученности и обеспеченности дистанционными материалами для обоснования постановки РГР. СПб.: ВСЕГЕИ. 2015. 33 с.
36. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
37. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982. 66 с.

38. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Государственный центр мониторинга геологической среды. М., 2000. <https://docs.cntd.ru/document/902369266?section=status>.
39. Методические рекомендации по применению комплекса геофизических методов при гидрогеологических и геоэкологических исследованиях на акваториях/ МПР России, М., 2002, 55 с.
40. Методические рекомендации по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:200 000–1:100 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. 61 с.
41. Методические указания по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:1 000 000 – 500 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. 27 с.
42. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на подземные водные объекты и предельно допустимых сбросов вредных веществ в подземные водные объекты. МПР, М., 1998.
43. Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод. Методические рекомендации / Б.В. Боровский, Л.С. Язвин и др. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. АОЗТ ГИДЭК. М., 1998. 80 с.
44. Наполов О.Б., Копылов И.С. Охрана недр в мире: обзор зарубежного законодательства в области рационального недропользования // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023. С. 380-396.
45. Наполов О.Б., Копылов И.С. Разработка методики оценки состояния геологической среды и прогнозирования ее изменений, являющихся основой для разработки мероприятий по охране и рациональному использованию недр. Отчет о НИР. М.: ФГБУ «ГосНИИЭНП». 2022. 461 с.
46. Наполов О.Б., Серова Л.А., Копылов И.С. Трансформация геологической среды при техногенном воздействии горнопромышленного комплекса в РФ // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023. С. 397-402.
47. Опытнo-миграционные работы на месторождениях питьевых вод. Методические рекомендации / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин, Б.В. Боровский, Г.Е. Ершов. М: ГИДЭК, 1998, 130 с.
48. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.07.2001 № 19 «О введении в действие санитарных правил – СП 2.1.5.1059-01».
49. Постановление Правительства РФ № 94 от 11 февраля 2016 г. «Об утверждении правил охраны подземных водных объектов (с изм. 25.12.2019).
50. Постановление Правительства РФ № 94 от 11 февраля 2016 г. «Об утверждении правил охраны подземных водных объектов.
51. Приказ Госкомэкологии № 81 от 11 февраля 1998 г. Об утверждении Методики исчисления размера ущерба от загрязнения подземных вод».
52. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 87 от 13 апреля 2009 г. «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» (с изм. на 26.08.2015).
53. Расчет ущерба, причиненного окружающей природной среде на объектах нефтяной промышленности: Метод. указания / Казан. гос. технол. ун-т; Сост.: Т.В. Андрияшина, В.С. Гасилов, Л.Э. Осипова, И.В. Чепегин, С.А. Антонова. Казань, 2005. 64с.
54. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50000–1:25000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 127с.
55. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200 000– 1:100 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 86 с.
56. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:1 000 000 – 1:500 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 41 с.
57. Требования к гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 в комплексе с эколого-геологическими исследованиями и картографированием. М.: ВСЕГИНГЕО, 1995. 30с.
58. Требования к гидрогеологическому доизучению масштаба 1:200 000 с эколого-геологическими исследованиями и картографированием. М.: ВСЕГИНГЕО, 1995. 27 с.
59. Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г.
60. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
61. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных

территориях».

62. Федеральный закон от 22.07.2005 № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации».

63. Федеральный закон от 29.12.2022 г. № 598-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и статью 2 Федерального закона «Об отходах производства и потребления».

64. Федеральный Закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

65. Федеральный закон от 30.12.2020 г. № 505-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

66. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 14.07.2002 № 343-ФЗ (с изм. от 01.03.2023 г.).

67. ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 № 248-ФЗ (ред. от 31 июля 2020 г.).

68. Шварцев С. Л. Общая гидрогеология: учебник для вузов. М.: Недра, 1996. 423с.

69. Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия: учеб. пособие / И.И. Минькевич, Ю.А. Килин. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2017. 232 с.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ РОССЫПИ ЗОЛОТА р. СУСУМАН (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Проведено сопоставление данных разведки и разработки россыпи золота на месторождении р. Сусуман Магаданской области.

Ключевые слова: россыпь золота, сопоставление данных разведки и эксплуатации, поправочные коэффициенты, р. Сусуман, Магаданская область.

A.I. Chernousov

Perm State University, Perm, Russia

THE COMPARISON OF THE DATA EXPLORATION AND DEVELOPMENT GOLD PLACERS r. SUSUMAN (MAGADAN REGION)

The comparison of data exploration and development placer gold mine r. Susuman Magadan region.

Keywords: gold, placers, placer gold comparison of data exploration and exploitation, correction coefficients, r. Susuman, Magadan region.

Объект исследования находится в юго-восточной части Яно-Колымского золотоносного пояса и входит в Берелехский золотоносный район. Административно площадь работ расположена в Сусуманском районе Магаданской области.

Месторождение р. Сусуман в административном отношении расположено в пределах Сусуманского района Магаданской области вблизи районного центра (рис. 1).

Рельеф района представляет собой расчлененное низкогорье. В орографическом отношении территория относится к Верхне-Колымскому нагорью. Вершины, обрамляющие долины рек в районах работ, имеют высоты 1000-1200м с относительными превышениями 200-400м. В формировании рельефа основными факторами являются геологические (тектонические) и климатические условия. Для территории характерны геокриологические процессы, которые наряду с геологическими факторами активно влияют на условия разработки месторождений золота [1, 5].

В структурно-тектоническом отношении район находится в пределах центральной части Иньяли-Дебинского мегасинклинария, являющегося частью мезозойского Яна-Колымского складчатого пояса.

В районе широко развиты морские осадочные и туфогенно-осадочные отложения поздне триасового, ранне- и среднеюрского возраста (рис. 2).

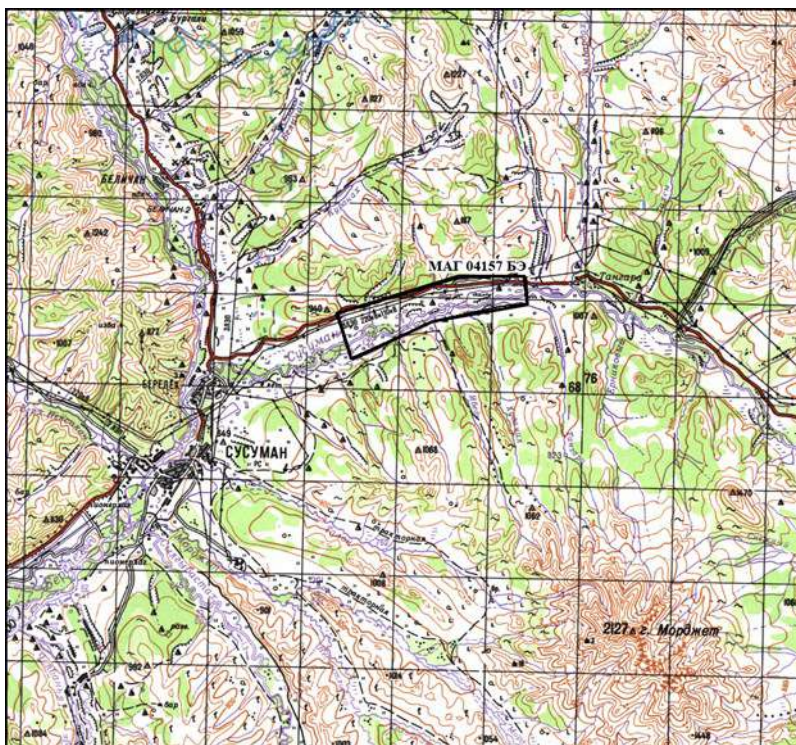


Рис.1. Обзорная карта района работ. Масштаб 1:200 000 [4]

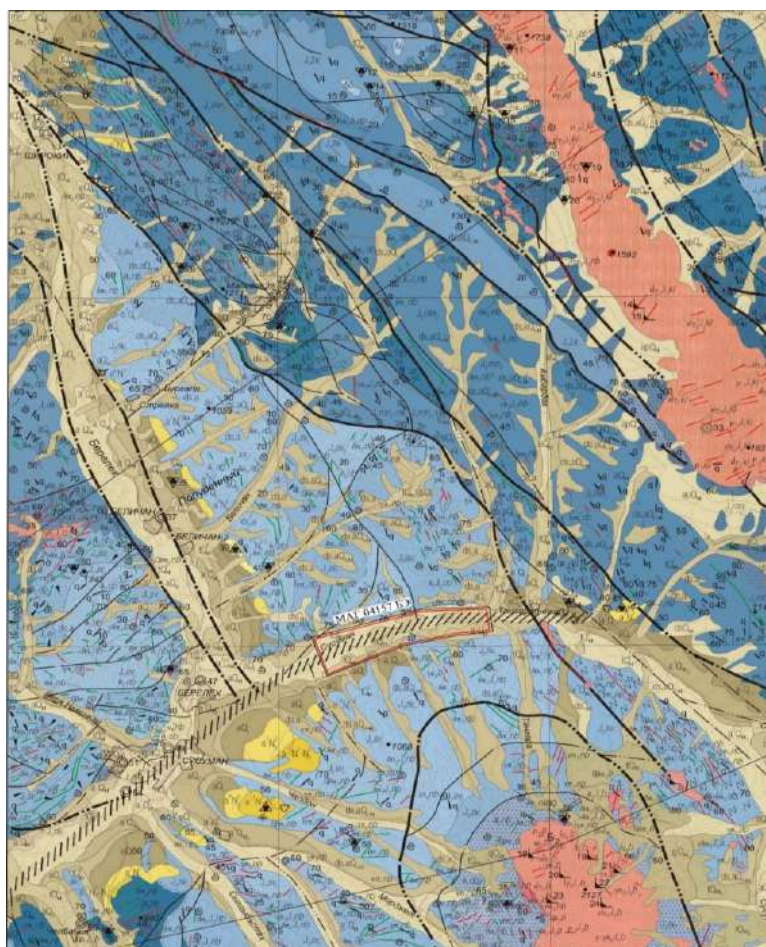


Рис. 2. Геологическая карта района, масштаб 1:200 000 [4]

Терригенные отложения дислоцированы в узкие линейные складки СЗ простирания. Складки осложнены многочисленными тектоническими нарушениями и прорваны дайками кислого и среднего состава, а также довольно многочисленными жильными образованиями.

На северо-востоке район работ граничит с палеозойским Омулевским поднятием, на юго-западе – с Аян-Юряхским антиклинорием, сложенным комплексом триасовых и пермских терригенных пород.

Первые геологические работы в районе р.Сусуман (в устьевой части ручья Еврашкалах) проведены в 1932г.

Рассматриваемый участок недр разведывался с 1949 по 1988 год. В целом разведанность была высокая, но характеризовалась значительной неравномерностью размещения буровых и шурфовочных линий. Полные сечения через всю долину проведены через 700 – 1000м, по левым террасам и выносам притоков сеть более плотная, разведочные линии сгущены до 100 – 300м.

После получения лицензии ОАО «Сусуманзолото» проводило разведочные работы по месторождению в 2010-11 и 2013гг. Разведка проводилась ударно-канатным бурением, при диаметре скважин 191мм.

Добыча золота начата на месторождении в 1966 году и продолжается до настоящего времени. Добыча ведется открытым раздельным способом. До 1981г. в целом по месторождению было промыто 1964 т.м³ песков, добыча золота составила 3250 кг, к 1990г. добыча по месторождению составила 3711 т.м³ песков, 5185 кг золота. За период с 1990 по 2009г. данных по добыче нет. Месторождение эксплуатировалось приисками «Экспериментальный» и «Бурхала», в настоящее время эксплуатацию месторождения по договору с ОАО «Сусуманзолото» ведет ООО «Астра».

Все материалы, положенные в основу работы, были предоставлены отделом геологоразведочных работ ОАО «Сусуманзолото» [4].

Сопоставление данных разведки и разработки месторождений полезных ископаемых производится для оценки достоверности данных об условиях залегания, форме рудных тел, количестве, качестве и технологических свойствах минерального сырья, полученных в процессе разведочных работ, а также для обоснования списания запасов в случае выявления их неподтверждения при отработке. При сравнении за 100 % принимаются данные утвержденного уполномоченным экспертным органом подсчета запасов [2].

Для решения поставленной задачи, использовались данные полученные при бурении скважин, а также данные, полученные при эксплуатации месторождения. По этим данным была осуществлена статистическая обработка, которая включала расчёт статистик одномерного распределения: среднеарифметические значения ($\bar{x}$), дисперсии (σ^2), стандартные отклонения (σ), коэффициенты вариации (V), по данным мощности торфов, песков и среднего содержания золота [3].

Данные полученные при разведке месторождения представлены в табл. 1

Таблица 1

Вычисление параметров полигона россыпи золота по данным разведки

1	2	3	4		5	6	7		8
№№ блока	№№ лин.	№№ скв.	Мощность, м		Средн. содерж . г/м³	Пло- щадь тыс. м²	Объем, тыс. м³		Запас металла, кг
			торфов	песков			торфо в	песков	
С ₁ - 161	120	24	11,2	0,8	2,8				
	120	25	12,4	0,8	1,3				
	120	26	10,8	0,8	2				
	Сумма		34,4	2,4	6,1				
	121	27	14,8	0,8	2,24				
	121	28	14	0,8	3,19				
	Сумма		28,8	1,6	5,43				
	Ср.л.121		14,4	0,8	2,72				
	Сумма л.120- 121		63,2	4	11,53				
Ср. С ₁ -161		12,6	0,8	2,3	2,63	33,14	2,10	4,84	
С ₁ - 162	123	20	8,8	0,4	2,52				
	123	21	8,4	0,8	11,19				
	123	22	8,8	0,4	0,16				
	123	23	8,3	1	0				
	123	24	8,3	1	0				
	123	25	7,8	1,6	1,97				
	123	26	8,8	0,4	0,47				
	123	27	9,2	0,4	3,07				
	123	28	6,8	2,4	1,59				
	123	29	6,8	0,4	1,18				
	123	30	5,2	0,8	1,8				
	123	31	4,8	0,4	0,34				
	123	32	4,6	0,8	0				
	123	33	4,6	0,8	0				
	123	34	4,4	1,2	2,28				
	123	35	4	1,2	1,69				
	123	36	4,8	0,8	6,04				
	Сумма		114,4	14,8	34,3				
	Ср.л.123		6,7	0,87	2,02				
	Сумма л.121- 123		143,2	16,4	39,73				
Ср. С ₁ -162		7,5	0,86	2,1	18,51	138,83	15,92	33,43	

Продолжение таблицы 1

1	2		3	4	5	6	7		8
C ₁ -163	Ср. C ₁ -163		6,7	0,87	2,02	6,65	44,56	5,79	11,69
C ₁ -164	128	67	6,8	0,4	1,81				
	128	68	6,4	0,4	1,88				
	Сумма		13,2	0,8	3,69				
	Ср.л.128		6,6	0,4	1,85				
	129	74	6,4	1,2	1,76				
	129	75	6,4	1,4	0				
	129	76	6,4	1,4	0				
	129	77	6,4	1,6	5,26				
	129	78	6,4	0,4	8,34				
	Сумма		32	6	15,36				
	Ср.лин 129		6,4	1,2	3,07				
	Сумма л.128-129		45,2	6,8	19,05				
	Ср. C ₁ -164		6,5	0,97	2,72	3,62	23,53	3,51	9,55
C ₁ -165	131	86	5,2	0,4					
	Сумма л.129-131		37,2	6,4	16,7				
	Ср. C ₁ -165		5,3	0,91	2,78	4,44	23,53	4,04	11,23
C ₁ -166	128	78	5,8	0,8	4,59				
	128	79	6,2	0,6	0				
	128	80	6,6	0,4	0,4				
	128	81	5,3	0,4	0				
	128	82	4	0,4	0,08				
	128	83	3,8	0,8	2,54				
	128	84	3,8	0,4	8,83				
	Сумма		35,5	3,8	16,44				
	Ср. C ₁ -166		5,1	0,54	2,35	2,69	13,72	1,45	3,41
C ₁ -167	129	90	4,2	0,8					
	Сумма л.128-129		39,7	4,6	17,4				
	Ср. C ₁ -167		5	0,58	2,18	4,11	20,55	2,38	5,20
ВСЕГО			6,96	0,79	2,35	42,65	296,84	33,69	79,18

Исходные данные полученные при эксплуатации месторождения представлены в табл. 2 [4].

Таблица 2

Параметры полигона россыпи золота по данным эксплуатации

№№ блоков	Мощность, м		Средн. содерж. г/м ³	Площадь, тыс. м ²	Объем, тыс. м ³		Запас металла, кг
	торфов	песков			торфов	песков	
C ₁ -161–C ₁ -167	5,6	0,9	2,19	35,82	200,59	32,24	70,60

С помощью вышеприведённых формул были подсчитаны одномерные статистические характеристики по данным разведки для мощности торфов, песков и среднего содержания золота по скважинам.

Распределение среднего содержания золота весьма неравномерное (коэффициент вариации равен 111%). Мощность торфов распространена равномерно (коэффициент вариации равен 39%). Мощность песков распространена неравномерно (коэффициент вариации равен 56%).

В результате сопоставления параметров разработки и разведки выявлен отрицательный прирост объема песков -1,45 тыс. м³, объема торфов -96,13 тыс.м³ и запасов золота -8,58 кг. Содержание золота по данным разработки уменьшилось на 6,8%, мощность торфов уменьшилась на 19,5%, мощность песков увеличилась на 12,2%. Уменьшилась площадь месторождения, при разведке площадь составила 42,65 тыс.м², а при его отработке уменьшилось до 35,82 тыс.м², что составило 16%.

Основные выводы работы сводятся к следующему:

1. По сложности геологического строения россыпь отнесена к III группе по классификации ГКЗ. Распределение среднего содержания золота весьма неравномерное (коэффициент вариации равен 111%). Мощность торфов изменяется равномерно (коэффициент вариации равен 39%). Мощность песков изменяется неравномерно (коэффициент вариации равен 56%).

2. Установлено заметное расхождение данных, полученных при разведке и разработке месторождения. От -19,5% до 12,2%.

3. В результате сопоставления этих параметров выявлен отрицательный прирост запасов золота -8,58кг.

Библиографический список

1. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
2. Методические рекомендации по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых. М., 2007. 30 с.
3. Поротов Г.С. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебник / Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), СПб, 2004. 244 с.
4. Фидаров И.Ф. Отчет о геологоразведочных работах на россыпное золото по месторождению р. Сусуман с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2014г. Сусуман. 2013. 82 с.
5. Шарафан Д.Н., Копылов И.С. Интенсивность развития геокриологических процессов при освоении месторождений золота в районах Крайнего Севера (Чукотка, Баимский ГОК, месторождение золота Песчанка) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2022. С. 253-265.

УДК 001.32:624.131.1

**И.С. Копылов, К.А. Алванян, Д.А. Балахнин, Т.Г. Ковалева,
П.А. Красильников, О.С. Ситева, М.Д. Торопов, М.В. Федоров,
Т.Ю. Хлуденева**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.В. СЕРЕДИНА (1951-2025)

Приведены биографические сведения о профессоре, заведующем кафедрой инженерной геологии Пермского университета Середине Валерии Викторовиче (1951-2025). Рассмотрены аспекты его научной и образовательной деятельности, среди которых центральное место занимает грунтоведение.

Ключевые слова: инженерная геология, грунтоведение, кафедра инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный университет, В.В. Середин.

**I.S. Kopylov, K.A. Alvanyan, D.A. Balakhnin, T.G. Kovaleva, P.A. Krasilnikov,
O.S. Siteva, M.D. Toropov, M.V. Fedorov, T.Yu. Khludeneva**
Perm State University, Perm, Russia

IN MEMORY OF PROFESSOR V.V. SEREDIN (1951-2025)

This article provides biographical information about Professor Valery Viktorovich Seredin (1951-2025), Head of the Department of Engineering Geology at Perm State University. Aspects of his scientific and educational work are discussed, with soil science occupying a central place.

Keywords: engineering geology, soil science, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State University, V.V. Seredin.

Середин Валерий Викторович родился 17.05.1951 г. в п. Назиевстрой, Волховского района, Ленинградской области.

В 1977 году окончил Ленинградский Государственный университет им. А.А. Жданова по специальности «Гидрогеология и инженерная геология», квалификация «Инженер геолог-грунтовед». В 1986 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском горном институте им. Г.В. Плеханова на тему: «Исследование инженерно-геологических условий проходки шахтных стволов при разработке Верхнекамского калийного месторождения» [9] под руководством профессора, д.г.-м.н. И.А. Печеркина.



Валерий Викторович Середин
(17.05.1951 – 15.08.2025)

В 2000 г. защитил докторскую диссертацию «Геоэкологические условия санации нефтезагрязненных территорий», присвоена ученая степень доктора геолого-минералогических наук [2] (научный консультант профессор, д.г.-м.н. В.И. Галкин). Ученое звание профессора по кафедре инженерной геологии и охраны недр присвоено в 2006 г.

С 1977-1989 гг. Середин В.В. работал в научно-исследовательских и проектных институтах на различных должностях. С 1989 г. возглавлял научно-исследовательское, проектное и производственное предприятие по природоохранной деятельности «Недра» (ООО НИПППД «Недра»), в качестве генерального директора.

В период с 2003-2007 гг. Середин В.В. работал в администрации Пермского Края в должности начальника Управления, министра промышленности и природных ресурсов. При его руководстве два министерства: природных ресурсов и промышленности были объединены в одно. После его ухода, министерства снова были разделены.

Профессор В.В. Середин вел высокоактивную научно-педагогическую деятельность. Был членом нескольких диссоветов, в т.ч.: в Пермском государственном национальном исследовательском университете: Д. 212.189.05 по специальности «Геоэкология»; Д ПНИПУ.05.11.6.11. по специальностям «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» (г. Пермь) и Д 24.2.423.01 по специальности 1.6.7. «Инженерная геология, мерзловедение и грунтоведение» (г. Екатеринбург). Был инициатором создания и первым председателем диссертационного совета Д ПНИПУ.03.22 по специальности 1.6.7. Инженерная геология,

мерзлотоведение и грунтоведение (г. Пермь). Также являлся профессором кафедры геологии нефти и газа Пермского национального исследовательского политехнического университета. Входил в составы научно-редакционных советов журналов из списка ВАК: «Инженерная геология», «Инженерные изыскания», «Вестник Пермского университета. Геология».

Основная научная и педагогическая деятельность профессора В.В. Середина была связана с кафедрой инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН) на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета, заведующим которой он был с 2005 года. За 20-ти летний период его руководства кафедрой были подготовлены и выпущены сотни специалистов, бакалавров, магистров по специальности «Инженерная геология»; многих дипломников он подготовил лично. С 2004 г. им было подготовлено: 8 кандидатов наук, осуществлено научное консультирование 3 докторских диссертаций.

В.В. Серединым подготовлено и зарегистрировано большое количество авторских свидетельств на результаты интеллектуальной деятельности: способ ВМ проектирования наземно-подземного объекта (2018); метод оценки напряженного состояния материалов (2015); способ возведения сооружения на слабонесущих грунтах в акватории водных объектов (2015); способ подготовки амбарной нефти (2000); способ очистки грунтовых вод, загрязненных нефтепродуктами (1995); способ управления газодинамическими явлениями при разработке пологих пластов (1988); способ возведения крепи горных выработок (1988); способ определения напряженного состояния материала (1985); способ возведения гидроизоляционной перемычки в соляных породах (1984); способ определения сопротивления сдвигу образцов горных пород (1983).

Профессором В.В. Серединым опубликовано более 200 работ, в том числе серия личных и в соавторстве монографий и учебных пособий, посвященных в основном вопросам грунтоведения и методам их исследований: «Исследование пространственного распределения углеводородов в почвогрунтах и водах на территориях, загрязненных нефтью и нефтепродуктами», 1998 [10]; «Оценка геоэкологических условий санации территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами», 1998 [12]; «Применение вероятностно-статистических моделей при изучении распределения углеводородов в грунтах и выборе технологий их санации», 1999 (соавторы В.И. Галкин, Б.А.Бачурин) [1]; «Рекультивация нефтезагрязненных почв», 2003 (соавторы В.М.Кузнецов, А.П. Козлов, Е.В.Пименова) [6]; «Биотехнологии в инженерной геологии», 2023 (соавторы В.Т. Хмурчик, Н.Г. Максимович) [16]; «Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. Курс лекций», 2011 [11]; «Грунтоведение: курс лекций», 2012 (соавтор В.И. Каченов) [13]. Значительная часть статей посвящена истории кафедры ИГиОН [2-5, 7, 14, 15].

Публикаций (по РИНЦ) – 150, цитирований – 1484, индекс Хирша – 23.

Ниже приведем некоторые воспоминания о Валерии Викторовиче

Середине его учеников, коллег.

Алванян К.А. (к.г.-м.н., доцент кафедры ИГиОН)

Это был мой 1-й день в университете, в качестве студентки. 1 сентября 2006 г. в преподавательской кафедры Инженерной геологии и охраны недр сидел мужчина средних лет, громкоголосый, с живым и пронзительным взглядом. Мой отец, Антон Карапетович Алванян мне его представил: «Наш заведующий кафедрой, Валерий Викторович Середин!».

Поделиться мне хотелось бы воспоминаниями, не о Заведующем кафедрой и не о Министре в администрации Пермского края, а о Человеке, который посадил дерево, взрастил его, холил, лелеял и ухаживал за каждой ветвью. Имя этому дереву «Недра».

Мой жизненный путь привел меня туда, здесь-то и начинается моя история работы, учения и общения с Валерием Викторовичем.

Много ли директоров крупных организаций вы знаете, кто обязательно согласится съесть кусок торта в честь вашего дня Рождения, даст вам свою кофту в холодную зиму, разделит с вами мандаринку и горсть орехов?

Обычный будний день, 08.15 утра. Офис оживает! Кто-то идет на свое рабочее место, а кто-то уже от холодильника и микроволновки, шумят чайники, кофеварки варят кофе. В этой утренней суете, можно видеть, как Валерий Викторович поднимается с утренней зарядки, в сланцах и спортивном костюме. 08.30 официальное начало рабочего дня, Валерий Викторович уже в костюме и чашкой кофе идет решать повседневные рабочие задачи. Любил заходить, к нам в камералку, обязательно спрашивал: «Как обстановка?», угощался конфетами и шел дальше.

Валерий Викторович не был директором, который обитал у себя в кабинете, мимо которого сотрудники бы шли бегом, боясь столкнуться. Он интересовался своими сотрудниками, особое внимание, уделяя тем, с кем все начиналось, и помогал в трудную минуту. Он мог подбодрить и словом и взглядом: *«Ну что, моя милая идешь такая грустная!»*. Он всегда стремился сделать так, чтобы люди хотели приходить на работу, чувствовали себя уютно и комфортно. И знаете – ему удалось!

Бесспорно, Валерий Викторович очень многогранный человек. Он сочетал в себе много разных качеств: упорство, требовательность, строгость, даже жесткость, но вместе с этим и умение понимать, слышать, сочувствовать, помогать.

Последние 12 лет он большое внимание уделял научным исследованиям, под его руководством активно защищались кандидатские и докторские диссертации. Приложил все усилия и открыл при Политехническом университете диссертационный совет по родной специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

У него был план, и он его строго придерживался и требовал этого от нас. Например, уходя на новогодние праздники, мне назначался срок сдачи ему

статьи, обычно через пару дней как все выходили на работу. Так, 7 января раздавался телефонный звонок, и Валерий Викторович с самым развеселым голосом спрашивал: *«Ну что, мой юный друг, ты помнишь, что 9 числа ты мне должна статью?!?!»*

Он был открыт всему новому, постоянно чему-то учился, не боялся говорить, что чего-то не знает и учил нас, своих студентов, не бояться этого. Призывал *«залезть внутрь вопроса»* и понять *«физический смысл»* того или иного. Он устраивал семинарские встречи, целью которых было совместно сделать выводы по полученным результатам. И вот ты стоишь у доски, лепечешь, а он тебе с улыбкой и искрами в глазах: *«Рассказываешь сказки про белого бычка!»*

Встает, идет к доске, берет маркер: *«Смотри, Кутузов!»*

Ваш «юный друг», Карине Алванян.



Камеральная геологическая группа поздравляет Валерия Викторовича с 70 -летием

Балахнин Д.А. (аспирант кафедры ИГиОН)

Валерий Викторович Середин остался в моей памяти как Учитель с большой буквы. Под его руководством студенты, лишь прикоснувшиеся к науке, превращались в настоящих исследователей.

Его требовательность для многих из нас стала лучшей школой жизни. Да, его критика часто задевала, но за каждым замечанием стояла железная логика и глубочайшее понимание предмета. Особенно я ценил его уникальную способность видеть архитектуру научной работы ещё до того, как была написана первая строчка. Он мыслил не отдельными задачами, а целыми системами.

Благодаря Валерию Викторовичу я не просто получил образование - я приобрёл профессиональные связи, нашёл наставников и коллег на разных факультетах.

Наша последняя встреча состоялась в мае 2025 года. Как всегда собранный и сконцентрированный на работе, он за одной чашкой чая успел проанализировать ход всей моей диссертации, расставить новые вехи и поставить огромное количество задач на месяцы вперёд. Я ушёл от него с твёрдым пониманием дальнейшего пути и с полным багажом новых идей.

Спустя некоторое время я выполнил всё, что он поручил, и уже собирался к нему, чтобы показать результаты, похвастаться проделанной работой. Очень хотелось увидеть его одобрение и услышать похвалу.

Ковалёва Т.Г. (к.г.-м.н., и.о. кафедры ИГиОН)

Воспоминания о Валерии Викторовиче Середине

В моей жизни Валерий Викторович появился в 2005 г., когда он стал заведующим кафедрой Инженерной геологии и охраны недр. Училась я тогда на последнем курсе специалитета. Кафедра переехала в новый корпус университета, время переезда совпало с назначением нового заведующего. Однако студентами мы его практически не видели: «Вот ваш новый заведующий», – помню слова своего научного руководителя М.Ш. Димухаметова и фигуру бодро убегающего по лестнице подтянутого мужчины.

Познакомились мы с Валерием Викторовичем уже, когда я осталась работать в университете. В общении он был довольно резкий, быстрый, что несвойственно обычно преподавателям университета, но свойственно людям с производства (ведь решать производственные проблемы нужно, как правило, всегда быстро и четко), но при этом его широкая, лучезарная улыбка была всегда при нем. Постепенно Валерий Викторович освоился на кафедре, к активному темпераменту заведующего привыкли и сотрудники, и студенты. На кафедре стали появляться интересные научные исследования в области грунтоведения, инициатором которых был Валерий Викторович. Надо отметить, что в каждую тему он погружался с головой и с увлечением рассказывал о полученных результатах.

Со студентами заведующий часто был суров, но не из злого умысла, а из желания сделать из них специалистов в области инженерной геологии, научить думать, строить причинно-следственные связи. В каждую выпускную работу он старался вникнуть, подсказать, что нужно доработать, как улучшить, чтобы результат был достойным. На кафедру приходили лучшие студенты, которые не боялись трудностей обучения и защиты выпускных работ у нас, для которых высокая планка, заявленная Валерием Викторовичем, была как вызов к действию, ориентир для развития и формированию себя, как профессионала в инженерной геологии.

Несмотря на большой опыт в науке и преподавании, Валерий Викторович искренне переживал перед каждой первой лекцией у нового курса: «Я ведь не знаю, какие они...». На занятиях он любил выводить ребят на дискуссию, чтобы проговаривать материал для более глубокого понимания, ему были нужны «умные, заинтересованные» глаза.

С Валерием Викторовичем ушла эпоха развития кафедры инженерной геологии, полная интересных научных исследований в области грунтоведения, с большим количеством защит не только кандидатских, но и докторских диссертаций, многообразных и разносторонних выпускных работ. Его бодрый, громкий голос и широкую улыбку мы будем помнить всегда.

Ситева О.С. (преподаватель кафедры ИГиОН)

Памяти профессора Середина В.В.

Валерий Викторович был заведующим кафедры инженерной геологии и охраны недр, на которой я проходила обучение. Студенты всегда видели его энергичным, полным сил и новых идей.

Но насколько он еще и замечательный человек, я смогла осознать только после окончания университета. Несмотря на трехмесячные поиски работы, мои старания были напрасны. В те года организации неохотно брали на работу выпускников из-за отсутствия опыта. Я пришла на кафедру в надежде, что может у них есть какие-нибудь предложения от работодателей, и поделилась своими переживаниями. Валерий Викторович услышал о моих проблемах и его слова были краткими: «Неси резюме в компанию «НЕДРА». И вот спустя неделю я уже работала в лаборатории по своей специальности.

Спустя 12 лет мне захотелось смены деятельности и вот опять же по рекомендациям Валерия Викторовича меня взяли в университет на должность преподавателя.

В жизни каждого человека появляются люди, которые меняют ее и делают лучше. Одним из таких людей и был Валерий Викторович.

Он всегда верил в своих студентов, даже если они сами сомневались в своих силах. Всегда поддерживал не только словом, но и делом.

Он стремился к знаниям и часто говорил, что новое поколение умнее прошлого, но сам же показывал всегда, что это не так.

Он был открыт всему новому и умел заряжать своим энтузиазмом всех вокруг.

Под его руководством было выпущено много студентов, и он навсегда останется в их памяти.

Торопов М.Д. (магистрант кафедры ИГиОН)

Середин Валерий Викторович. Воспоминания...

Как правило, профильные предметы по специальности начинаются со 2 курса. Для нас первой такой дисциплиной в сентябре 2021 года, стало «Грунтоведение». Лектором был доктор геолого-минералогических наук, профессор ***Середин Валерий Викторович***. Признаться честно, перед первым занятием у всех было чувство волнения, лектор — уважаемый ученый, вдруг что-то спросит, а мы не сможем ничего сказать. Но наше волнение оказалось напрасным... Валерий Викторович зашел в аудиторию с добрым настроением, последовательно и спокойно начал рассказывать об основах грунтоведения. Хочется отметить, что всегда входил в аудиторию с фразой: «Добрый день, уважаемые коллеги!». Слышать такое было непривычно, фраза сильно мотивировала выучить всё новое, чтобы соответствовать уровню «коллеги».

Неоценим вклад Валерия Викторовича в грамотных советах на защитах курсовых и дипломных работах, а также на научных конференциях. Разбор обычно начинался с формулировки названия и цели работы, зачастую именно здесь заключалась наша ошибка. Валерий Викторович умел подсказать и скорректировать в нужном направлении. При возможности обращал внимание, что можно рассмотреть тему еще и с другой стороны. И уже при дополнительном анализе материала его слова находили подтверждения.

Федоров М.В. (к.г.-м.н., доцент кафедры ИГиОН)

В.В. Середин поражал своей энергией, которой хватало на всех: студентов, коллег и учеников. Его звонкий голос слышался в коридорах еще задолго до подхода к аудитории, а улыбка и смех заражала окружающих. Как его ученик могу сказать, что Валерий Викторович был хорошим руководителем. Он всегда помнил каждый нюанс выполненных исследований, предлагая новые и новые варианты дальнейшей работы. Он искренне радовался и гордился успехами своих учеников и вместе с ними переживал их неудачи. Он прикладывал все свои усилия для достижения поставленных перед учениками целей, помогая и наставляя их.

***Хлуденева Т.Ю. (к.г.-м.н., доцент кафедры ИГиОН,
зам. декана геологического факультета по общим вопросам)***

Середин Валерий Викторович был моим научным руководителем при написании кандидатской диссертации. Он был удивительным человеком, в нём уживались, казалось бы, несовместимые черты: заносчивый и резкий характер, с одной стороны, и бесконечная доброта, забота и открытость души – с другой стороны. Валерий Викторович был требовательным в работе, если он говорил, что статья или раздел диссертации должны быть готовы к такой-то дате, то это должно было быть выполнено беспрекословно. Я бесконечно благодарна судьбе за встречу с таким великим и мудрым человеком, учёным и другом. Я навсегда пронесу память о замечательном человеке, его крылатые выражения запомнились навсегда. «Жизнь прожить – не поле перейти», часто повторял Валерий Викторович.



Валерий Викторович при обсуждении результатов исследований

С Серединым В.В. я познакомился в далекие 80-е. годы в Галургии. Валерий Середин – младший научный сотрудник (МНС), молодой парень, все время улыбался, поговорили немного о Верхнекамском месторождении калийных солей. Он готовил (или уже сделал?) кандидатскую по инженерной геологии шахтных стволов.

Следующая запоминающаяся встреча была в Недрах в 2002 г. перед защитой моей кандидатской. Он уже доктор, входит в диссовет. Начал с апломба: «Ну, что ты нам покажешь с Женей Аристовым?». Аристов – смеется (он был в то время уже директором, а ранее был моим студентом-маршрутником на практике). Достая свою «толмутину» (рукопись на неск. кг), у Середина сразу меняется риторика – «Ты не ошибся, у тебя же здесь докторская?» (в последствии на защите некоторые члены диссовета так и сказали). На защите, помню вопрос мне задал – «В чем заключается методология Вашей работы?». Это был один из любимых вопросов Середина, слышал его впоследствии много раз на защитах разных работ.

В начале «нулевых» несколько раз заходили с коллегами-геологами к нему в МПР с какими-то предложениями по работе – В.В. Середин уже Министр промышленности и природных ресурсов Пермского края. Встречал, даже более чем доброжелательно «Ребята, как я рад вас видеть!» (видимо, чиновничья работа его сильно «доставала»). После обсуждения одна из работ была принята и в дальнейшем реализована – «Составление инженерно-геологической карты Пермского края». Практически карта была составлена еще в Геокарте (где я был начальником геоэкологической партии), но прекращение финансирования по федеральному бюджету не позволило сдать работу в полном объеме. Середин помог провести тему по созданию карты совершенно по другой тематике, заключили госконтракт «Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые»; исполнителем сделали ЕНИ ПГУ, лабораторию геологического моделирования и прогноза (зав. лаб. к.т.н. А.В. Коноплев). В 2005 г. впервые появилась Инженерно-геологическая карта Пермского края масштаба 1:500 000.

Изредка встречался с Серединым в Недрах (Середин – Ген. директор ООО «Недра»). Одна из тем, которую я предложил, и была реализована – «Результаты инженерно-аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) трассы конденсатопровода Новый Уренгой – Сургут» (2009).

На кафедре Инженерной геологии и охраны недр (В.В. Середин – заведующий кафедрой) я стал работать с 2011 г., сначала совместителем, затем – в основном составе. Встречались с Серединым по-разному, когда 1-2 раза в год, когда чаще – традиционно на заседаниях кафедры, защитах дипломов, диссертаций, были и специальные встречи, разговоры по телефону. Никогда не проходил мимо кабинета, где у меня были занятия, зайдет, поздоровается, спросит у студентов – что изучают, иногда и меня прорекламирует.

Специальных предметов я долго не вел (почему-то не давали, а сам – не напрашивался). И лишь, когда провел спецкурс «Инженерная геология» в Институте железнодорожного транспорта УрГУПС, Середин отметил на заседании кафедры ИГиОН «появление нового инженера-геолога», хотя я получил специальность «Гидрогеология и инженерная геология» в университете на год раньше его. Появились преподавательские дисциплины, включили меня председателем в госкомиссию по приемке аспирантских работ по направлениям «Инженерная геология» и «Нефтегазовая геология» в ПНИПУ, где у него сформировался диссовет.

Интересно было наблюдать, как из года в год менялся характер Середина – от «состояния хозяина», присущего «новым русским» (сначала он так и называл себя «я – бизнесмен, а не ученый») до почти интеллигентного. Ранее, проявлялась нетерпимость к инакомыслию в образовательной деятельности, мог достаточно больно задеть, как преподавателей, так и студентов, которые имели особое мнение отличное от его (некоторые не выдерживали такого пресса, уходили на другие кафедры). Но впоследствии стал более тактичным, прислушивался. Также менялись взгляды его в Инженерной геологии (долгое время превалировало понятие: «это есть Грунтоведение и Изыскания, а все остальное – второстепенное»). Сначала Середин рассматривал Кафедру в основном, как место подготовки кадров для своей фирмы, а что не вписывалось в непосредственную деятельность Недр, отменялось при формировании программ обучения. Появлялись новые предметы геодезического и других направлений, но когда кадры в Недрах были обеспечены, предметы – убирали. Появлялись новые преподаватели-совместители – экономического, биологического, микробиологического, медицинского направлений. Это уже проявлялись интересы Середина на стыке наук. Плохо это или хорошо, история – покажет.

Середин всегда был силен в области грунтоведения, очень интересовался вопросами экспериментального грунтоведения, моделирования, математистики (школа В.И. Галкина). Но сначала побаивался читать лекции, сказывалась узкая специализация, не хватало геологического кругозора. Со временем пришли теоретические и общегеологические знания, меньше стало геологических «ляпов». В темах дипломников (и даже – диссертантов) перестали фигурировать глины «лобановские», «александровские», «челябинские», а стали использоваться термины генетического типа – «каолинитовые», «монтмориллонитовые», «бентонитовые». Интересен был его подход по инженерно-геологическому типологическому районированию с применением экспертно-балльной системы (но не успел доработать критерии оценки). Особый интерес проявлялся у него к вопросам на стыке грунтоведения и материаловедения и, пожалуй, здесь им было намечено новое научное направление «Грунтоведческое материаловедение». Лучше стала пониматься роль тектоники в инженерно-геологических процессах (с использованием аэрокосмогеологических методов). Эту крупную научную тему (которую начал

разрабатывать еще И.А. Печеркин) мы с ним обсуждали, но не успели реализовать.

Середин стремился к высшим достижениям в любом деле. Из студентов, естественно отбирал себе курсовиков и дипломников самых способных с последующей целью делать из них кандидатов наук. Другие были не очень интересны. Очень расстраивался, когда уже им выбранные студенты не проявляли себя должным образом в научных исследованиях. Спихивал нерадивых (на его взгляд) студентов другим преподавателям. Мне такие перепадали несколько раз. Причем, сначала «спихнет», а когда подготовишь дипломника – снова «забирает» себе. На вопрос «Почему отбираешь?», отвечает «А ты можешь платить ему зарплату – нет, тогда и молчи». Вот такой Середин. Ну и действительно – делал кандидатов наук, с темпом, не хуже чем И.А. Печеркин. Добивался положительных рецензий от академиков в противовес плохим отзывам на диссертации его учеников, ездил в далекие города на их защиты, бился за них до последнего. С другой стороны, Середин радовался успехам учеников других преподавателей. Например, когда мой магистрант (который раньше очень долго не мог ничего сделать и его предлагали даже отчислить) защитил свою выпускную работу на «отлично», Середин сказал, что рад за него даже больше, чем за своего выпускника (которого в принципе и учить не надо было, сам учился).

Лично в моей докторской диссертации Середин сыграл следующую роль. Во-первых, помог собрать группу ведущих ученых по моей тематике в 2011 г., которые меня изначально выслушали о намерениях, но серьезно не восприняли (т.к. у меня были только 3 ВАК-публикации); однако через 2,5 года их стало 25. Во-вторых, подписал заявление на публикацию в типографии ПГНИУ за счет средств геол. факультета монографии «Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы» (больше мне монографии в университете никогда не печатали, говорили – нет денег). В третьих, на предзащите диссертации осенью 2013 года в зале Ученого совета ЕНИ, на расширенном собрании, на вопрос председателя об оценке моей работы, Середин (а он очень внимательно слушал) сказал «Я Игорю, хоть, что подпишу». Это доверие. Благодарен ему за это. Защищался я через полгода без официального консультанта, хотя морально многие помогали, в т.ч. – В.В. Середин.

После защиты мне пришла идея создать на геологическом факультете кафедру Геоэкологии. Было желание создать учебно-исследовательское подразделение, способное обучать студентов на самом высшем уровне по Программе междисциплинарной геоэкологии и геологической безопасности территорий и объектов, включая рудники; и проводить геоэкологические и другие исследования, съемки, по которым у меня был большой опыт. Там студенты проходили бы многоцелевые практики, я мог бы реализовать это в то время. Середин меня понял (это были не мои личные амбиции, а желание сделать полезное, чего не могут сделать другие) и поддержал меня, пошли к декану С.М. Блинову, затем – к В.Н. Катаеву (руководитель НИЧ), оба не поддержали. Идти выше – бессмысленно. Считаю факультет, многое потерял.

Даже не только в финансовом отношении (в случае выигрыша конкурсов на проведение любой гос. съемки могли быть многомиллионные бюджеты); потеря в том, что не проведены нужные для Пермского края, г. Перми и других городов, некоторых крупнейших объектов (таких как Верхнекамское месторождение калийных солей) геологические работы, и никто их больше не сделает в среднесрочной перспективе.

Валерий Викторович помогал многим людям материально. Финансировал разные проекты, в т.ч. издания разных книг, многие люди благодарны ему за это. Одна из книг была о его научном наставнике, основателе кафедры инженерной геологии Пермского университета, основоположнике Пермской инженерно-геологической школы И.А. Печеркине: «Профессор Игорь Александрович Печеркин: библиография, Инженеры Земли, воспоминания» [7]. Финансовая поддержка издания: научно-исследовательское, проектное и производственное предприятие по природоохранной деятельности «Недра» (ген. директор, д-р геол. минерал. наук, профессор В.В. Середин). Это память и о СЕРЕДИНЕ.

Ниже приведем некоторые фотографии из жизни В.В. Середина из личных фотоархивов людей, знавших Валерия Викторовича, в основном с кафедры инженерной геологии и охраны недр.



В.В. Середин и предшественники



В.В. Середин и В.Н. Дублянский



С коллегами на кафедре



На конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (2011 г.)



Конференция посвященная 35-летию Кафедры ИГиОН (20.12.2012)



Кафедре ИГиОН – 35 лет! А.В. Коноплев раздает Сборник трудов Кафедры (20.12.2012)



ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА НЕДР



Инженерная геология и охрана недр: сборник научных трудов, посвященный 35-летию кафедры. – Пермь, 2012. – Вып. 1.
– 134 с.ил.

Сборник включает научные труды сотрудников кафедры инженерной геологии и охраны недр.

Адресован специалистам в области инженерной геологии, геоэкологии, гидрогеологии, карстоведения, инженерной геофизики, геологии полезных ископаемых, природопользования, а также аспирантам и студентам изучающим естественнонаучные дисциплины

УДК 624.131.1(470.53)

Печатается по решению кафедры инженерной геологии и охраны недр геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета

Редколлегия: А.В. Коноплев, И.С. Копылов, В.В. Середин (главный редактор), В.М. Шувалов, Т.В. Шаварина (секретарь)

Рецензенты: д-р геол.-мин. наук, проф., засл. геолог РФ Т.В. Карасева (ОАО «КамНИИКИГС»); д-р геол.-мин. наук, проф. А.В. Растегаев (Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

© Кафедра инженерной геологии и охраны недр.
© ПГНИУ, 2012



На защите дипломов (18.06.2013)



На предзащите докторской диссертации И.С. Копылова (28.11.2013)



На кафедре (27.12. 2013 г.)



На II Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (15.11.2017)



На III Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (14.11.2018)



Пленарный доклад на III Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (14.11.2018)



III Международная научно-практическая конференция «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (14.11.2018)



Доклад С.А. Двинских и И.С. Копылова «Концепция индекса экологического благополучия города» (14.11.2018)



Доклад В.А. Наумова и О.Б. Наумовой «Парадигма техносферной революции и научное обоснование направлений развития территорий Пермского края в условиях техносферной революции» (14.11.2018)



На кафедре (27.12.18)



На кафедре (27.12.19)



Защита магистерских диссертаций и их обсуждение (1.02.19)



Доклад П.А. Красильникова по докторской диссертации (19.12.18)



Предзащита кандидатской диссертации Т.Ю. Хлуденевой (10.04.19)



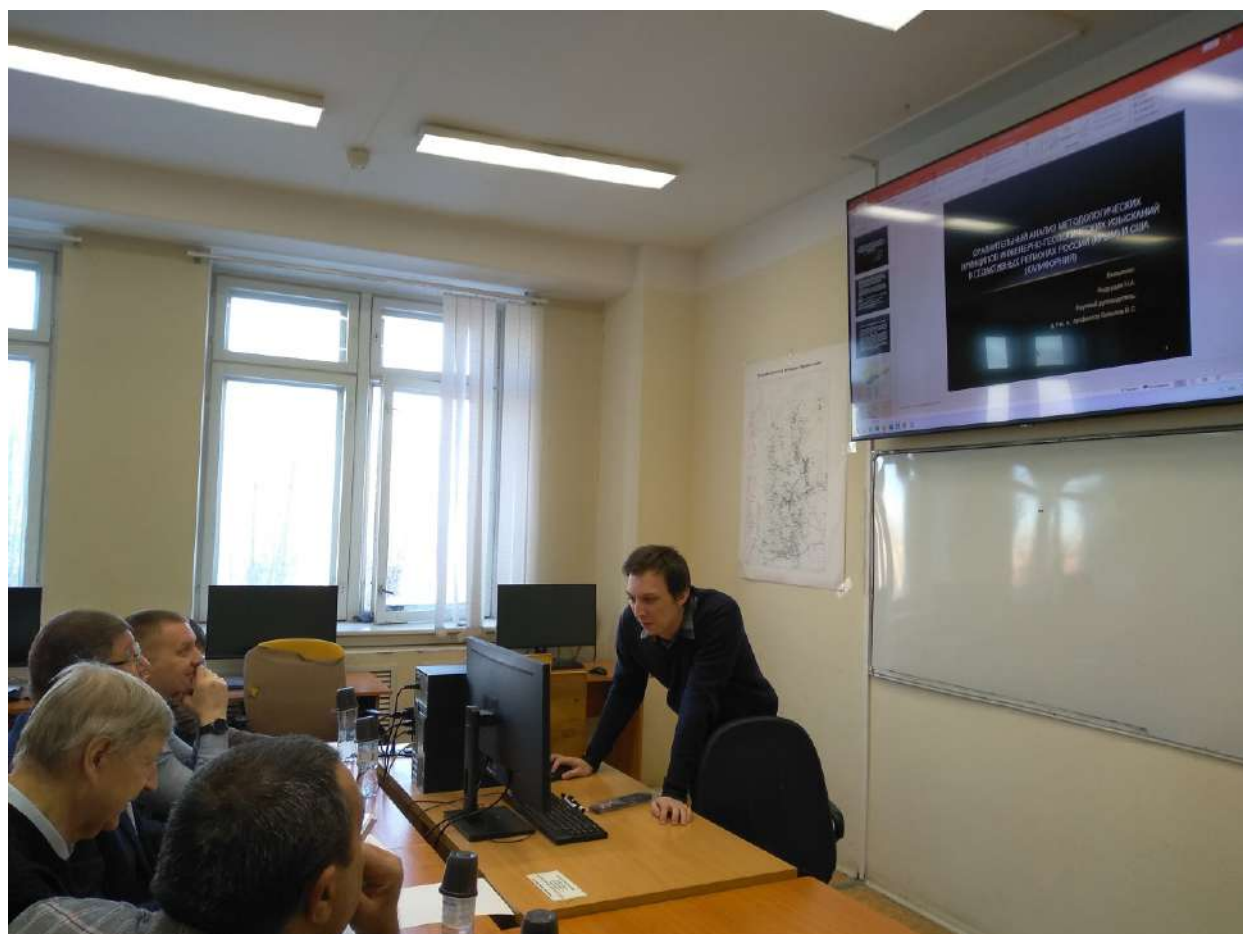
Доклад В.В.Середина перед избранием на должность заведующего кафедрой (6.05.19)



Выборы В.В.Середина на должность заведующего кафедрой (16.05.19)



На защите дипломов и их обсуждении (15.06.2022)



На защите магистерских диссертаций (10.02.2025)





Библиографический список

1. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета (1977-2017 гг.) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 17-29.
2. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского университета: история и современное состояние // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 23-37.
3. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Научная деятельность профессора И.А. Печеркина и ее развитие на кафедре инженерной геологии и охраны недр Пермского университета // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 17-22.
4. Каченов В.И., Копылов И.С., Середин В.В., Шувалов В.М. Основные научные исследования и труды профессора И.А. Печеркина (к 90-летию со дня рождения) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2019. С. 17-23.
5. Галкин В.И., Середин В.В., Бачурин Б.А. Применение вероятностно-статистических моделей при изучении распределения углеводородов в грунтах и выборе технологий их санации. Пермь, 1999. 143 с.
6. Кузнецов В.М., Козлов А.П., Середин В.В., Пименова Е.В. Рекультивация нефтезагрязненных почв. Пермь, 2003. 196 с.
7. Профессор Игорь Александрович Печеркин: библиография, инженеры Земли, воспоминания. Под ред. Л.В.Печеркиной, И.С.Копылова, П.А.Красильникова. Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2023. 243 с.
8. Середин В.В. Геоэкологические условия санации нефтезагрязненных территорий. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 1999. 383 с.
9. Середин В.В. Исследование инженерно-геологических условий проходки шахтных стволов при разработке Верхнекамского калийного месторождения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Пермь, 1985. 262 с.
10. Середин В.В. Исследования пространственного распределения углеводородов в почвогрунтах и водах на территориях, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Пермь, 1998. 106 с.
11. Середин В.В. Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. Курс лекций. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2011. 119 с.
12. Середин В.В. Оценка геоэкологических условий санации территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Пермь, 1998. 153 с.
13. Середин В.В., Каченов В.И., Грунтоведение: курс лекций в 2 ч. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2012. Ч 1. 141 с.
14. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. Печёркин Игорь Александрович – основатель кафедры инженерной геологии Пермского университета, основоположник Пермской инженерно-геологической школы // В сборнике: Инженерная геология и охрана недр. Пермь, 2012. С. 6-12.
15. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. О научном вкладе в развитие инженерной геологии И.А. Печеркина // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 13-18.
16. Хмурчик В.Т., Максимович Н.Г., Середин В.В. Биотехнологии в инженерной геологии», 2023. Пермь, 196 с.

**И.С. Копылов, К.А. Алванян, Д.А. Балахнин, Т.Г. Ковалева,
Ю.В. Рейхардт, В.М. Шувалов**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ПАМЯТИ ДОЦЕНТА Ш.Х. ГАЙНАНОВА (1947-2025)

Приведены биографические сведения о доценте кафедры инженерной геологии Пермского университета Гайнанове Шарибзане Хатиновиче (1947-2025). Рассмотрены аспекты его научной и образовательной деятельности, среди которых центральное место занимали инженерная геология и инженерное прогнозирование.

Ключевые слова: инженерная геология, кафедра инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный университет, Ш.Х. Гайнанов.

**I.S. Kopylov, K.A. Alvanyan, D.A. Balakhnin, T.G. Kovaleva,
Yu.V. Reichardt, V.M. Shuvalov**

Perm State University, Perm, Russia

IN MEMORY OF ASSOCIATE PROFESSOR SH.KH. GAINANOV (1947-2025)

This article provides biographical information about Sharibzan Khatinovich Gainanov (1947-2025), Associate Professor of the Department of Engineering Geology at Perm State University. Aspects of his scientific and educational activities are considered, among which engineering geology and engineering forecasting occupied a central place.

Keywords: engineering geology, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State University, Sh.Kh. Gainanov.

Шарибзан Хатинович (Александр Николаевич) Гайнанов родился 21 августа 1947 года в г. Перми Пермской области.

В 1974 г. окончил геологический факультет Пермского государственного университета по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». С 1977 г. работал на кафедре инженерной геологии: в 1977-1980 гг. в должности ассистента, в 1980-1982 – старшего преподавателя, в 1982-1991 – доцента. С 1991 по 1995 гг. работал заведующим кафедрой инженерной геологии.

В 1979 г. Ш.Х. Гайнанов защитил кандидатскую диссертацию по теме: «Геодинамика склонов, сложенных верхнепермскими отложениями» под руководством профессора, д.г.-м.н. И.А. Печеркина, стал кандидатом геолого-минералогических наук. В 1982 г. получил ученую степень доцента.



Шарибзан Хатинович Гайнанов
(21.08.1947 – 15.08.2025)

С 1997 г. Ш.Х. Гайнанов работал в ОАО «Пермгражданпроект», занимался выполнением изысканий для строительства в Германии.

В 2017 г. Ш.Х. Гайнанов вновь начинает преподавать на кафедре инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН) ПГНИУ в должности доцента, где и проработал до конца жизни.

Гайнанов Ш.Х. читал курсы «Геоэкология», «Инженерные сооружения», «Основания и фундаменты», «Инженерная геология терригенных формаций», «Инженерное прогнозирование». Подготовил множество выпускников инженеров-геологов, которые сейчас работают на благо нашей страны. Он является автором более 100 публикаций (22 – в РИНЦ, Индекс Хирша – 3), в т.ч. учебных и методических пособий. Является соавтором монографии (с И.А. и А.И. Печеркиными) «Переработка берегов водохранилищ, сложенных песчано-глинистыми и карбонатными породами», 1981 (5,1 печ. л.).

Лауреат Пермского университета в области науки 1979 г.

Путь в науку и Инженерную геологию Ш.Х. Гайнанова

Авторы посчитали уместным привести здесь непосредственные цитаты из воспоминаний самого Александра Николаевича (так называли его на кафедре ИГиОН) о своих наставниках-учителях профессорах И.А. Печеркине и В.И. Каченове, которые поддерживали его на научном и профессиональном пути, где также Александр Николаевич описывал эпизоды своей жизни.

ВОСПОМИНАНИЯ ОБ УЧИТЕЛЕ

О Игоре Александровиче Печеркине, как ученом, педагоге, организаторе сказано и написано много. И это не удивительно. Его жизнь была насыщенной и яркой. Я бы хотел вспомнить и поделиться своими впечатлениями о нем, как о человеке, с которым прошел путь на протяжении более чем двадцати лет от студенческих лет до периода его наставничества, как моего учителя и в последствии – коллеги. Эти короткие эпизоды характеризуют его человеческие качества в самых разных жизненных ситуациях.

Первое знакомство

Конец декабря 1969 года. Я демобилизовался из рядов Советской Армии и пришел в родной университет восстановиться на второй курс, с которого я ушел в армию. В это время деканом был И.А.Печеркин. Перерыв в обучении составил к тому времени более трех лет и был на пределе допустимого для восстановления. Игорь Александрович встретил доброжелательно. Выслушал и дал рациональный совет: « Конец декабря, у нас полным ходом идет зачетная неделя и сразу после новогодних праздников начинается зимняя сессия. Практически без подготовки ты обречен на кучу хвостов». И он был прав. Второй курс по учебным планам того времени был очень сложный: Физ. коллоидная химия, кристаллография, петрография, палеонтология и историческая геология, геокартирование, математика, физика...наборчик не из простых. Раньше считалось, если прошел второй курс, то можно считать, что диплом в кармане. «Начинать учебу с хвостов – не лучший вариант». Он посмотрел допустимые сроки для восстановления и посоветовал подойти весной, а учебу начать с нового учебного года – с сентября. Аргументов для возражения не было.

Первая практика

После 3-его курса он набирал студентов на практику в ЕНИ в «Лабораторию водохозяйственных проблем». Геологи в ней занимались вопросами переработки берегов водохранилищ, вели режимные наблюдения по реперным точкам на Камском и Воткинском водохранилищах. Меня порекомендовал В.И.Каченов, учитывая мой более зрелый возраст среди студентов, семейное положение (я был к тому времени женат и уже родилась дочка). Работали как черти, весь световой день. Учитывая дальние и длительные переходы на катере от Вишеры и верховьев Камы до ее устья, мы были заняты весь летний сезон. Инструментальная съемка береговых профилей на закрепленных реперами точках (а их было очень не мало), замеры их подводной части, маршрутные съемки на определенных участках, отбор образцов пород и т.д. Особенно трудоемким были замеры подводной части. Это работа на веслах в любую погоду. Порой за день приходилось на веслах «прогребать» до 10 км. Учитывая мое рвение побыстрее закончить работу, поскольку я рвался домой (семья, ребенок), я «пахал» и другим не давал покоя. Это качество было замечено и В.И.Каченовым и И.А.Печеркиным. Через год

мне опять предложили поработать в этом же качестве, а после окончания учебы – остаться в качестве младшего научного работника в ЕНИ и поступить в заочную аспирантуру под руководство И.А.Печеркина.

Работа была хоть и не легкой, но очень познавательной. Особенно в период прохождения практики, когда с нами в поле выезжал Игорь Александрович. Он умел ненавязчиво давать знания на практике. Идем в маршрут. Вдруг задает вопрос: «откуда здесь окатанный галечник?» От реки далеко, нет рядом ни старицы, ни других признаков аллювиальных отложений. «А почему на этом участке все деревья кривые и выгнуты в одну сторону?». «Почему берег при переработке абразией повсюду отступает в сторону водораздела, а вот здесь, наоборот – он движется в направлении водоема?». Почему проваливаются плиты берегоукрепления вблизи плотин в нижнем бьефе?» Подъезжали к объекту и досконально изучали ситуацию для понимания. Он постоянно заставлял думать и анализировать, понимать суть процесса, а не работать механически. И все это, как бы, между делом, ненавязчиво и по доброму. А время вечернего отдыха у костра конечно же мы не отрываясь слушали его рассказы, когда он делился опытом своей работы, особенно, за рубежом. Раньше мало кому удавалось получить такую возможность.

Психолог

Он был очень тонким психологом. Чувствовал человека на тонком уровне, знал его слабые места и все это давало ему возможность управлять людьми, помогать решать их многие вопросы.

Один из таких случаев, по сути, решил во многом мою дальнейшую судьбу. Для этого ему хватило одного короткого разговора со мной. К тому моменту я работал в ЕНИ около года после окончания учебы. Была определена тема моей диссертации, по которой я уже начинал собирать материал, и готовился к сдаче кандидатских экзаменов. Но у меня возникли проблемы на бытовом уровне. Мы жили тогда во временных бараках «Мостоотряда», которые остались после строительства Камского моста. Но их никак не сносили, а условия там были невыносимые. Зимой дома приходилось ходить в валенках по ледяному полу. Дочь постоянно болела пневмонией. И я решаю менять место работы. Игорь Александрович в это время находился в США по обмену опытом (3 месяца). За это время я уже определился с местом работы и ждал его возвращения. По приезду он сразу сам нашел меня (уже был информирован «доброжелателями»). Настал кульминационный момент. Он не стал вникать в детали моей проблемы, а сразу задал вопрос: «Ну что Саша, слабо стало довести до конца начатое дело?». Я попытался объясниться. А он: «все в твоих руках. Быстрее закончишь работу – быстрее решишь свои проблемы». Это надо было ему знать тонкости моего характера, чтобы одним предложением все перевернуть. Ключевое слово «СЛАБО». И я сел за работу. В течение года я сдал все три экзамена, а через два была готова диссертация.

Второй психологический опыт был значительно веселей, но не менее показательный в плане его проницательности и понимания людей. Мы

выезжали на катере в очередной рейс на Камское водохранилище из порта Левшино. На этот раз в день выхода у одного из наших студентов – практикантов случился день рождения. Но он, как то не до конца «подготовился». То ли постеснялся, поскольку с нами вместе шел ШЕФ, или были другие причины... Словом, сообщил нам уже после отхода от причала. Надо было, как то решать. Как сказать об этом шефу? Решили схитрить. Он расположился с приятелем в заднем кубрике, на корме. Мы провели свое совещание на передней палубе и решили подослать к нему более приближенного к нему человека – Николая (моего однокурсника), с которым у них было много общего на автолюбительской основе (он помогал ему в ремонте машины и т.д.). Придумали легенду, что «забыли купить в дорогу подсолнечного масла жарить рыбу». Николай пошел к нему, а мы, затаив дыхание стояли рядом на палубе, и ждали результата. Диалог: Николай – «Игорь Александрович, нам придется заехать в Хохловку, мы забыли купить подсолнечного масла. Это по пути, быстро». И вдруг из кубрика взрыв...гомерический смех Печеркина и его слова: « Вот тебе деньги, это наша доля на МАСЛО». Напряжение было снято. Но какого?!

Реальная помощь и поддержка

Когда у меня возникла проблема с жильем, которую нельзя было решить в силу обязательств не претендовать на это будучи молодыми специалистами, Игорь Александрович, будучи мудрым и знающим тонкости этого вопроса дал совет: заявиться как «остро нуждающийся» в невыносимых условиях. Тем более, что это была истинная правда. Но надо же было об этом знать! Дальше было просто. Я пригласил членов профкома к себе домой в зимнее время, в хорошие морозы. Причем, я неделю не топил перед эти печь (сами тогда находились дома у родителей. Результат был ожидаемый. Члены комиссии не выдержали и десяти минут, отказались от чая. Решение было однозначным – меня поставили ПЕРВЫМ в очередь на квартиру на нашем факультете. Через год мы жили в благоустроенных условиях.

Научная стажировка в Германии

Это могла быть легкой и приятной зарубежной прогулкой, как это было для многих коллег из СССР. Она ничему сильно не обязывала. Все зависело только от личной мотивации и твоего научного руководителя. Вот это было ключевым моментом в моем случае. Со мной вместе туда попали еще два человека из нашего университета – математик и экономист. Оба реально отдохнули. Один из них был на своей кафедре дважды (в день приезда и день отбытия), а от второго я вообще не слышал ни единого слова о том, чем он там занимался. Про немецкий язык говорить не приходится. Моя история была полной противоположностью. И все это благодаря двум обстоятельствам: первое – И.А.Печеркин и мой немецкий руководитель Ф.Ройтер были хорошо знакомы. Причем Ройтер с большим уважением относился к Печеркину. Естественно он не мог «ударить лицом в грязь перед ним. Второе обстоятельство, это его немецкая педантичность, организованность и ответственность. Все это легло на мои плечи. Поначалу я не представлял себе,

как это можно выдержать. Но он не давал слабину ни на секунду: Четкий план работы на весь учебный год, план командировок по всем необходимым научным центрам ГДР, строгая еженедельная отчетность, работа начиналась ежедневно в 7-00 на его кафедре. А главное – немецкий язык, которого у меня хватало только на бытовом уровне. На кафедре никто не говорил по русски. От плана не допускал отступления ни на шаг. Был случай - меня немцы попросили выступить в соревнованиях за Фрайбергскую Академию, где я и стажировался и продолжал свои тренировки. Дата соревнований совпала с запланированной Ройтером командировкой. Я, по наивности, спросил его о возможном переносе сроков командировки. Ответ Ройтера: «ты приехал сюда заниматься наукой или спортом?». Чисто немецкий подход и порядок. Вопросов больше не было.

Итог стажировки:

1. За 10 месяцев я опубликовал две статьи в немецких профильных журналах. Одна из них – совместно с Ф. Ройтером.

2. Освоил немецкий язык. Однажды даже был переводчиком на геологической экскурсии для студентов из МГУ на острове Рюген.

3. Расстались очень добрыми друзьями и постоянно были на связи.

В последствии он мне очень помог в лечении моего сына в Германии. Это отдельная эпопея, но без него вряд ли мне кто то помог.

4. Позже мы заключили первый в нашем университете международный хозяйственно-научный договор между кафедрой Инженерной геологии (И.А.Печеркин) и Кафедрой Инженерной геологии Фрайбергской Горной Академии (Ф. Ройтер).

Все это вряд ли могло случиться без участия моего учителя – Игоря Александровича Печеркина [1].

***Гайнанов Ш.Х. (к.г.-м.н., доцент кафедры ИГиОН) о профессоре,
к.г. м.н. В.И. Каченове [2]***

Чем запомнился мне В.И. Каченов. Это был, по сути, одним из последних из Могикан, кто закладывал первые кирпичики в строительство Кафедры Инженерной геологии в 1977 году.

Меня он, можно сказать, привел за руку к И.А. Печеркину и порекомендовал взять в команду молодых ученых, которую начинал формировать наш «ШЕФ».

Мы называли его младшим шефом. Он был его правой рукой и выполнял большой объем черновой работы на кафедре, в поездках на научные конференции, в экспедициях.

Главная отличительная черта – принципиальность. Не случайно среди студентов родился термин «КАЧЕНОВЕДЕНИЕ». Так они называли предмет, который вел В.И. Каченов.

Предмет не простой и проскочить его без серьезной подготовки было не реально. А он – не пропускал. Сделать несколько заходов на этот экзамен было почти нормой. Его за это часто осуждали на Ученом совете факультета (это же

понижало общий показатель успеваемости). Но Валерий Иванович стоял на своем и ничего не менялось в его подходе.

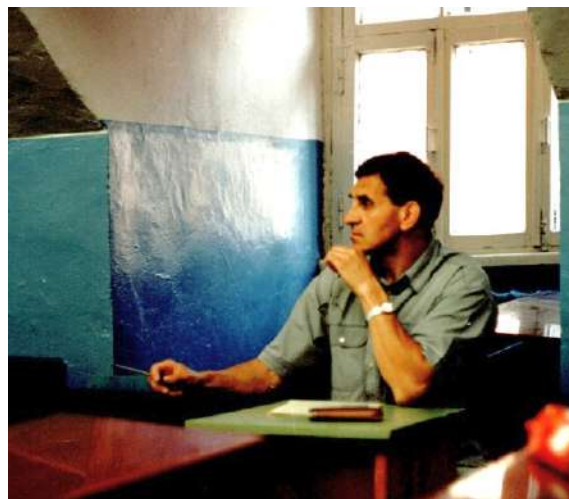
В последние годы он практически был лицом кафедры и старался поддержать ее имидж и те достоинства, которые были присущи нашей кафедре в период ее становления и расцвета [2].

Некоторые воспоминания о Шарибзане Хатиновиче (Александре Николаевиче) Гайнанове

Рейхардт Ю.В. (инженер-геолог - гидрогеолог)

ПАМЯТИ ГАЙНАНОВА АЛЕКСАНДРА НИКОЛАЕВИЧА

Александр Николаевич как научный руководитель и старший товарищ появился в моей жизни в 1992 года в преддверии конгресса по инженерной геологии карста, который проходил в Перми при непосредственном участии и его организации кафедрой Инженерной геологии Пермского госуниверситета. После второго курса необходимо было определить окончательно то, с чем я буду выходить на дипломный проект, какое научное направление выбрать. Александр Николаевич пригласил меня поучаствовать как студента в работе выездных семинаров на Камском водохранилище, чтобы поближе познакомиться и обсудить наше возможное взаимодействие как ученик – учитель. Приняв такое приглашение, я отправился в первую свою научную командировку и сразу на комфортабельном двухпалубном теплоходе, где царила наука и настоящее академическое общение.



Выбор был сделан – это геодинамика побережий Камских водохранилищ и красноцветная терригенная формация. Под руководством Александра Николаевича я подготовил как сам диплом, так и первую с ним в соавторстве свою научную статью. Став моим непосредственным руководителем работ, Александр Николаевич определил моё будущее, и самое главное как ученик школы Печёркина Игоря Александровича повлиял на моё мировоззрение. О своих учителях и об Игоре Александровиче он мог рассказывать часами, но это были не просто его воспоминания, это были настоящие жизненные уроки, которые в последствие окончательно сформировали наши как научные, так и просто жизненные отношения.

Занимаясь в аспирантуре Пермского госуниверситета под его руководством, был реализован план по возрождению комплексных исследований водохранилищ. Было очень сложно финансово организовать

выезды на водоём, тогда резко взлетели цены на топливо и услуги перевозчиков на воде. И что? Александр Николаевич, заработанные средства на консалтинговых услугах вкладывал пусть и в небольшие, но весьма продуктивные экспедиции на Каму. Представляете, свои личные средства на исследования? Да, но это так. В одну из таких поездок он научил нас, как надо организовывать полевые работы быстро и без лишних бытовых “удобностей”, сам скакал по берегам и откосам, показал всё, что должен знать настоящий полевик.

Александр Николаевич был непростым человеком. В нём одновременно уживались строгость, принципиальность, желание досконально познать предмет своего научного исследования, а временами и фанатичного отношения к своим изысканиям, когда все силы и время бросались ради науки. По отношению ко мне он был временами весьма строг, но это была справедливость в первую очередь и желание выстроить доверительные отношения. Не редко мы встречались у него дома, чтобы оперативно решать производственные вопросы, когда он возглавлял проектный институт «Пермгражданпроект». Это вообще отдельная история – нужно было срочно переквалифицироваться из инженер - геолога в специалиста по аварийным ситуациям в гражданском строительстве. В те времена большинство проектных институтов реально разваливались, теряя специалистов по мелким частным конторам, а у него планы продвигать взаимодействие производства с наукой. Было создано подразделение с участием академической строительной науки нашего Политеха и мы два геолога со своими взглядами на то как “надо” строить в Перми. Может и не хватало знаний, но Александр Николаевич и тут нашёл выход. В приказном порядке – сиди и изучай специалитет основания и фундаменты, потом доложишь что и как. Я естественно возражаю, что я ведь не технарь, но пойдёшь - возрази! У нас сроки горят по представлению программы развития строительства в Перми. Вот так и работали и учились и на работе и дома. Собрать команду их авторитетных специалистов под руководством Адольфа Александровича Бартоломея и соединить со знаниями инженер-геологов было его великим достижением.

Целеустремлённость, великая преданность по отношению к своим близким людям и своим друзьям - вот отличительные черты его характера. У нас было очень много споров, которые порой перерастали в противостояние, но он всегда сохранял учтивое отношение по отношению ко мне и моему мнению.

Он всегда таким и будет, с огнём научной страсти в глазах и доброй улыбкой к своему окружению.

На фото Александр Николаевич на защите дипломных работ в 1995 г. (фото Ю.В. Рейхардта).

Алвания К.А. (к.г.-м.н., доцент кафедры ИГиОН)

Если на кафедре спрашивали Александра Николаевича, то никто не удивлялся, так сложилось, Шарибзан Хатинович сам представлялся студентам

таким образом. Будучи студенткой, мне не довелось учиться у него. Уже работая на кафедре в качестве преподавателя, мы все равно пересекались не часто, в основном на защите дипломных работ.

За те редкие встречи у меня сложилось впечатление о нем, как о человеке постоянно собранном, сдержанном и будто бы державшимся немного отстраненным.

Наше непосредственное знакомство состоялось, когда несколько лет назад Шарибзан Хатинович выступал в качестве оппонента по диссертационной работе, защищаемой в Совете под председательством Валерия Викторовича Середина, где я работаю ученым секретарем. И готовя все необходимые к защите документы, мы и столкнулись. Кстати поначалу он очень удивлялся, что я обращаюсь к нему именно – Шарибзан Хатинович. В шутку я отвечала, что на Александра Николаевича он не похож!

Позднее стало известно, что Шарибзан Хатинович с Валерием Викторовичем, в роли научного консультанта, готовят докторскую диссертацию. За долгую трудовую деятельность им был накоплен огромный материал! Работа кипела! Было немного забавно наблюдать за спорами профессора Середина и доцента Гайнанова. Но в конечном итоге десятилетия трудовой деятельности были перелопачены, причёсаны и оформлены под заголовком «Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук».

Многие искренне удивлялись, мол, для чего в таком возрасте докторская....

Шарибзан Хатинович, еще один пример того, что «возраст» это цифра. Его взгляд светился, голос звенел, вид человека полного жизни, планов и свершений.

Весной мы начали готовить пакет документов к защите. Я хорошо помню нашу последнюю встречу. 29 мая 2025 г. стоял теплый ясный день. Шарибзан Хатинович приезжает в «Недра», приятный аромат восточного парфюма доходит до моего стола быстрее, чем он сам. Разговор по документам. Он протягивает мне свой диплом кандидата наук. Открываю, читаю: «....присуждена степень кандидата наук Гайнанову Шарибзану Хатиновичу». Говорю ему: «Так тут целых 2 ошибки!!!» Смеется: «Сразу видно, камералка...»

Он уехал, я через некоторое время на лифте спускалась на 1 й этаж. Вернувшись в кабинет, улыбаюсь: «В лифте до сих пор стоит аромат Шарибзана Хатиновича!».....

Балахнин Д.А. (аспирант кафедры ИГиОН)

Гайнанов Шарибзан Хатинович был прирождённым оратором. Его громкий, поставленный голос захватывал аудиторию с первых минут. В основу своих лекций он брал не просто готовые учебные материалы, а дополнял их собственными научными изысканиями, поэтому каждая лекция была

увлекательной и интересной. В перерывах он делился с нами интересными историями из своего богатого профессионального опыта. Эти минуты сближали нас, превращая преподавателя в мудрого наставника.

До сих пор искренне жаль, что за все годы обучения он был моим преподавателем лишь по одной дисциплине.

Копылов И.С. (д.г.-м.н., проф. кафедры ИГиОН)

Александра Гайнанова помню с 70 гг. прошлого века, со студенческих лет. Был крепким парнем, занимался тяжелой атлетикой. Он закончил кафедру динамической геологии и гидрогеологии на 2 года раньше меня. После армии вновь вернулся в ПГУ. В это время на геологическом факультете стала формироваться Кафедра Инженерной геологии и основатель Кафедры профессор И.А.Печеркин привлек его в свою команду, в ее первый состав.

Согласно приказа Ректора ПГУ (В.П.Животисцева) № 119 в первый состав Кафедры вошли: зав. кафедрой, профессор И.А. Печеркин, доцент А.Н. Селиверстов, старшие преподаватели В.И. Каченов и В.М. Шувалов, ассистенты Ш.Х. Гайнанов и А.И. Печеркин, лаборант В.Ю. Белов [3].

Более тесно с Александром Николаевичем начали общаться с 2017 г., когда он снова пришел работать на Кафедру Инженерной геологии. Помимо преподавания, его интересовала и научная деятельность, а именно – написание докторской диссертации. В ней он хотел рассмотреть инженерно-геологические закономерности территории распространения формации терригенных красноцветных верхнепермских пород и, особенно в связи с формированием локальных положительных структур. Он считал, что в пределах этих структур значительно изменяются (ухудшаются) физико-механические свойства грунтов и более активно развиваются экзогенные геологические процессы. Это также относилось и к моим интересам (поскольку занимаюсь геоактивными зонами и в том числе их влиянием на инженерно-геологические процессы), поэтому был предмет для дискуссий. Особенно крупный спор вышел по поводу наличия так называемого «Лобановского поднятия» в центральной части Перми, участок которого был в центре внимания Гайнанова, как главное доказательство его идеи в докторской диссертации. На этом участке действительно ухудшаются физико-механические свойства грунтов и более активно развиваются ЭГП (особенно суффозия, овраги, подтопление), но связано это с наличием геоактивной зоны, обусловленной повышенной тектонической трещиноватостью. Факт же наличия Лобановского поднятия бурением и геофизикой не доказан (хотя теоретически может быть). Александр Николаевич сильно переживал по этому поводу, жаль было «красивых картинок», которые уже вошли в курсовые и дипломы студентов (и даже в некоторые статьи) и планировались в его диссертацию. Однако, истина – дороже и он это понял. Инженерно-геологические условия ухудшаются не просто на локальных структурах, а – только там, где наблюдается современная геодинамическая активность (и надо уметь ее картировать). В дальнейшем я помогал ему с

картами современных тектонических структур Приуралья. Но когда зав. кафедры В.В. Середин год назад предложил мне быть научным консультантом у Гайнанова вместо него (как сказал «Катаев просил меня помочь ему с докторской, но он меня не слушает»), я сразу отказался. Сказал Середину «Тебя не слушает, а меня слушать будет?». Александра Николаевича было очень сложно переубедить, в чем либо, характер – очень упрямый, хотя все-таки, в конце концов, после многих советов (в первую очередь – В.В. Середина) он серьезно улучшил свою работу. В последние годы он опубликовал единолично и в соавторстве необходимое число ВАК-публикаций (более 15). И еще немного и он «добил» бы докторскую. Не суждено. Думаю, лучшей памятью ученому было бы, если кто-нибудь из молодых аспирантов завершил бы его труд в виде диссертации со ссылками и благодарностью **Александру Николаевичу Гайнанову**.

Ниже приведем некоторые фотографии из жизни Ш.Х. Гайнанове, из личных фотоархивов людей, знавших Шарибзана Хатиновича.



В лаборатории грунтоведения



Геологический факультет, общее фото (1987 г.)



Гайнанов Ш.Х. – заведующий кафедрой инженерной геологии (1991 г.)



С коллегами на кафедре



Ш.Х. Гайнанов и В.М.Шувалов



Новый Год на кафедре (27.12.2019)



Обсуждение дипломов на кафедре (15.06.2022)



Шарибзан Хатинович – Александр Николаевич Гайнанов был не только преподавателем, учёным и специалистом в области инженерной геологии, а также просто замечательным человеком. Его страсть к науке и желание поделиться знаниями вдохновляли студентов на протяжении многих лет.

Библиографический список

1. Алексеева О.Л., Болотов Г.Б., Гайнанов Ш.Х., Гершанок В.А., Дёгтев М.И., Копылов И.С., Костарев В.П., Костицын В.И., Лунев Б.С., Маклашин А.В., Маланин В.В., Осовецкий Б.М., Шерстнев В.А., Тихонов В.П., Шувалов В.М. Воспоминания о профессоре И.А.Печеркине: к 95-летию со дня рождения // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2023. С. 23-64.

2. Гайнанов Ш.Х., Копылов И.С., Костарев С.М., Костарева Н.М., Середин В.В., Шувалов В.М., Коноплев А.В. Памяти профессора В.И.Каченова (1941-2021) - ученика профессора И.А.Печеркина // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2022. С. 15-35.

3. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета (1977-2017 гг.) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 17-29.

И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин, А.В. Коноплев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА М.В. РОГОЗИНА (1950-2024)

Приведены биографические сведения о докторе биологических наук, профессоре Пермского государственного национального исследовательского университета, Рогозине Михаиле Владимировиче (1950-2024). Рассмотрены аспекты его научной и образовательной деятельности, среди которых центральное место занимали лесоведение, лесные культуры, селекция и семеноводство сосны и ели, взаимодействие растений и физических полей Земли, оценка влияния на рост деревьев малых геоактивных зон. Показано развитие нового научного междисциплинарного направления, разработанного М.В. Рогозиным на стыке биологии и геологии «Геоактивные зоны и геобиологические сети».

Ключевые слова: биология, лесоведение, лесные культуры, геобиологические сети, Пермский государственный университет, М.В. Рогозин.

I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin, A.V. Konoplev

Perm State University, Perm, Russia

IN MEMORY OF PROFESSOR M.V. ROGOZIN (1950-2024)

This article presents biographical information about Mikhail Vladimirovich Rogozin (1950-2024), Doctor of Biological Sciences and Professor at Perm State National Research University. It examines aspects of his scientific and educational work, focusing on forestry, forest crops, pine and spruce breeding and seed production, the interaction of plants and the Earth's physical fields, and assessing the impact of small geoactive zones on tree growth. The article also explores the development of a new interdisciplinary scientific field developed by M.V. Rogozin at the intersection of biology and geology: "Geoactive Zones and Geobiological Networks."

Keywords: biology, forestry, forest crops, geobiological networks, Perm State University, M.V. Rogozin.

Рогозин Михаил Владимирович родился в 1950 году в г. Перми. В 1973 г. окончил лесохозяйственный факультет Уральского лесотехнического института по специальности «Инженер лесного хозяйства». В 1973-1976 гг. – лесничий, главный лесничий в Туганском лесхозе Томской области. С 1976 года был младшим, затем – старшим научным сотрудником лаборатории лесоведения Естественного института при Пермском государственном университете. В 1992-1997 гг. работал в Управлении лесного хозяйства Пермской области начальником лесной селекционной производственной станции. Затем вернулся в ЕНИ ПГУ и с 1997 г. работал в качестве старшего научного сотрудника, а с 2000 г. – заведующим научно-исследовательской лабораторией экологии леса Естественного института Пермского государственного национального исследовательского университета.



Михаил Владимирович Рогозин
(22.10.1950 – 29.05.2024)

В 1986 году защитил кандидатскую диссертацию по теме «Селекция сосны обыкновенной на постоянных лесосеменных участках». В 2013 г. – защитил докторскую диссертацию по теме «Изменение параметров ценопопуляций *Pinus sylvestris* L. и *Picea x fennica* (Regel) Kom. в онтогенезе при искусственном и естественном отборе» и в 2014 г. получил степень доктора биологических наук. В 2019 г. Рогозину М.В. присвоено ученое звание Член-корреспондента Российской Академии Естествознания (РАЕ).

С 2000 года и до конца жизни Михаил Владимирович вел активную преподавательскую и научную деятельность. С 2015 г. – профессор кафедры биогеоценологии и охраны природы географического факультета, доцент кафедры ботаники и генетики растений биологического факультета ПГНИУ, Профессор кафедры лесоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУВПО «Пермский гос. аграрно-технологический университет». Издал несколько учебных пособий. В 2019 г. в издательстве Российской Академии Естествознания опубликовано сетевое учебное издание д.б.н. Рогозина М.В. «Лесная селекция: учебное пособие, 2018» [4].

Область научных интересов Михаила Владимирович была обширной: это классические ботанические исследования леса и лесоведение, моделирование лесных экосистем и древостоев, ход роста, взаимодействие растений и физических полей Земли, лесные культуры, лесная таксация, селекция, семеноводство сосны обыкновенной и ели финской. Разработал методику выведения новых промышленных сортов сосны обыкновенной и ели финской в Верхнекамском лесосеменном районе и основные принципы селекции хвойных пород для плантационного выращивания.

М. В. Рогозин

ЛЕСНАЯ СЕЛЕКЦИЯ

Сетевое учебное издание

Рекомендовано УМО РАЕ
по классическому университетскому
и техническому образованию в качестве
учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся
по направлениям подготовки
(специальностям):
35.03.01 — «Лесное дело»
(квалификация бакалавр);
35.04.01 — «Лесное дело»
(квалификация магистр)

© Рогозин М. В., 2018
© Пермский государственный
аграрно-технологический университет, 2018
© ИД «Академия Естествознания»
© АНО «Академия Естествознания»
ISBN 978-5-91327-507-3

Москва
2018

УДК 630*232.1: 630*165: 630*5(470.53)
ББК 43.4
P59

Рецензенты:

Демаков Ю. П. — доктор биологических наук, профессор кафедры
лесных культур, селекции и биотехнологии Поволжского государственного
технологического ун-та (г. Йошкар-Ола);

Тараканов В. В. — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафе-
дры селекции, генетики и лесоводства Новосибирского государственного
аграрного ун-та;

Михай В. П. — доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой
лесных культур, селекции и лесомелиорации Воронежского государ-
ственного лесотехнического ун-та;

Исаков И. Ю. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафе-
дры лесных культур, селекции и лесомелиорации Воронежского государ-
ственного лесотехнического ун-та

Рогозин М. В.

P59 Лесная селекция: учебное пособие. — М.: Издательский
дом Академии Естествознания, 2018. — 298 с.

ISBN 978-5-91327-507-3

Рассмотрены методы селекции сосны обыкновенной и ели финской на примере
пишпыза выскот 1886 семей в 15 испытаниях в Пермском крае, всего 80 тыс. растений.
Показано применение биометрии, трех законов развития древостоя, наследуемости
и коррелятивной селекции. Записывается пособие программой селекции хвойных по-
род нового поколения. Рассмотрена методика и техника испытаний, включающая 16 от-
личий при выращивании посадочного материала. Показано, почему следует миними-
зировать возраст отбора: быстрота роста у происходящих до 4 лет, у семей сосны до
6–10 лет, у ели до 4 лет, сокращая объем выборки на севе до 20–30 растений.
Даны примеры отбора на общую комбинаторную способность по 2–4 признакам, селе-
кция по морфотипу и по параметрам структуры древостоев, в частности, по себестоимости
1,2–1,3 см/м. Показано, как была обнаружена своеобразная адаптационная «память»
у семей о том, в каких условиях формировались их родители, и почему именно в них по-
томство росло лучше, резко реагируя на изменение густоты, а также почвенных условий
в лесостепных условиях. По этим причинам исходный материал
рекомендуется отбирать в насаждениях-аналогах, сформировавшихся на малой ринталь-
ной густоте и при гонимом совпадении запаса. Предполагается, что в них будет наилуч-
шее соотношение правил и типов форм, обеспечивающих гомеостаз уже дочерних куль-
тур. В селекции на плантационное выращивание нужно знать модели хода роста культур
и направлять их развитие точно по ним, подбирая целевые потомства по траектории их
роста, и далее поддерживать эту траекторию регуляцией густоты. Описан новый метод
селекции ели по хеомаркерам мтДНК, обозначающий 50–83 % быстрорастущих семей. Рас-
смотрены методы и их результаты лески в основе новой парадигмы лесной селекции,
и в ней состоит принципиальная новизна учебного пособия. На применение повышает
продуктивность дочерних культур, в зависимости от системы селекции, на 9–20%.

Использовано 94 рисунка, 47 таблиц, библиография из 268 названий.

Для студентов, аспирантов, научных и инженерно-технических работников.

ISBN 978-5-91327-507-3

© Рогозин М. В., 2018
© Пермский государственный
аграрно-технологический университет, 2018
© ИД «Академия Естествознания»
© АНО «Академия Естествознания»

Рис. 1. Фрагменты книги М.В. Рогозина «Лесная селекция: учебное пособие» [4]

Большой интерес Михаил Владимирович проявлял к научному междисциплинарному направлению на стыке биологии и геологии, которое можно назвать, как «Геоактивные зоны и геобиологические сети». В геологии развивается «Учение о геодинамических активных зонах», которые влияют на формирование полезных ископаемых, активизируют инженерно-геологические и геоэкологические процессы. У М.В. Рогозина цель была — изучить влияние малых геоактивных зон и геобиологических сетей на рост лесных культур (рис. 2).

Наверное, в этом направлении он продвинулся дальше всех ученых в России и мире. Многократно выступал с лекциями на многих научных конференциях в разных городах. Написал большой цикл статей и несколько монографий, некоторые из них приведены в библиографическом списке [1-12]. Также интересны видеоролики Михаила Владимировича, их он на основе своих полевых исследований — пеших маршрутов, съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), теоретических обоснований. Их он размещал на ресурсах Интернет, использовал при чтении лекций в университете.



Рис. 2. Изучение малых – благоприятных геоактивных зон (2019)

Большую роль М.В. Рогозин сыграл в развитии научной школы Пермского университета **«Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность»** в геобиологическом направлении на стыке биологии и геологии. Он входил в состав этого научного общества, практически с самого начала основания (с 2015 г.). Уже в 2016 г. опубликовал монографию «Лесные экосистемы и геобиологические сети» [5] (рис. 3), написал большое количество личных и совместных статей.

В 2020 г. опубликовал с коллегами монографию «Лесные экосистемы и факторы неотектоники» [9], где было установлено: установлено: 1). На территориях с разной геодинамической активностью плечи миграции малых геоактивных зон (МГА-зон) различны; 2). МГА-зоны классифицированы на 10 типов, размером от 0,3 до 110 м. Сосна на благоприятных зонах сохраняется в 39 раз лучше и повышает объём ствола в среднем на 46%. Зоны влияют на наследуемость и на появление деревьев-лидеров основных лесообразующих пород; 3). Структура МГА-зоны включает пояса: ингибирования (центр зоны), депрессии (средняя часть), комфорта (периферия).

М.В. РОГОЗИН

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ И ГЕОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СЕТИ



Пермь 2016

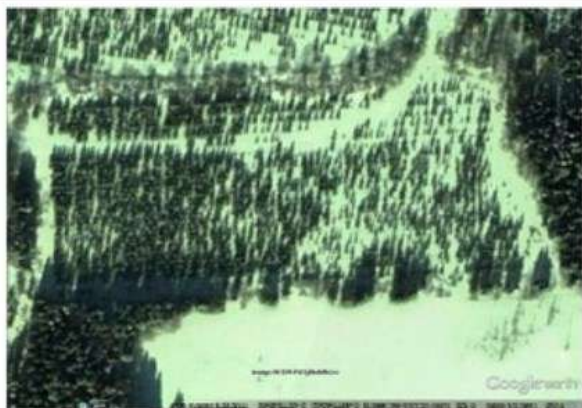


Рис. 5.3 – Схема расположения полей лесосеменной плантации в кв. 41 Ильинского лесничества (вверху) и вид на космическом снимке полей 1.1 и 1.2 (внизу). Координаты центра поля 1.1: N 58°27'20,8" С; E 55°50'08,06" С в системе координат WGS-84.

УДК 582.47: 630*232.1: 630*165: 630*5 (470.53)
ББК 43.4 (2Рос – 4 Пер)

Рогозин М. В.

Лесные экосистемы и геобиологические сети [Электронный ресурс] : монография / М. В. Рогозин; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электрон. дан. – Пермь, 2016. – 7,2 Мб. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: процессор Intel Pentium, 1,3 ГГц; 40 Мб HDD; 256 Мб RAM; операц. система Windows 98 и выше; рек. разрешение 1024×576; CD-ROM или DVD-ROM; ПО для чтения документов в формате *.pdf. – Загл. с этикетки диска.

ISBN 978-5-7944-2717-2

Исследованы искусственные экосистемы сосны обыкновенной и ели финской и их потомства в тест-культурах. Изучалось 180 материнских деревьев и 14 тыс. растений в их потомстве в возрасте до 21 года по принятым процедурам статистического анализа. Изучены геобиологические сети пяти видов с зонами от 0,55 до 8 м, из которых три исследованы впервые. Всего изучено влияние 414 зон, из них 331 – благоприятные зоны и 83 – патогенные зоны Хартузиуса и Карри. Оказалось, что зоны и сети мигрируют на расстояние от 0,10 до 0,85 м в прямой зависимости от геохимической активности обширных территорий поверхности Земли, а в древостое нет места случайному расположению деревьев. Площадь патогенных зон составляет 1,9%, а благоприятных зон с учетом их миграции – 51% площади. Семенимость и наследственность у сосны возрастают в 1,85 раза у матерей, сформировавшихся на патогенных зонах при их нахождении также и внутри благоприятных зон. Деревья ели в 21 год на благоприятных зонах оказались достоверно выше контроля в среднем на 4,0%, с колебаниями повышений по типам зон от 1,0 до 11,7%. При этом частота деревьев-лидеров на зонах оказалась в 1,4 раза выше, чем на нейтральных местах. На патогенных зонах рост ели снижался до 91,2% от контроля. Данные сети необходимо учитывать и формировать неравномерную структуру древостоя, сохраняя деревья-лидеры и биогруппы. Книга будет интересна лесоводам, геоботаникам, дендрологам и специалистам ландшафтного дизайна.

Ключевые слова: популяции, плосовые деревья, потомство, лесостатистические зоны, биогруппы, наследственность роста, плантационное выращивание

УДК 582.47: 630*232.1: 630*165: 630*5 (470.53)
ББК 43.2 +26.2

Издаётся по решению ученого совета Естественного факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета

Рецензенты:

А. М. Горелов, д. с.-х. н., ведущий научный сотрудник Национального Ботанического сада им. М. М. Грешко НАН Украины (г. Киев);

И. М. Давидов, д. с.-х. н., проф., ведущий научный сотрудник лаборатории таксации и лесопользования Института леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН;

И. С. Котилова, д. г.-м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории геологического моделирования и прогноза ЕНИ ПГНИУ (г. Пермь);

С. А. Овсеев, д. б. н., проф., кафедры ботаники и генетики растений ПГНИУ (г. Пермь)

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке задания 2014/113 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания Минобрнауки России, проект 141

© Рогозин М. В., 2016

ISBN 978-5-7944-2717-2

© Пермский государственный национальный
исследовательский университет, 2016



Рис. 4. 2 – Плосовое дерево ели в возрасте 77 лет с превышением среднего диаметра 84% на ГЭС с диаметром ула 1,0 м. Показано положение центра ула в сентябре 2012 г. (слева) и в мае 2013 г. (справа)

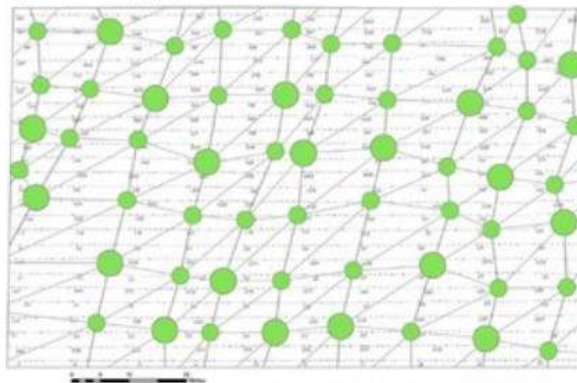


Рис. 5.10 – Благоприятная геобиологическая сеть с зонами, максимальный диаметр 3 и 4,5 м

Рис. 3. Фрагменты монографии М.В. Рогозина
«Лесные экосистемы и геобиологические сети» [5]

Интересна гипотеза М.В. Рогозина о «подпитке растений геоактивными зонами», объясняющая также успешный рост деревьев на скалах, где объем доступной почвы минимален. При этом он выделял благоприятные и неблагоприятные зоны для роста деревьев. Не со всеми его методами и доказательствами существования биосетей биологи и геологи соглашались, но всегда его доклады вызывали повышенный интерес и оживленные дискуссии.

Михаил Владимирович всегда был в поиске. Искал новые доказательства, приобрел БПЛА, геофизические и геохимические полевые лаборатории, организовал группу единомышленников из числа специалистов и студентов, проводил практические занятия.

Несколько экспедиций М.В. Рогозин совершил на Северный Урал в Вишерский заповедник, результатом этих исследований стали отчеты, монографии, статьи, видеофильмы. Практически каждый раз он совершал новые открытия: находил «горячие камни» (отломы магматических образований с повышенной температурой) в геоактивных зонах; устанавливал в них закономерности размещения муравейников; находил пространственные совпадения биологических и геологических полей, выявлял природные феномены.

На рис. 4 приведены некоторые рисунки из последней статьи М.В. Рогозина «Кольцевые структуры из деревьев на космоизображениях, их биолокация и идентификация по типам». Он делает заключение «Таким образом, в горных лесах заповедника Вишерский при обследовании восьми кольцевых структур с размерами от 32 до 660 м, выявленных на космоснимках, было установлено, что координаты их центров точно совпадали с координатами центров геоактивных зон, найденных биолокацией. Тем самым биолокационный метод поиска и оценки размеров геоактивных зон получил объективное фитоценотическое подтверждение» [2].

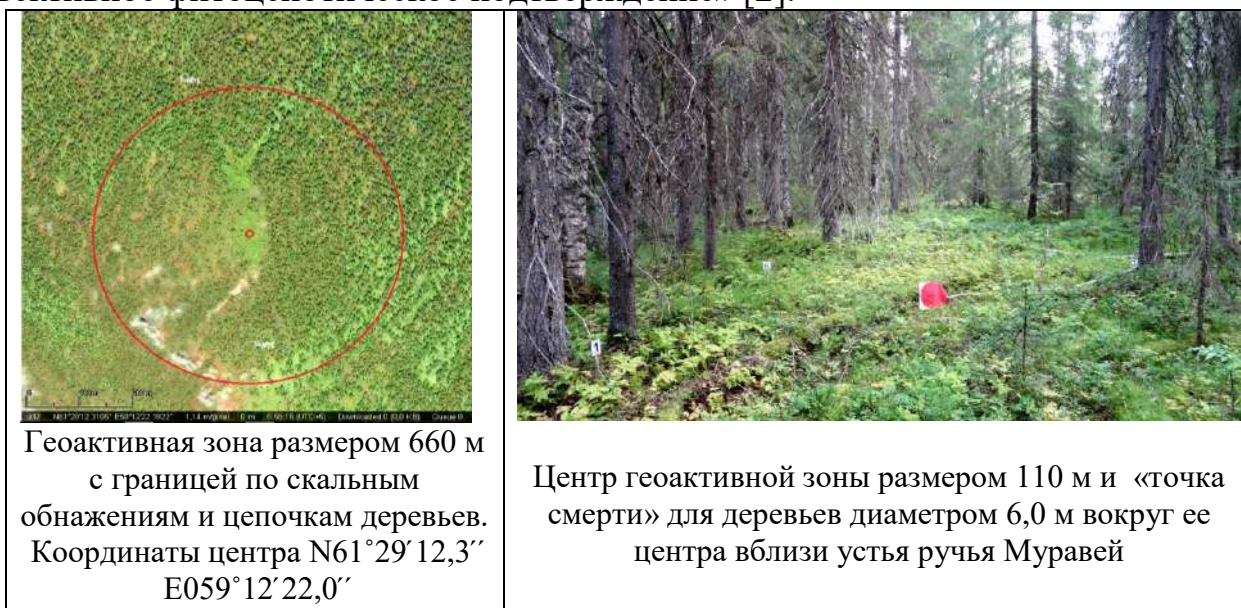


Рис. 4. Фрагменты рисунков из последней статьи М.В. Рогозина «Кольцевые структуры из деревьев на космоизображениях, их биолокация и идентификация по типам» [2]

Михаил Васильевич постоянно выступал с докладами на многих научно-практических и образовательных конференциях и семинарах (рис. 5).



Рис. 5. Фото - Газета «Вишера заповедная» (Анастасия Южанина)

Он был постоянным участником Всероссийских научно-практических конференций «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» и «Аэрокосмические методы в геологии» (рис. 6, 7).



Рис. 6. Выступление М.В. Рогозина на III Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (14.11.2018)



Рис. 7. IV Всероссийская научно-практическая конференция
«Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность.
Печеркинские чтения» (17.11.19)

Рогозин М.В. опубликовал более 220 научных работ, включая 8 монографий, 2 учебника. Автор книг: «Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели», 2012. (соавт. Г.С.Разин); «Селекция сосны для плантационного выращивания», 2013; «Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы», 2015. (соавт. Г.С.Разин); «Лесные экосистемы и геобиологические сети», 2016; «Селекция ели финской (*Picea* × *fennica* (Regel) Kom.): диссимметрия и хемомаркеры», 2017 (соавт. А.М. Голиков, А.В. Жекин, С.С. Комаров, Н.В. Жекина); «Структура древостоев: конкуренция или партнерство?», 2019; «Лесные экосистемы и факторы неотектоники», 2020 (соавт. В.В. Михалев, А.Я. Рыбальченко);

«Культуры сосны обыкновенной. Конкуренция, площади питания и отпад деревьев», 2022; «Лесные генетические ресурсы России: изучение, сохранение, использование, управление», 2024 (коллективная монография). Автор учебных пособий для студентов высших учебных заведений: «Лесная селекция», 2018; «Лесоведение. Модели развития и структура простых древостоев», 2019. Патенты: Способ повышения встречаемости быстрорастущих семей ели финской *Picea fennica* (Regel) Ком.: пат. 2597201. Рос. Федерация: МПК А01G23/00 А01Н1/04 / М.В. Рогозин, А.В. Жекин, С.С. Комаров, Н.В. Жекина; заявитель и патентообладатель ФГБОУВО Пермский гос. нац. исслед. ун-т № 2015105649; заявл. 18.02.2015; опубл. 27.08.2016. Бюл. 24.

Число публикаций (РИНЦ) – 161, цитирований – 916, индекс Хирша – 14.

За выдающийся вклад в развитие биологической науки М.В. Рогозин был награжден медалью им. Н.И. Вавилова Российской Академии Естествознания (решение Президиума РАН от 17.07.2017 г.). Заслуги Михаила Владимировича отмечены почетными грамотами и благодарностями разного уровня, среди которых есть почетная грамота Министерства образования и науки Российской Федерации (2010).

Михаил Владимирович был спортсмен (лыжник), путешественник, прекрасный фотограф и составитель видеороликов о природе. Он оставил после себя не только профессиональное наследие, но и тёплые воспоминания в сердцах всех тех, кто его знал.

Одно из обращений М.В. Рогозина (отправлено многим специалистам разных направлений), после одной из конференций:

«Здравствуйте, коллеги! Я не раз сталкивался с тем, что некоторые исследователи «не хотят пускать» в себя новые знания, которые не касаются лично их предмета. Обычно это как бы нехватка времени. Нас захлёстывает обилие информации, которая не более чем просто сведения... А нужны знания, а знания – это связь явлений. Фильм, который мне не дали показать на конференции, ошибочно засчитав время ответов на вопросы в общее время двух докладов, как раз об этом, ну и о красоте природных феноменов. Поэтому, пожалуйста, найдите время скачать фильм на 6 мин. из Яндекс-диска. Полная версия есть в папке Рогозин в докладах конференции.

Новые знания добываются не просто. Я шел к ним 15 лет. Денег на их добычу никто не давал. Всё – за счет личного времени Жизни. И вот это время заканчивается. Наступает Вечер Жизни... Прошу Вас, разделите его со мной и посмотрите фильм. А потом напишите пару-тройку слов в ответном письме. Этот фильм я делал не для себя. Я его сделал для Вас. И для наших студентов-ландшафтников».

Ниже некоторые кадры из этого фильма (фильм «Будущая экотропа на гору Полюд. Некоторые объекты») (рис.8).



«Благоприятная зона»



Успешный рост
деревьев кедра, ели,
пихты и березы при
минимальном объеме
почвы на крутых
скалах р.Вишеры



Вид в сторону г.Чердынь

Рис. 8. Кадры из фильма Михаила Рогозина «Будущая экотропа на гору Полюд.
Некоторые объекты»



Библиографический список

1. Рогозин М. В. Гипотеза «тонких» энергий геоактивных зон: штрихи к портрету нового направления исследований // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2021. №. 3. С. 116-133.
2. Рогозин М. В. Кольцевые структуры из деревьев на космоизображениях, их биолокация и идентификация по типам // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2025. С. 141-151.
3. Рогозин М.В. Лаборатория экологии леса: исследования лесных экосистем // В сборнике: *Теория и методы исследований в естественных науках. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. Главный редактор И.С. Копылов. 2016. С. 135-143.
4. Рогозин М.В. *Лесная селекция: учебное пособие*. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2018. 298 с.
5. Рогозин М.В. *Лесные экосистемы и геобиологические сети*. Пермь, 2016. 171 с.
6. Рогозин М.В. Точка смерти и пояс комфорта для деревьев внутри малых геоактивных зон // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2023. №. 7. С. 172-183.
7. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 223-227.
8. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биолокация и био-геоактивные зоны // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С.53-57.
9. Рогозин М. В., Михалев В. В., Рыбальченко А. Я. Лесные экосистемы и факторы неотектоники. Пермь: ПГНИУ, 2020. 249 с.
10. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Изучение влияния факторов неотектоники и малых геоактивных зон на элементы лесных экосистем аэрокосмическими и биолокационными методами // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 119-133.
11. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Методология и практика применения аэрокосмогеологического и биолокационного анализа при изучении факторов влияния неотектоники и малых геоактивных зон на элементы лесных экосистем (на примере заповедника «Вишерский» и г. Перми) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 91-107.
12. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Оценка влияния неотектоники на лесные экосистемы и на ориентацию сетей из малых геоактивных зон // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2019. № 2 (39). С. 23-31.

Научное издание

**Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая
безопасность. Печеркинские чтения**

Сборник научных статей

Выпуск 8

Выпускается в авторской редакции
Техническая подготовка материала: *И. С. Копылов*

Объем данных 33,3 Мб
Подписано к использованию 30.12.2025

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Управление издательской деятельности
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15