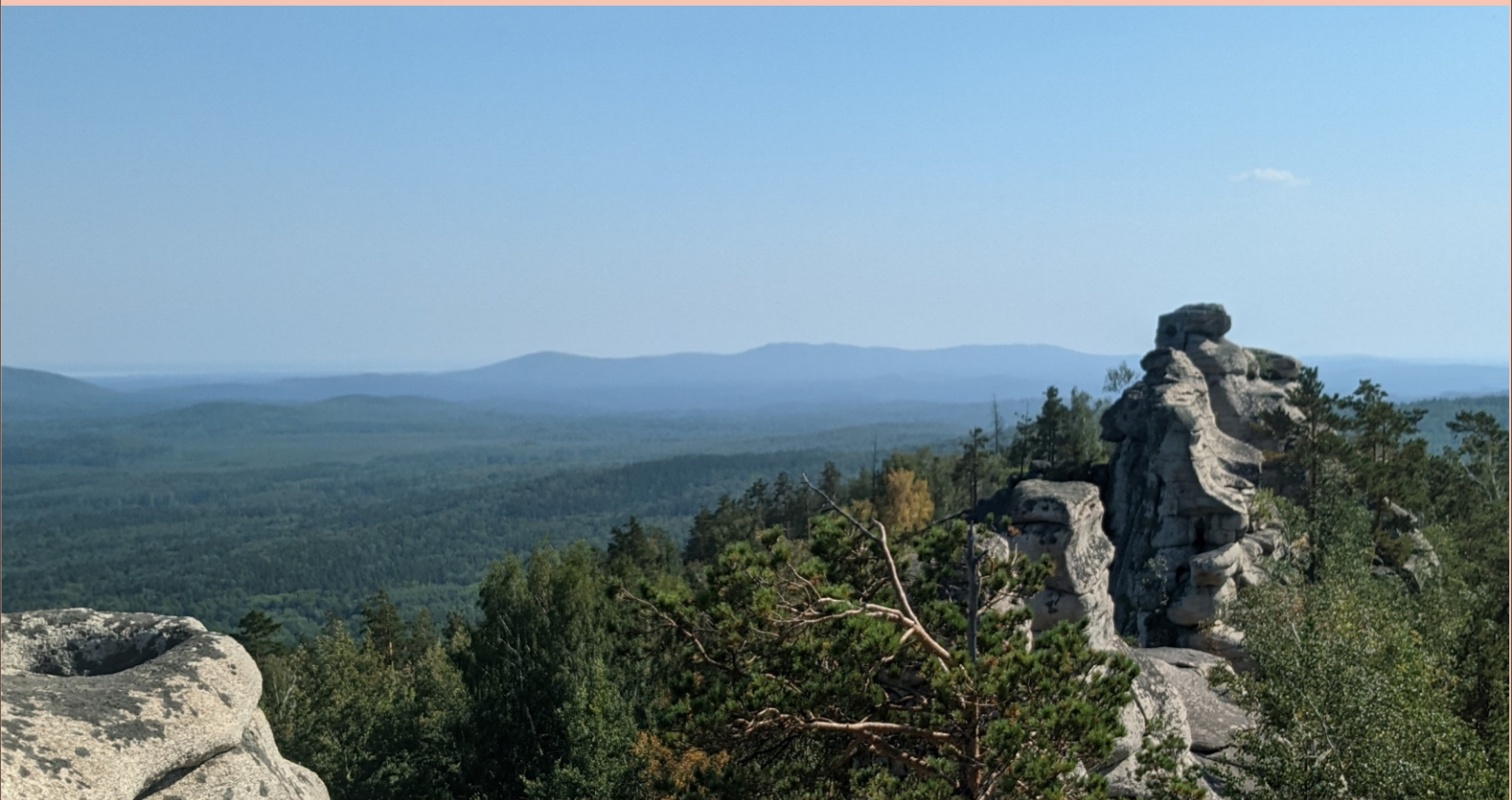




**ГЕОЭКОЛОГИЯ,  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**GEOECOLOGY,  
ENGINEERING GEODYNAMICS,  
GEOLOGICAL SAFETY**



**Пермь 2022**

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 6

*Под общей редакцией И. С. Копылова*



Пермь 2022

УДК 502/504+55  
ББК 20.1+26.3  
Г35

**Г35** **Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения [Электронный ресурс] : сборник научных статей / под общ. ред. И. С. Копылова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2022. – Вып. 6. – 25,3 Мб ; 492 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2022.pdf>. – Заглавие с экрана.**

ISBN 978-5-7944-3874-1

Сборник содержит научные статьи по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения», состоявшейся 15 ноября 2021 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. 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

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.г.-м.н. **И. С. Копылов** (главный редактор),  
д.г.н. **С.А. Бузмаков**, к.г.-м.н. **В. В. Голдырев**, PhD **О. Н. Ковин**,  
к.т.н. **А. В. Коноплев**, д.г.-м.н. **П. А. Красильников**, д.г.-м.н. **В. А. Наумов**,  
д.г.-м.н. **О. Б. Наумова**, д.б.н. **М. В. Rogozin**, д.г.-м.н. **В. В. Середин**,  
к.г.-м.н. **В. П. Тихонов**, к.г.-м.н. **В. М. Шувалов**

*Рецензенты:* зав. кафедрой геологии нефти и газа ПНИПУ, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный нефтяник, д-р геол.-мин. наук, профессор **В. И. Галкин**;  
директор ООО «Зарубежшахтострой», д-р техн. наук **А. Н. Земсков**

ISBN 978-5-7944-3874-1

© ПГНИУ, 2022

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION RUSSIAN FEDERATION  
PERM STATE UNIVERSITY

# **GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS, GEOLOGICAL SAFETY**

**Pecherkinskie reading**

Series of scientific article  
Issue 6

Edited by Igor S. Kopylov



Perm 2022

UDC 502/504+55  
LBC 20.1+26.3  
G35

**Geoecology**, engineering geodynamics, geological safety. Pecherkinskie  
G35 reading : Series of scientific article. Ed. I.S. Kopylov, Perm State University,  
Perm, 2022. – 25.3 Mb ; 492 p. – Access: [http://www.psu.ru/files/docs/science/  
books/sborniki/GIGGB-2022.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2022.pdf).

ISBN 978-5-7944-3874-1

An issue of Series of scientific articles on Materials of VI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Geoecology, Engineering Geodynamics, Geological Safety. Pecherkinskie Reading», which took place on November 15, 2021 in the Perm State University.

The problems of of Geoecology, Engineering Geology, Geodynamics, Hydrogeology, Geological Safety of cities and subsoil use objects are considered by the examples of the Pre-Urals and the Urals, the Volga region, Western and Eastern Siberia, the Far East and other regions. For general geologists, ecologists and other specialists in the study of the Earth's interior and the environment, as well as for students studying 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**, Ph.D. **V.V. Goldyrev**, PhD **O.N. Kovin**,  
Ph.D. **A.V. Konoplev**, D.Sc. **P.A. Krasilnikov**, D.Sc. **V.A. Naumov**,  
D.Sc. **O.B. Naumova**, D.Sc. **M.V. Rogozin**, D.Sc. **V.V. Seredin**,  
Ph.D. **V.P. Tikhonov**, Ph.D. **V.M. Shuvalov**

Reviewers: Head of the Department of Oil and Gas at Perm National Research Polytechnic  
University, D.Sc. **V.I. Galkin**

Director of LLC «Zarubezhshahtostroy», D.Sc. **A.N. Zemskov**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ.....</b>	15
<b>Ш.Х.Гайнанов, И.С. Копылов, А.В. Коноплев, С.М. Костарев, Н.М. Костарева, В.В. Середин, В.М. Шувалов</b> <b>ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И.КАЧЕНОВА (1941-2021) – УЧЕНИКА ПРОФЕССОРА И.А.ПЕЧЕРКИНА.....</b>	15
<b>И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин</b> <b>РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.А.ПЕЧЕРКИНА В СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ И НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ КАФЕДРЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР И НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «ГИГГБ» ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.....</b>	36
<b>А.В. Коноплев, И.С. Копылов, П.А. Красильников, И.В. Кустов</b> <b>ЛАБОРАТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА В 100 – ЛЕТНЕЙ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА.....</b>	43
<b>И.С. Копылов, С.А. Бузмаков</b> <b>ГЕОЭКОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНОВ – НОВЫЙ СПЕЦКУРС ДЛЯ МАГИСТРАТУРЫ ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.....</b>	59
<b>И.С. Копылов</b> <b>АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ГЕОЭКОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ, СВЯЗАННЫХ С ОЦЕНКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ.....</b>	70
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ .....</b>	85
<b>Н.А. Алексашкин, С.Н. Гладких</b> <b>РАЗРУШЕНИЕ СЕМЬИ И УГРОЗА ВЫМИРАНИЯ РОССИИ.....</b>	85
<b>С.Н. Гладких, Н.Н. Семчук</b> <b>О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНООБМЕННОГО ПОЛИМЕРА ЭО-7 ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОКИСЛЕННОГО ХЛОРИСТОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЖЕЛЕЗНЕНИЯ.....</b>	91
<b>Д.Д. Жуйкова</b> <b>БАТРАХОФАУНА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ ЧУСОВСКОГО РАЙОНА.....</b>	97

<b>А.Н. Жуков</b> ГЕОЭКОЛОГИЯ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ХМАО-ЮГРА.....	105
<b>О.В. Клецкина, П.А. Красильников</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО И ФАУНИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА.....	115
<b>И.С. Копылов, Л.И. Копылова</b> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	122
<b>К.А. Проничева</b> ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СРЕДНЕ-КЕУМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	133
<b>М.В. Рогозин</b> ПРИРОДНЫЕ ФЕНОМЕНЫ В КРАСНОВИШЕРСКОМ РАЙОНЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ) И СИНЕРГЕТИКА МАЛЫХ ГЕОАКТИВНЫХ ЗОН...	139
<b>А.В. Хаматова</b> ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ПЕРМСКОГО ГОРОДСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ.....	149
<b>В.Н. Чекменев</b> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСИНСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА.....	163
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	175
<b>Д.А. Балахнин, С.А. Волков, Т.Г. Ковалёва</b> ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕРМИ.....	175
<b>Д.Р. Золотарев, Е.В. Дробинина</b> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ РАЗВИТИЯ МЕЛОВОГО КАРСТА.....	186
<b>Д.В. Козлов</b> ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ КАРСТА И КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ СКОРОСТНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ МУРОМ – АРЗАМАС.....	195

<b>И.С. Копылов, А.В. Коноплев</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ УСТЬ-ЯЙВИНСКОГО УЧАСТКА ВКМКС И ОСНОВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ.....	202
<b>К.А. Курочкин</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ НА ПЛОЩАДКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ХВОСТОХРАНИЛИЩА СВЕТЛИНСКОЙ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ.....	216
<b>Е.В. Ташкинов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОЛЗНЯ У ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «КРАСНАЯ ГОРКА» В ПЕРМИ.....	223
<b>Д.А. Чегодаева</b> ДЕФОРМАЦИИ СОЛЯНЫХ ПОРОД В ЗАПАДНОМ БОРТУ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ.....	234
<b>Ф.Д. Шапошников, И.С. Копылов</b> ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА УЧАСТКЕ ПАНГОДЫ-НОВЫЙ УРЕНГОЙ.....	243
<b>Д.Н. Шарафан, И.С. Копылов</b> ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА (ЧУКОТКА, БАИМСКИЙ ГОК, МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА ПЕСЧАНКА).....	253
<b>РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР.....</b>	266
<b>К.А. Vorobyev, М.Е. Pyatkova</b> ANALYSIS OF THE MINERAL RESOURCE BASE OF OJSC MMC NORILSK NICKEL.....	266
<b>К.А. Vorobyev, М.Е. Pyatkova</b> SUBSTANTIATION OF THE EFFECTIVE GEOTECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ACTIVATION HEAP LEACHING OF GOLD FROM ROCK DUMPS.....	274
<b>К.А. Воробьев, В.А. Щерба, М.Е. Пяткова</b> ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ.....	282



<b>С.В. Козлов</b> О ВРЕМЕННОМ СОКРАЩЕНИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА ПО РАЗРАБАТЫВАЕМЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ С УЧЕТОМ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦИКЛА. ПРОБЛЕМЫ И АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ.....	286
<b>В.Н. Комлев</b> ЕНИСЕЙСКИЙ ПРОЕКТ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ: НЕДОСТАТКИ ЯВНЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА НЕИЗВЕСТНЫ (СБОРНАЯ РЕЦЕНЗИЯ НА ЧЕТЫРЕ СТАТЬИ ПО ТЕМЕ).....	295
<b>В.Н. Комлев</b> ОБРАЗ ГЛУБИННОГО ЯДЕРНОГО МОГИЛЬНИКА В РОССИИ: УНИКАЛЬНОЕ НЕГАТИВНОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ КАНОНАМ.....	308
<b>В.Н. Комлев</b> ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОШИБКИ ОБОСНОВАНИЯ ЯДЕРНОГО МОГИЛЬНИКА РОССИИ.....	331
<b>И.С. Копылов, М.В. Чусов</b> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ НИЖНЕКАНСКОГО МАССИВА ДЛЯ ВЫБОРА ПЛОЩАДОК РАЗМЕЩЕНИЯ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	339
<b>И.С. Копылов, М.В. Чусов</b> МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЮРУБЧЕНО- ТОХОМСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	348
<b>И.С. Копылов, М.В. Чусов</b> ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОГО).....	364
<b>С.М. Костарев</b> О ТРАНСФОРМАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	380
<b>МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГО- ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ) .....</b>	391

<b>В.М. Бабеньшев, Н.В. Маринская</b> ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗОВСКОЙ ДЕПРЕССИИ, ВОЗНИКШЕЙ ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ ВЕРХНЕКАМСКОЙ ВПАДИНЫ В НИЖНЕПЕРМСКУЮ ЭПОХУ, В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ.....	391
<b>К.П. Калинин</b> МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. СЮЗЬ ЧИКМАН-НЯРСКОЙ ДЕПРЕССИИ (СРЕДНИЙ УРАЛ).....	400
<b>С.А. Канюков</b> ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОРОД, НЕФТЕЙ ТУРНЕЙСКОГО ЯРУСА НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	406
<b>И.С. Копылов</b> НЕФТЕГАЗОНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО СВОДА (ЖУКОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ) .....	416
<b>А.С. Курдюмова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС- ТЕХНОЛОГИЙ.....	450
<b>А.А. Падерин, И.И. Чайковский</b> РАННЕДИАГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ В РАЙОНЕ Г. УСОЛЬЕ (СОЛИКАМСКАЯ ВПАДИНА)	458
<b>А.В. Сюзев, Н.С. Санникова, К.А. Равелев</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ОХВАТА НЕФТЯНОГО ПЛАСТА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГОСЯ СИЛЬНОЙ СТЕПЕНЬЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ.....	466
<b>К.В. Федосеев</b> ИЗУЧЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ НЕВЬЯНСКОГО РАЙОНА...	474
<b>И.Н. Ярин</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБВОДНЕННОСТИ ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН БОБРИКОВСКОЙ ЗАЛЕЖИ ОЛЬХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ ПО ДАННЫМ ГИС.....	482

## CONTENTS

	Page
<b>GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION, THEORETICAL ISSUES OF STUDY OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT.....</b>	15
<b>Sh.Kh. Gainanov, I.S. Kopylov A.V. Konoplev, S.M. Kostarev, N.M. Kostareva, V.V. Seredin, V.M. Shuvalov IN MEMORY OF PROFESSOR V.I. KACHENOV (1941-2021) - STUDENT OF PROFESSOR I.A. PECHERKIN.....</b>	15
<b>I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin DEVELOPMENT OF I.A. PECHERKIN'S IDEAS IN MODERN GEOECOLOGY AND SCIENTIFIC DIRECTIONS DEPARTMENTS OF ENGINEERING GEOLOGY AND PROTECTION OF SUBSOIL AND SCIENTIFIC SCHOOL "GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY" OF THE PERM UNIVERSITY.....</b>	36
<b>A.V. Konoplev, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, I.V. Kustov LABORATORY FOR GEOLOGICAL MODELING AND FORECASTING IN A 100 - YEAR HISTORY OF THE INSTITUTE OF NATURAL SCIENCE...</b>	43
<b>I.S. Kopylov, S.A. Buzmakov GEOECOLOGY OF OIL AND GAS BEARING REGIONS – A NEW SPECIAL COURSE FOR MASTER STUDIES OF PERM UNIVERSITY.....</b>	59
<b>I.S. Kopylov ANALYSIS OF THE THEORETICAL FOUNDATIONS OF GEOECOLOGY AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY AND METHODOLOGICAL APPROACHES RELATED TO THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE NATURAL GEOLOGICAL ENVIRONMENT.....</b>	70
<b>MODERN PROBLEMS OF GEOECOLOGY.....</b>	85
<b>N.A. Aleksashkin, S.N. Gladkikh THE DESTRUCTION OF THE FAMILY AND THE THREAT OF EXTINCTION OF RUSSIA.....</b>	85
<b>S.N. Gladkikh, N.N. Semchuk ON THE POSSIBILITY OF USING THE ELECTRON-EXCHANGE POLYMER EO-7 FOR THE REGENERATION OF OXIDIZED FERRUGINOUS CHLORIDE ELECTROLYTE.....</b>	91

<b>D.D. Zhuykova</b> BATRACHOFAUNA OF ARTIFICIAL RESERVOIRS OF THE CHUSOVSKY DISTRICT.....	97
<b>A.N. Zhukov</b> GEOECOLOGY AS AN INDICATOR OF LIVING STANDARDS OF THE POPULATION OF KHMAO-YUGRA.....	105
<b>O.V. Kletskina, P.A. Krasilnikov</b> CHARACTERISTIC OF FLORISTIC AND FAUNISTIC COMPOSITION WITHIN THE LIMITS OF KIROVO-CHEPETSKIY PROMOUZL.....	115
<b>I.S. Kopylov, L.I. Kopylova</b> GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTHWESTERN PART OF THE PERM TERRITORY.....	122
<b>K.A. Pronicheva</b> HYDROCHEMICAL INDICATORS OF UNDERGROUND WATER OF THE SREDNEE-KEUMSKY DEPOSIT.....	133
<b>M.V. Rogozin</b> NATURAL PHENOMENA IN THE KRASNOVISHERSKY DISTRICT (PERM KRAI) AND THE SYNERGETICS OF SMALL GEOACTIVE ZONES	139
<b>A.V. Khamatova</b> ASSESSMENT OF THE SANITARY STATE OF FORESTS OF THE PERM URBAN FORESTRY AND MEASURES FOR ITS IMPROVEMENT.....	149
<b>V.N. Chekmenev</b> GEOECOLOGICAL AND MEDICAL AND DEMOGRAPHIC ASSESSMENT OF OSINSKY URBAN DISTRICT.....	163
<b>ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY.....</b>	175
<b>D.A. Balakhnin, S.A. Volkov, T.G. Kovalova</b> MAIN CAUSES AND CONSEQUENCES OF SLIDES IN THE TERRITORY OF THE CITY OF PERM.....	175
<b>D.R. Zolotarev, E.V. Drobinina</b> COMPREHENSIVE KARST HAZARD ASSESSMENT OF THE TERRITORY IN THE CHALK KARST AREA.....	186

<b>D.V. Kozlov</b> STUDYING THE FACTORS OF KARST FORMATION AND THE KARSTOLOGICAL CONDITIONS OF THE TERRITORY OF THE MOUROM-ARZAMAS FAST ROAD.....	195
<b>I.S. Kopylov, A.V. Konoplev</b> ENGINEERING AND GEOLOGICAL ZONING TERRITORIES OF THE UST-YAYVINSKY SITE OF THE VERKHNEKAMSKOYE POTASSIUM- MAGNESIUM SALT DEPOSIT AND THE MAIN INDUSTRIAL SITE.....	202
<b>K.A. Kurochkin</b> CHARACTERISTIC OF SOILS AT THE CONSTRUCTION SITE OF THE TAILING DUMP OF THE SVETLINSKAYA GOLD EXTRACTION FACTORY.....	216
<b>E.V. Tashkinov</b> RESEARCH OF A LANDSLID AT THE RESIDENTIAL COMPLEX «KRASNAYA GORKA» IN PERM.....	223
<b>D.A. Chegodaeva</b> DEFORMATIONS OF SALT ROCKS IN THE WESTERN SIDE OF THE SOLIKAMSK DEPRESSION.....	234
<b>F.D. Shaposhnikov, I.S. Kopylov</b> THE MAIN FACTORS FOR THE FORMATION OF THE ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE RAILWAY TERRITORY IN THE PANGODY-NOVY URENGOY SECTION.....	243
<b>D.N. Sharafan, I.S. Kopylov</b> INTENSITY OF DEVELOPMENT OF GEOCRYOLOGICAL PROCESSES DURING THE DEVELOPMENT OF GOLD DEPOSITS IN THE EXTREME NORTH (CHUKOTKA, BAIMSKY GOK, GOLD DEPOSIT PESCHANKA)...	253
<b>RATIONAL SUBSOIL USE AND ENVIRONMENT PROTECTION</b>	266
<b>K.A. Vorobyev, M.E. Pyatkova</b> ANALYSIS OF THE MINERAL RESOURCE BASE OF OJSC MMC NORILSK NICKEL.....	266
<b>K.A. Vorobyev, M.E. Pyatkova</b> SUBSTANTIATION OF THE EFFECTIVE GEOTECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ACTIVATION HEAP LEACHING OF GOLD FROM ROCK DUMPS.....	274

<b>K.A. Vorobyev, V.A. Shcherba, M.E. Pyatkova</b> ENERGY-AND RESOURCE SAVING DURING TRANSPORTATION HYDROCARBONS BY MAIN PIPELINES.....	282
<b>S.V. Kozlov</b> ON TEMPORARY CONSERVATION OF OIL AND GAS DEPOSITS IN DEVELOPED FIELDS, TAKING INTO ACCOUNT THE REHABILITATION CYCLE. PROBLEMS AND SOLUTION ALGORITHM.....	286
<b>V.N. Komlev</b> YENISEI RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL PROJECT: DISADVANTAGES EXPRESSED, ADVANTAGES UNKNOWN (COMBINED REVIEW OF FOUR ARTICLES ON THE TOPIC) .....	295
<b>V.N. Komlev</b> IMAGE OF A DEEP NUCLEAR GRAVE IN RUSSIA: UNIQUE NEGATIVE NON-CONFORMITY TO CANONS.....	308
<b>V.N. Komlev</b> PRINCIPAL ERRORS IN SUBSTANTIATION OF THE DEEP NUCLEAR DISPOSAL IN RUSSIA .....	331
<b>I.S. Kopylov, M.V. Chusov</b> GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF GRANITOIDS OF THE NIZHNEKANSK MASSIF FOR THE SELECTION OF SITES FOR PLACEMENT OF RADIOACTIVE WASTE STORAGE FACILITIES.....	339
<b>I.S. Kopylov, M.V. Chusov</b> MONITORING OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE YURUBCHENO-TOKHOMSKOE OIL AND GAS FIELD.....	348
<b>I.S. Kopylov, M.V. Chusov</b> FORMING A SYSTEM OF MONITORING AND CONTROL OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF OIL AND GAS FIELDS (BY THE EXAMPLE OF YURUBCHENO-TOKHOMSKY).....	364
<b>S.M. Kostarev</b> NEAR-SURFACE WATERS CHEMICAL COMPOSITION TRANSFORMATION OF THE SURFACE HYDROSPHERE IN THE OIL PRODUCTION REGIONS OF THE PERM REGION.....	380
<b>RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL, AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC METHODS).....</b>	<b>391</b>

<b>V.M. Babenyshev, N.V. Marinskaya</b> GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE GLAZOV DEPRESSION, WHICH AROSE AFTER THE CLOSURE OF THE VERKHNEKAMSKAYA DEPRESSION IN THE LOWER PERMIAN EPOCH, IN THE NORTH- EASTERN PART OF THE VOLGA-URAL ANTECLISE.....	391
<b>K.P. Kalinin</b> MINERALOGICAL CHARACTERISTIC OF THE MIDDLE FLOW RIVER SUZ CHIKMAN-NYARSKAYA DEPRESSION (MIDDLE URAL).....	400
<b>S.A. Kanyukov</b> ISOTOPE COMPOSITION OF CARBON OF ORGANIC MATTER OF ROCKS, OILS OF THE TURNASIAN IN THE TERRITORY OF THE PERM KRAI.....	406
<b>I.S. Kopylov</b> OIL AND GAS IN THE NORTHERN PART OF THE BASHKIR ARCH (ZHUKOVSKY AREA).....	416
<b>A.S. Kurdyumova</b> INVESTIGATION OF THE REGULARITY OF CHANGES IN THE PROPERTIES OF THE SOLIKAMSK DEPRESSION OILS USING GIS TECHNOLOGIES.....	450
<b>A.A. Paderin, I.I. Chaikovskii</b> EARLY DIAGENETIC MINERALIZATION OF CUPROUS SANDSTONES IN THE AREA OF USOLYE (SOLIKAMSK DEPRESSION).....	458
<b>A.V. Syusev, N.S. Sannikova, K.A. Ravelev</b> RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE MEASURE TO INCREASE THE ROOM REACH, CHARACTERIZED BY A STRONG DEGREE OF GEOLOGICAL INHOMOGENEITY.....	466
<b>K.V. Fedoseev</b> STUDY OF GOLD-BEARING PLACERS NEVYANSKY DISTRICT.....	474
<b>I.N. Yarin</b> DETERMINATION OF WATER CUT CONTENT OF THE WELLS OF THE BOBRIKOVSKAYA DEPOSIT OF THE OLKHOVSKY OIL FIELD ACCORDING TO GIS DATA.....	482

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ,  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ  
GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION,  
THEORETICAL ISSUES OF STUDY OF GEOLOGICAL  
ENVIRONMENT

---

УДК 624.131.1

**Ш.Х. Гайнанов, И.С. Копылов А.В. Коноплев, С.М. Костарев,  
Н.М. Костарева, В.В. Середин, В.М. Шувалов**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И.КАЧЕНОВА (1941-2021) – УЧЕНИКА  
ПРОФЕССОРА И.А.ПЕЧЕРКИНА**

*Приведены биографические сведения о профессоре кафедры инженерной геологии Пермского университета Валерии Ивановиче Каченове (1941-2021). Рассмотрены аспекты его научной и образовательной деятельности, среди которых центральное место занимало Грунтоведение.*

*Ключевые слова: инженерная геология, грунтоведение, кафедра инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный университет, В.И. Каченов.*

**Sh.Kh. Gainanov, I.S. Kopylov A.V. Konoplev, S.M. Kostarev, N.M. Kostareva,  
V.V. Seredin, V.M. Shuvalov**  
Perm State University, Perm, Russia

**IN MEMORY OF PROFESSOR V.I. KACHENOV (1941-2021) - STUDENT  
OF PROFESSOR I.A. PECHERKIN**

*Biographical information about the professor of the Department of Engineering Geology of the Perm University Valery Ivanovich Kachenov (1941-2021) is given. Aspects of his scientific and educational activities are considered, among which Soil Engineering Science occupied a central place.*

*Key words: engineering geology, soil science, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State University, V.I. Kachenov.*

**Валерий Иванович Каченов** родился 10 августа 1941 года в г. Лысьве Пермской области. Закончил в 1968 г. геологический факультет Пермского государственного университета и остался работать и преподавать в университете. Еще будучи студентом ПГУ (с 1964 по 1970 гг.) он работал в лаборатории водохозяйственных проблем ЕНИ в должности лаборанта, после окончания учебы старшим инженером.

---

© Ш.Х. Гайнанов, И.С. Копылов, А.В. Коноплев, С.М. Костарев, Н.М. Костарева, В.В. Середин, В.М. Шувалов, 2022





Валерий Иванович Каченов  
(10.08.1941 – 03.08.2021)

В 1970 г. В.И. Каченов был принят на кафедру динамической геологии и гидрогеологии на должность старшего преподавателя. В 1977 г. после организации кафедры инженерной геологии (05.08.1977) он по предложению своего учителя и заведующего новой кафедры – профессора, д.г.-м.н. **И.А. Печеркина** перешел на эту кафедру в должности старшего преподавателя.

В 1975 г. В.И. Каченов защитил кандидатскую диссертацию по теме: «Оползни камских водохранилищ», стал кандидатом геолого-минералогических наук. Получил ученую степень доцента. Был переведен на должность доцента, а с 2005 г. на должность профессора кафедры инженерной геологии, ИГиОН, где и проработал до конца жизни.

В 1987-1990 гг. В.И. Каченов работал в Высшем техническом институте кампучийско-советской дружбы (г. Пномпень), где по его инициативе была открыта специальность «Гидрогеология и инженерная геология».

Основная образовательная деятельность В.И. Каченова связана с работой на кафедре инженерной геологии и охраны недр. Он вел основной блок предметов, связанный с грунтоведением и другими разделами инженерной геологии: грунтоведение, геодинамика берегов водохранилищ, инженерная геология, инженерная геология СССР, дополнительные главы грунтоведения, техническая мелиорация горных пород, а также – научные семинары «Современные проблемы наук о Земле», «Современные проблемы геологии», «Современные проблемы инженерной геологии» и др. Читал лекции, вел практические занятия, руководил курсовыми и дипломными работами студентов в специалитете и магистратуре по инженерной геологии. Сколько подготовил дипломников на геологическом факультете Пермского университета сейчас трудно подсчитать, очевидно – более 200.

Научная деятельности В.И. Каченова полностью связана с инженерной геологией. Он был активным участником многих международных, всесоюзных, всероссийских и региональных научных конференций и совещаний. Выступал с докладами. Написал более 100 научных работ, в т.ч. монографию «Теоретические основы прогнозирования экзогенных геологических процессов на берегах водохранилищ», 1980 (в соавторстве с И.А. Печеркиным и А.И. Печеркиным); разделы в монографии «Инженерная геология СССР. Урал,

Таймыр, Казахское складчатое сооружение» / под ред. И.А. Печеркина и др. 1990; учебное пособие «Грунтоведение» Ч. 1, 2, 2012 (в соавторстве с В.И. Серединым). За последние 10 лет им опубликованы 16 статей, индексируемых РИНЦ.

О научной и образовательной деятельности В.И. Каченова написано немного, есть статья в книге «Профессора Пермского университета, 2016» [1], основном упоминания были в аспекте его работы на кафедре инженерной геологии и охраны недр [2-9]. Здесь мы хотим изложить некоторые моменты его деятельности на кафедре и в жизни по воспоминаниям коллег.

## **Некоторые воспоминания о Валерии Ивановиче Каченове**

### ***Гайнанов Ш.Х. (доцент кафедры ИГиОН, ПГНИУ)***

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.

### ***Шувалов В.М. (доцент кафедры ИГиОН, ПГНИУ)***

Каченов В.И. – кандидат геол.-мин. наук, профессор кафедры «Инженерной геологии и охраны недр» (ИГиОН) Пермского государственного университета (ПГУ) работал на геологическом факультете несколько десятилетий, а на кафедре ИГиОн со дня её образования в 1977 году профессором Печёркиным Игорем Александровичем.

Валерий Иванович преподавал студентам геологического факультета ПГНИУ один из основных курсов инженерной геологии – «Грунтоведение». Он вёл практические и теоретические разделы курса.

Кроме учебных лекционных и практических занятий В.И. Каченов выполнял хозяйственные работы, занимался общественной деятельностью на

факультете и в Университете. Он руководил курсовыми, дипломными и научными работами студентов. Валерий Иванович имел множество опубликованных научно-исследовательских работ в открытой печати и работал несколько лет за рубежом.

К работе он относился с большим вдохновением и любовью, показывая положительный пример студентам и сотрудникам кафедры и факультета.

К великому сожалению до своего 80-летия Валерий Иванович не дожил всего одну неделю. Добрая и вечная память о нём останется надолго в наших сердцах.

***Костарев С.М. (доцент кафедры ДГиГ, ПГНИУ) и Костарева Н.М.***

Первый раз весь поток гидрогеологов, сформированной из поступивших в 1971 году абитуриентов на специальность «Гидрогеология» Пермского университета, встретились с Каченовым Валерием Ивановичем (тогда еще инженером лаборатории водохозяйственных проблем ЕНИ), в сентябре на работах по уборке картошки в Больше Сосновском районе, где ему было поручено возглавлять молодых представителей университета. Таковую ораву студентов разместили в строящихся деревянных домах, на нарах из досок, а Валерию Ивановичу, пришлось разместиться в соседнем доме, под крышей, куда он каждый вечер забирался по лестнице, а ночью студенты ее прятали, чтобы продлить утренние сны. Несмотря на местные и создаваемые студентами трудности, Валерию Ивановичу удалось найти общий язык с председателем колхоза, а наш отъезд домой был отмечен хорошим ужином для всех студентов, песнями и другими радостями.

С началом учебы оказалось, что Валерий Иванович будет «классным папой» нашей группы – гидрогеологов 41-42. Под его «чутким» руководством первое время даже проводились собрания с обсуждением наших «успехов и достижений», а также возможности по производственным практикам и работе по хоздоговорам при кафедрах геологического факультета. Последнее являлось неоценимой возможностью иметь хоть какие-то средства на наши «скромные» нужды (например, поход в ресторан «Горный хрусталь»).

Надо отметить, что Валерий Иванович обладал способностью аккуратно, не умаляя студенческого достоинства, разговаривать с нами так, что нужные ему решения превращались в ходе бесед, как будто, в наши собственные идеи. Через год после окончания в 1976 году университета, именно Валерий Иванович рекомендовал нам проводить ежегодные 5-летние встречи, которые проводились регулярно, иногда даже не только группой 41–42, но и всем потоком гидрогеологов, геофизиков и геологов 1976 года выпуска, вплоть до «ковидных времен». Наш «папа» неизменно принимал участие во всех встречах, несмотря ни на какие препятствия. Встречи проходили в университете и все, начиная с первой, снимались, сначала на черно-белую пленку (без звука), затем уже на видеокамеры, на которых запечатлены почти все наши преподаватели. Именно благодаря полученным от них знаниям и умениям, многие из нас работали и работают по специальности, многие стали

руководителями предприятий (в том числе иностранных), кандидатами и докторами наук, известными бизнесменами и просто хорошими людьми.

Валерий Иванович, все также очень аккуратно и деликатно, с шуточкой, мог подтолкнуть к решению какого-то вопроса, хотя и наш жизненный опыт стал богаче. Он, как истинный папа, был в курсе – кто, где и что? А мы в свою очередь приезжая в Пермь, приходя в свою Альма-Матер искали встречи с ним.

### ***Копылов И.С. (профессор кафедры ИГиОН, ПГНИУ)***

С Валерием Ивановичем познакомился в 1971 г. – он был куратором нашей группы студентов инженер-геологов – гидрогеологов на кафедре динамической геологии и гидрогеологии, куда он то только, что был принят преподавателем. Простой мужик, с ним всегда можно было поговорить. У него было хобби – коллекционирование старинных монет, о которых мог говорить часами, как и на другие темы. С ним было интересно общаться. В последствии, когда он стал работать над кандидатской диссертацией, разговоры перешли на геодинамику и грунтоведение.

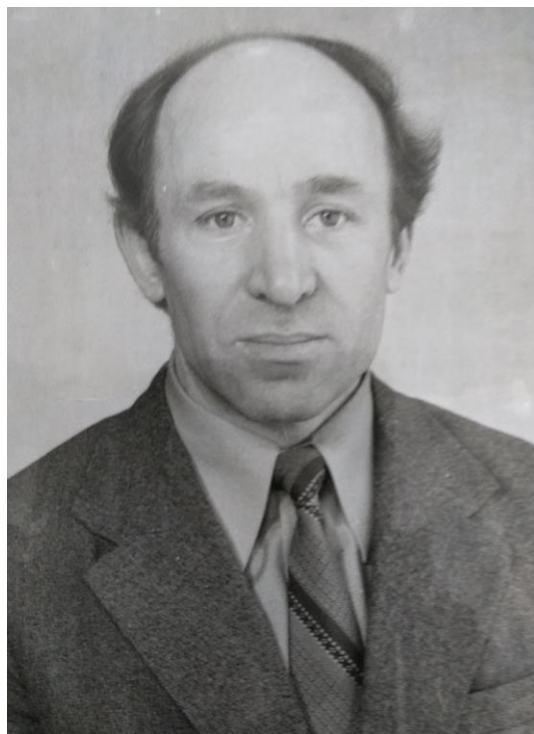
В 1974 г. Валерий Иванович руководил моей курсовой работой «Инженерно-геологические параметры и выбор расчетных показателей», а в 1975 г. – дипломной работой «Инженерно-геологические условия центрального участка трассы БАМ». Я сразу принес ему готовую работу в рукописи (тогда писали «от руки»). Поскольку я почти пол-года работал в Якутии на БАМе, самостоятельно написал диплом и считал, что там нечего править. Но Валерий Иванович, очень внимательно изучил его и «поставил меня на место» – нашел орфографические ошибки в тексте, которые я запомнил на всю жизнь. По сути, Каченов был моим вторым учителем в Инженерной геологии (первым – конечно И.А. Печеркин, но он был больше теоретик, а В.И. Каченов – практик).

Снова встретились с Каченовым через 20 лет, в конце 90-х гг., на кафедре Инженерной геологии, когда я пришел на заседание кафедры с кандидатской диссертацией, после работы в Сибири. Было много вопросов – от него и ответов – от меня. Каченов уже стал крупным специалистом и «многознаем». Последние 10 лет работал вместе с Валерием Ивановичем на кафедре и всегда отмечал его особенность в характере – оставаться верным своему предмету – Грунтоведению, но при этом проявление любознательности к другим направлениям геологии. Он действительно был строг в отношении к студентам по своим предметам, не давал поблажек. Но с большим интересом относился к любым работам студентов, где они досконально прорабатывали свой материал, находил возможности улучшить его. Считал, что человек должен сам достигать своих целей, а он только направляет их. Недаром многие годы он был членом госкомиссии по приемке дипломных работ студентов.

Валерий Иванович был историком кафедры Инженерной геологии, нередко выступал на наших конференциях, встречах выпускников, делился воспоминаниями о жизни Кафедры, ее основателе – И.А. Печеркине, о путешествиях по водохранилищам и другим местам.

Ниже приведем некоторые эпизоды из жизни В.И. Каченова, по фотографиям, некоторые из них хранятся в альбомах на кафедре ИГиОН, другие представлены из личных фотоархивов коллегам Валерия Ивановича.

*Молодые годы в Пермском университете*



1976 г.



1981 г.



1981 г.



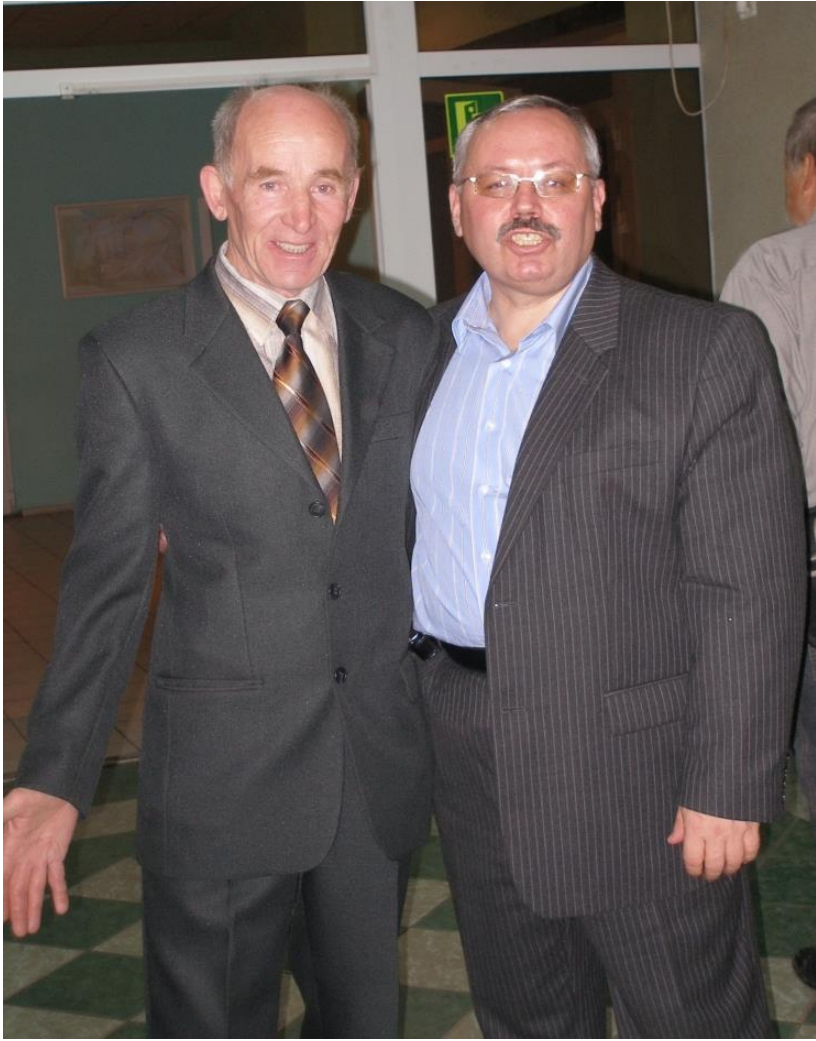


*На встречах с выпускниками*











*На защитах дипломов студентов*



2013 г.



2013 г.



2018 г.



2019 г.

*На конференциях и Печеркинских чтениях*



2011 г.



2012 г.



2017 г.



2017 г.

*На кафедре инженерной геологии и охраны недр*









2012 г.



2013 г.



2013 г.



2018 г.



Декабрь 2020 г.

Валерий Иванович Каченов был прекрасным преподавателем, искренне преданным своему делу. Коллеги очень любили его и ценили как друга и как большого специалиста.

### ***Библиографический список***

1. Каченов Валерий Иванович // В книге: Профессора Пермского университета. 1916-2016. Гл. ред. В.И. Костицын. Перм. гос. нац. исслед. ун-т, Пермь, 2016. С. 174-175.

2. Каченов В.И. Кафедре инженерной геологии ПГУ – 20 лет // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охрана окружающей среды. Пермь, 1997.

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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Кутепов В.М., Печеркина Л.А., Каченов В.И., Димухаметов М.Ш. Игорь Александрович Печеркин – основатель Пермской инженерно-геологической школы // В сборнике: Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ. Пермь, 2008. С.215-222.

8. 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.

9. 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.

**РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.А.ПЕЧЕРКИНА В СОВРЕМЕННОЙ  
ГЕОЭКОЛОГИИ И НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ  
КАФЕДРЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР И  
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «ГИГГБ» ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Представлена деятельность доктора геолого-минералогических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, основателя кафедры инженерной геологии Пермского университета Игоря Александровича Печеркина в аспекте природоохранной и геоэкологической деятельности. Рассматривается развитие научной школы «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность» и кафедры инженерной геологии и охраны недр в связи с природоохранными аспектами деятельности профессора И.А. Печеркина. Отмечено, что основные геоэкологические направления, которые входили в сферу интересов профессора И.А. Печеркина продолжают развиваться, при этом приобретают современные научные формы.*

*Ключевые слова: геоэкология, инженерная геология, геодинамика, наука, научная школа Университета, кафедра инженерной геологии и охраны недр, профессор И.А. Печеркин.*

**I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin**

Perm State University, Perm, Russia

**DEVELOPMENT OF I.A. PECHERKIN'S IDEAS IN MODERN  
GEOECOLOGY AND SCIENTIFIC DIRECTIONS  
DEPARTMENTS OF ENGINEERING GEOLOGY AND PROTECTION  
OF SUBSOIL AND SCIENTIFIC SCHOOL "GEOECOLOGY,  
ENGINEERING GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY" OF THE  
PERM UNIVERSITY**

*The activity of Igor Aleksandrovich Pecherkin, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the RSFSR, founder of the Department of Engineering Geology at Perm University, is presented in the aspect of environmental and geoecological activities. The development of the scientific school "Geoecology, Engineering Geodynamics and Geological Safety" and the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection in connection with the environmental aspects of the activities of Professor I.A. Pecherkin. It is noted that the main geoecological areas that were in the sphere of interest of Professor I.A. Pecherkin continue to develop, while acquiring modern scientific forms.*

*Key words: geoecology, engineering geology, geodynamics, science, scientific school of the University, department of engineering geology and subsoil protection, professor I.A. Pecherkin.*

**Введение**

Многогранной деятельности доктора геолого-минералогических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, основателя

кафедры инженерной геологии Пермского университета *Игоря Александровича Печеркина* (19.04.1928 – 12.12.1991), посвящено немало литературы [1, 4-7, 15-20, 22] и др., при этом подавляющая часть ее посвящена главным научным направлениям, которыми занимался И.А. Печеркин – геодинамике берегов водохранилищ и инженерной геодинамике карста. Однако И.А. Печеркин уделял также значительное внимание вопросам охраны окружающей среды, которая кратко освещена в настоящей статье.

### **Основные геоэкологические и природоохранные направления деятельности профессора И.А. Печеркина**

Профессор И.А. Печеркин активно занимался природоохранной деятельностью и входил в состав многих научных, научно-методических и региональных советов в нашей как стране, так и за рубежом в т.ч. по вопросам охраны природы, в числе которых он был: членом Головного Совета по комплексной программе «Человек и окружающая среда. Проблемы охраны природы» (1975); членом комиссии по охране природы УНЦ АН СССР (1984).

В практической природоохранной деятельности И.А. Печеркин разработал целый комплекс природоохранных мероприятий по следующим направлениям:

- по предотвращению загрязнения рек Камы и Белой, которые легли в основу Генеральных схем водоснабжения Соликамско-Березниковского и Стерлитамакского промузлов;

- по возможности хранения отходов калийного производства в естественных нефилтрующих впадинах и обратной закладки в отработанные пространства шахт;

- по возможности использования отходов содового производства для заводнения нефтяных месторождений с целью увеличения добычи нефти;

- по разработке на многих предприятиях регламентов сброса промстоков в водоемы с учетом их гидрологического режима и самоочищающей способности (Березниковский содовый завод, азотнотуковый комбинат, Уралкалий и др.);

- по вопросам методики полевых санитарно-химических исследований водохранилищ;

- по оценке влияния сброса промышленных стоков на изменение химического состава подземных вод;

- по оценке влияния промстоков Березниковского промузла на загрязнение поверхностных и подземных вод;

- по охране подземных вод в закарстованных районах;

- по вопросам изучения геологической среды и рациональному использованию минеральных ресурсов Пермской области.

В научной деятельности и в творческом наследии И.А. Печеркина известно 335 научных работ, где многие публикации имеют комплексный характер, условно выделено 9 научных направлений из них около 10 %

публикаций были посвящены *охране окружающей среды и геоэкологическим проблемам* [1, 6].

В 35 публикациях И.А. Печеркина рассмотрены две группы проблем: санитарное состояние водохранилищ, их изменения под техногенным воздействием, охрана (40%) и влияние деятельности человека на окружающую среду (60%). В ряде работ рассматриваются частные, но очень важные аспекты геоэкологических проблем: загрязнение грунтовых вод, влияние промстоков, принципы выделения охранных зон и пр. [6].

Обращает на себя внимание развитие представлений и трансформация используемой терминологии. Если в 1959-1970 гг. автор говорит о влиянии водохранилищ на природу и хозяйство, а в 1975-1980 гг. – *на окружающую среду*, то в 1981-1990 гг. он уже рассматривает их воздействие на инженерно-геологические условия территорий [6], а в конце этого периода – на *геологическую среду*, и связывает это с *рациональным недропользованием*. В 1989 г. им написана концептуальная статья «Водоохранилища и окружающая геологическая среда [19]. В 1990 г. вышла в свет монография «Инженерная геология СССР. Урал. Таймыр и Казахская складчатая страна» (под ред И.А. Печеркина, С.Г. Дубейковского, В.П. Бочкарева) [2], где И.А. Печеркиным составлен «Прогноз региональных изменений геологической среды, проблемы ее рационального использования и охраны в связи с дальнейшим народнохозяйственным освоением региона».

Таким образом, проф. д.г.-м.н. И.А. Печеркин заложил научные основы направлениям геоэкологии и рациональному недропользованию, которые в дальнейшем стали развиваться на кафедре инженерной геологии.

### **Развитие геоэкологических и природоохранных идей И.А. Печеркина на кафедре ИГиОН Пермского университета и НШ «ГИГГБ»**

В 90-е годы 20 в. геоэкологические и природоохранные направления, как и во всей стране, стали активно развиваться на кафедре инженерной геологии Пермского университета, особенно с приходом на кафедру д.г.-м.н., профессора заслуженного эколога России **Быкова Владимира Никифоровича** (16.09.1933-12.06.2015), крупного специалиста в области нефтегазовой геологии, карстоведения, недропользования, геоэкологии городов. В.Н. Быков руководил кафедрой в 1995-2000 гг. Кафедра стала активно развивать геоэкологическое направление, выполнять различные договорные работы экологической направленности. С 1996 г. она стала называться **Кафедрой инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН)**. Профессор В.Н. Быков опубликовал ряд монографических работ: «Основы недропользования» (2000), «Правовые основы недропользования» (2000), «Эколого-геологическая обстановка города» (совместно с М.Ш. и Д.М. Димухаметовыми, 2001) и др.

В 2001-2005 гг. Кафедрой заведовали: д.г.-м.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины В.Н. Дублянский (19.05.1930-22.09.2012) и к.г.-м.н., доцент, почетный работник высшего профессионального образования РФ В.М. Шувалов. На Кафедре активно развивались направления, связанные с

изучением геодинамических процессов карста, изучались проблемы геоэкологического картографирования и оценки геологической среды; активно развивалось направление, связанное с применением геофизических и других методов в инженерной и экологической геологии. По геоэкологии была защищена кандидатская диссертация И.С. Копылова [8].

С апреля 2005 г. Кафедру возглавил (и настоящее время продолжает руководить) д.г.-м.н., профессор **Валерий Викторович Середин**, который закончил в 1977 г. Ленинградский Государственный университет им. А.А. Жданова по специальности «Гидрогеология и инженерная геология» с квалификацией «Инженер геолог-грунтовед». В 2000 г. ему присуждена ученая степень доктора геолого-минералогических наук за защиту диссертации: «Геоэкологические условия санаций нефтезагрязненных территорий» (Пермь, 1999) [23].

Сотрудниками кафедры ИГиОН за этот период опубликованы монографии по геоэкологии: «Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография» (И.С. Копылов, 2012) [14]; «Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография» (И.С. Копылов, 2013) [10]; Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования (Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, 2015) [3]. В 2014 г. И.С. Копыловым была подготовлена на Кафедре и защищена в Уральском государственном горном университете г. Екатеринбурга диссертация доктора геолого-минералогических наук по специальности «Геоэкология» (науки о Земле) по теме «Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов» [13].

В ноябре 2015 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете и Естественнонаучном институте на базе научно-исследовательской лаборатории геологического моделирования и прогноза (НИЛ ГМП) и кафедры ИГиОН при содействии других кафедр геологического факультета ПГНИУ была создана (зарегистрирована) научная школа «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность» (НШ «ГИГГБ»). Школа имеет мощный исторический фундамент – использует мировые знания естественных наук, опирается на западноуральскую (пермскую) школу геологии, и особенно на исторически сложившуюся и признанную в России школу инженерной геодинамики и инженерного карстоведения (И.А. Печеркин), научные направления: нефтегазовой геоэкологии и недропользования (В.Н. Быков), гидрогеология и карстоведение (В.Н. Дублянский), гидрогеология и неотектоника (Л.А. Шимановский). Школа поддерживает традиции, заложенные ее основоположником – **Печеркиным Игорем Александровичем**, который по праву считается ее основателем. Руководителем был избран И.С. Копылов. В настоящее время в составе коллектива 20 исследователей: 4 доктора наук, 6 кандидатов наук, 10 специалистов [15-19].



Целью деятельности НШ «ГИГГБ» является *создание нового научного знания*, актуального для теории и практики путем проведения фундаментальных и прикладных научных исследований; развитие научного потенциала ПГНИУ, обеспечение преемственности поколений в научном сообществе Университета по организации научно-исследовательской работы; развитие интеграции науки и образования, высококачественная подготовка молодых специалистов и специалистов высшей квалификации в областях естественных наук на основе интеграции научных исследований и образовательного процесса.

В настоящее время на кафедре ИГиОН и в НШ «ГИГГБ» развиваются 4 основных разделов экологической направленности; четкой границы между ними нет, но все они связаны с изучением литосферы и геологической среды и имеют свою специфику и особенности:

- **экологическая геология** – раздел геологии, научная дисциплина, изучающая экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты и, прежде всего – человека;

- **инженерная экология** – раздел инженерной геологии, рассматривает в первую очередь экологические вопросы при инженерно-геологических (экологических) изысканиях; изучение и управление геологическими, особенно – карстовыми процессами и борьбе с их последствиями, геосистемный анализ территорий при инженерных изысканиях;

**охрана окружающей среды и рациональное недропользование** – вопросы влияния деятельности человека на окружающую среду; вопросы охраны окружающей среды, рационального недропользования при разработке месторождений полезных ископаемых (калийных солей Верхнекамского месторождения, каменных углей Кизеловского угольного бассейна, месторождений нефти и газа, алмазов, золота, полиметаллов и др.); санитарное состояние водохранилищ, береговую защиту камских водохранилищ; рациональное использование подтопленных земель, их изменения под техногенным воздействием; оценка загрязнения подземных вод, санитарное состояния грунтовых вод, влияния промстоков, принципы выделения водоохраных зон; геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов; обеспечение экологической безопасности, средства контроля; оценка экологической емкости территорий (в т.ч. – на Байкальской природной территории);

**геоэкология** – междисциплинарная наука (экологическая геология и экологическая география). Ее важными вопросами являются: геодинамика и ее влияние на состав, состояние и эволюция окружающей среды и биосферы; моделирование геоэкологических процессов, современные методы геоэкологического картирования; геоэкологический мониторинг; прогноз изменения состояния природно-геологической среды; интегральная геоэкологическая оценка территорий; геологическая и экологическая

безопасность городов, объектов недропользования и инфраструктуры; аэрокосмические методы в геоэкологии, информационные системы в геоэкологии и цифровая геоэкология.

В последние годы резко повысилась публикационная активность сотрудников кафедры ИГиОН и НШ «ГИГГБ» по геоэкологической тематике, было опубликовано более 200 статей в различных журналах и материалах конференций. В 2018-2021 гг. были опубликованы 3 монографии д.г.-м.н. И.С. Копылова [9, 11, 12] в т.ч. фундаментальная монография: «Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края». Научной школой «ГИГГБ» было организовано 10 научных конференций, включая 6 конференций международного уровня «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность. Печеркинские чтения».

### **Библиографический список**

1. Игорь Александрович Печеркин, (1928-1991): биобиблиография / сост.: Л.В. Печеркина, Т.А. Иванова, В.Д. Инзельберг. Пермь: ред.-изд. отд. Пермского ун-та, 2008. 86 с.
2. Инженерная геология СССР. Урал. Таймыр и Казахская складчатая страна / под ред И. А. Печеркина, С. Г. Дубейковского, В. П. Бочкарева. М.: Недра, 1990. 408 с.
3. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 152 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Копылов И.С. Геоэкологические исследования нефтегазоносных регионов / диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Пермь, 2002. 307 с.
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. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.
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. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2019. 131 с.

13. Копылов И.С. *Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук / Ур. гос. гор. ун-т. Пермь, 2014. 48 с.*
14. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, 2012. 152 с.*
15. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. *Научная школа Пермского университета и Естественнонаучного института "Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность" // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Пермь, 2016. С. 90-98.*
16. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. *О научном направлении – НШ «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность/ Пермь, 2016. С. 19-27.*
17. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. *О развитии научного направления - "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НШ "ГИГГБ") // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 30-34.*
18. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. *Развитие идей И.А.Печеркина в научной школе «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 23-30.*
19. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. *Развитие идей И.А. Печеркина в научных геологических направлениях НШ «ГИГГБ» // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 38-43.*
20. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. *Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.*
21. Печеркин И.А. *Водохранилища и окружающая геологическая среда // Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии районов интенсивной инженерной нагрузки и охрана геологической среды: тез. докл. I Всесоюз. съезда инженеров-геологов, гидрогеологов и геоэкологов. (Киев, 10-14 окт. 1988 г.). Киев, 1989.*
22. Печеркина Л.В. *К 90-летию со дня рождения профессора И.А. Печеркина // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2019. С. 17-23.*
23. Середин В.В. *Геоэкологические условия санации нефтезагрязненных территорий / диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермь, 1999. 383 с.*

**А.В. Коноплев, И.С. Копылов, П.А. Красильников, И.В. Кустов**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, Пермь, Россия, geomodeling.psu@mail.ru

## **ЛАБОРАТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА В 100 – ЛЕТНЕЙ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА**

*В статье представлены основные результаты научной и научно-образовательной деятельности сотрудников лаборатории геологического моделирования и прогноза ЕНИ ПГНИУ за 15 лет её существования (2006-2021 гг.). Отмечена актуальность фундаментальных и прикладных исследований лаборатории в области гидрогеологического моделирования, геоэкологического картографирования, многоцелевых аэрокосмогеологических исследований, геологической безопасности городов и объектов недропользования.*

*Ключевые слова: лаборатория геологического моделирования и прогноза, геоэкология, геодинамика, гидрогеология, геоинформационные технологии, аэрокосмогеологические методы.*

**A.V. Konoplev, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, I.V. Kustov**  
Natural Sciences Institute, Perm State University, Perm, Russia

## **LABORATORY FOR GEOLOGICAL MODELING AND FORECASTING IN A 100 - YEAR HISTORY OF THE INSTITUTE OF NATURAL SCIENCE**

*The article presents information about scientific and scientific-educational activities of the staff of the Laboratory of the geological modeling and forecasting, Natural Sciences Institute, Perm State University (2006-2021). The importance of fundamental and applied researches of Laboratory on the topics of hydro-geological modeling, geological and ecological mapping, multipurpose aerospace research geological safety of the cities and subsurface use objects is marked.*

*Key words: laboratory of geological modeling and forecasting, geoecology, geodynamics, hydrogeology, GIS technology, remote sensing methods.*

### **Введение**

Научно-исследовательская лаборатория геологического моделирования и прогноза (НИЛ ГМП) создана 1 мая 2006 года. Заведующим лабораторией со дня ее основания является к.т.н., доцент Коноплев Александр Владимирович. В лаборатории со дня основания работают в.н.с., к.г.н. П.А. Красильников, с.н.с. И.В. Кустов, в период с 2010 по 2017 гг. – д.г.-м.н. И.С. Копылов. При сохранении основного состава лаборатории в ее работе в ранние годы (до 2010 г.) принимали участие известные ученые, доктора наук, профессора: В.Ф. Мягков, В.Н. Дублянский, Г.Н. Дублянская, В.П. Колесников,

В.В. Середин, кандидаты наук: В.В. Хронусов, А.М. Пригара, А.В. Татаркин, Н.Е. Молоштанова, М.А. Бакланов, Е.А. Ворончихина, О.Н. Ковин и др. Большой вклад внесли прекрасные программисты М.Г. Барский и С.Ю. Девятков.

Сотрудники НИЛ ГМП работали по многим направлениям геоэкологии, инженерной геологии, гидрогеологии, региональной и поисковой геологии. Основные научные направления и методы исследований включают в себя гидрогеологическое и геоинформационное моделирование, 3D визуализация и обработка геологических данных средствами геостатистики и геоинформационных систем, аэрокосмогеологические исследования, изучение геодинамических активных зон и др. При проведении этих и других исследований решались задачи по различным видам геологического картографирования, поискам полезных ископаемых, геоэкологической и инженерно-геологической оценке и прогнозу территорий, геологической безопасности городов и объектов недропользования.

Лаборатория тесно сотрудничала с ведущими предприятиями и институтами горно-геологического профиля России: институты УрО РАН, ОАО «Уралкалий», ЗАО «Верхнекамская калийная компания», ОАО «Пермгеолнеруд», ООО ПермНИПИнефть, ОАО «Геокарта-Пермь», ОАО «Галургия» ГП «ЗУМК» и др.

За 15 лет существования коллективом лаборатории в сотрудничестве со специалистами различных кафедр университета выполнен большой объем фундаментальных и прикладных работ. В начальный период деятельности НИЛ ГМП осуществлялись прикладные работы, накапливался фактический и экспериментальный материал, публикационная активность была невысокая – было опубликовано только 3 статьи в журналах ВАК. Наиболее продуктивно в научном плане лаборатория работала в период с 2011-2016 гг. – в этот период были сделаны десятки докладов на международных, всероссийских и региональных конференциях, опубликовано, более 150 статей в научных журналах в т.ч. – 63 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Всего за 15 лет сотрудниками НИЛ ГМП опубликовано более 200 статей в научных журналах основные – [1-153], включая 10 монографий [1, 33, 34, 46, 52, 69, 106, 124, 138, 140], защищены одна кандидатская (Красильников П.А., 2011 г.) [113] и две докторские диссертации (Копылов И.С. 2014 г., Красильников П.А. 2021 г.) [53, 114].

### **Основные фундаментальные работы**

- *«Разработка концепции и технико-экономических соображений комплексного освоения природно-ресурсного потенциала промышленно-экономических районов Пермского края» (2006-2008 гг.)*». Работы выполнялись в рамках областной целевой программы «Развитие и использование минерально-сырьевой базы Пермской обл. на 2003-2005 и на перспективу до 2010 г.», заказчик – Министерство промышленности и

природных ресурсов Пермского края. Ответственный исполнитель П.А. Красильников.

Проведенные исследования позволили оценить природно-ресурсный потенциал нераспределенного фонда природных ресурсов края на основе информационно-аналитических систем и дать рекомендации по его комплексному освоению. Приведена характеристика природно-ресурсного потенциала в разрезе муниципальных образований. Дана оценка выделенным природно-ресурсным узлам и проведено их ранжирование. Результаты работ опубликованы [19, 20, 100, 115, 128].

По результатам работ П.А. Красильниковым защищена диссертация «Информационно-картографическая модель комплексной оценки природных ресурсов Пермского края» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.33 – Картография. Научный руководитель А.В. Коноплев.

• **«Концепция геологической безопасности города Перми»** (2010 г.). Работы выполнялись по контракту с департаментом планирования и развития территории администрации г. Перми. В ходе выполнения работы разработана Концепция геологической безопасности города Перми, в которой показаны геологические проблемы города и пути их преодоления, обозначены приоритеты в реализации Концепции. Разработана Программа геологического изучения и картографирования территории города на 2011-2020 годы и дальнейшую перспективу с системой программных мероприятий - теоретических, методических, геоинформационных, картографических и организационных основ системы геологической безопасности г. Перми. Составлен комплект базовых карт на территорию г. Перми масштаба 1:100 000: карта фактического материала, геологическая карта с основными тектоническими элементами, карта четвертичных отложений, орографическая карта с элементами геоморфологии, карта экзогенных геологических процессов, карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон. Результаты работ опубликованы [16-18, 91-92, 94, 97, 98, 103, 130].

• **«Разработка теории, методов и технологий выявления и картирования геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы»** (2012-2014 гг.) – по заданию Минобрнауки России. Руководитель темы – И.С. Копылов.

В процессе работы были выполнены сбор, анализ материалов о геодинамических активных зонах (ГАЗ), инженерно-геологических и геоэкологических процессах; проведено картографическое моделирование ГАЗ в разных инженерно-геологических регионах и условиях, выполнена предварительная оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы; составлены карты ГАЗ природных и урбанизированных территорий на основе комплексного инженерно-геологического и геоэкологического анализа с использованием материалов космических съемок и современных компьютерных технологий. Результаты работ опубликованы [29, 35, 39-45, 54, 56, 73-76, 104, 122, 139, 154].

Данная работа была пролонгирована в следующую фундаментальную НИР:

- **«Закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования»** (2014-2016 гг.) - по заданию Минобрнауки России. Руководитель темы – В.А. Наумов, отв. исполнитель И.С. Копылов. Особенностью этой НИР было то, что она выполнялась многими лабораториями ЕНИ по разным направлениям естественных наук.

В ходе работ, выполняемых НИЛ ГМП, были разработаны теоретические положения нового научно-прикладного геологического направления «Учение о геодинамических активных зонах Земли»; изучена минерагеническая, геоэкологическая, инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон; разработаны методические основы обеспечения геологической безопасности территорий и городов [39, 47-49, 51, 52, 72, 93, 121, 127, 131, 132].

По материалам этих работ в 2014 г. ведущим научным сотрудником лаборатории И.С. Копыловым была защищена докторская диссертация в Уральском государственном горном университете: «Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов» [53].

### **Основные прикладные работы НИЛ ГМП**

- **«Диагностика состояния земляных плотин методами неразрушающего контроля (МНК)»**, (2008-2010 гг.).

Разработана методика диагностики земляных плотин методами неразрушающего контроля и апробирована на гидротехнических сооружениях с известными особенностями строения. Проведены полевые исследования на десяти объектах (противопаводковые дамбы в г. Кунгуре, плотины в городах Очер, Павловский, Чермоз) с выдачей рекомендаций по их эксплуатации. Задачей геофизических изысканий на участках плотин являлась оценка состояния грунтов основания и уточнение геологического строения методами неразрушающего контроля, в том числе - выявление возможных зон ослабления физико-механических свойств грунтов, возможных участков повышенной влажности грунтов и подземных водотоков как условий, оказывающих влияние на целостность сооружения.

В результате для гидротехнических сооружений определены физико-механические и структурные характеристики слагающих их грунтов с привязкой по глубине и площади и дана характеристика состояния слагающих грунтов на наличие негативных процессов в теле плотины (суффозии, фильтрации). Результаты работ опубликованы [12, 128, 129].

- **Анализ фонового состояния** (2009 г.) и **мониторинг окружающей природной среды Талицкого участка Верхнекамского месторождения солей** (2010-2019 гг.).

Работы проведены на территории Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). Описаны факторы техногенного воздействия на окружающую среду. Изучено современное состояние основных компонентов окружающей природной среды (воздух, поверхностные и подземные воды, геологическая среда, почвы, растительный и животный мир). Результаты анализа и оценки фонового состояния окружающей природной среды Талицкого участка ВКМКС могут использоваться при принятии решений о выборе мест размещения намечаемой хозяйственной деятельности, а также при разработке систем природоохранного управления на предприятиях и последующей оценки их эффективности.

В ходе выполнения работ по ведению мониторинга изучалось состояние основных компонентов окружающей природной среды (воздух, поверхностные и подземные воды, геологическая среда, почвы, растительный и животный мир) в весенний, летний, осенний и зимний периоды. Результаты мониторинга состояния окружающей природной среды Талицкого участка ВКМКС используются при разработке систем природоохранного управления на предприятии и последующей оценки их эффективности и создания базовой информационной системы для ведения экологического мониторинга. Результаты работ опубликованы [4, 15, 10, 95, 119].

• ***«Геологическая интерпретация и комплексный анализ геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов с целью обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Талицкого участка ВКМКС»*** (2011 г.).

Работы выполнялись по договору с ОАО «Галургия». Проведено уточнение геологического и тектонического строения территории Талицкого участка ВКМКС и геологическая интерпретация и комплексный анализ геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения.

Крупномасштабным дешифрированием цифровых космических снимков выделено более 700 прямолинейных линеаментов восьми систем простираения пяти таксономических рангов, отождествляемых с линейными зонами тектонической трещиноватости. Проведено неотектоническое районирование на структурно-блоковой основе, выделены в пределах площади 4 локальных блока II порядка, 17 – блоков III порядка, 55 – блоков IV порядка. Выделены одиннадцать геодинамических активных зон. Выделены аномальные участки по комплексу геодинамических критериев. Составлены карты в масштабе 1:50 000: результатов аэрокосмогеологических исследований, неотектонических блоковых структур, геодинамических активных зон, комплексной интерпретация и анализа геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Талицкого участка ВКМКС. Результаты работ опубликованы [27, 28, 59, 95, 102, 119].

• ***«Подготовка исходных геологических данных для разработки ТЭО строительства горно-обогатительного комбината на базе Жилинского месторождения калийных солей»*** (2012 г.).



Работы выполнялись по договору с ООО «ЗУМК-Инжиниринг» с целью разработать геологические исходные данные, необходимые для разработки ТЭО строительства горного комплекса (рудника) на базе Жилиянского месторождения калийных солей (Казахстан). Дана общая геологическая характеристика месторождения (стратиграфия и литология, тектоника, гидрогеология и карст). На основе аэрокосмогеологических исследований выполнена оценка геодинамической и неотектонической активности. Сделан анализ горно-геологических условий, определяющих способы и технологию вскрытия балансовых запасов, добычи калийных руд, а также безопасность эксплуатации рудника, в том числе: условия залегания промышленных калийных пластов; минеральный и химический составы сильвинитовой и полигалитовой руд; технологические свойства полезных ископаемых; физико-механические свойства сильвинитовых и полигалитовых руд и вмещающих их пород, а также пород надсолевой толщи; горно-технические условия отработки месторождения; гидрогеологические условия; другие особенности геологического строения (аномалии), обуславливающие потенциальную опасность для ведения подземных горных работ. Результаты работ опубликованы [13, 99].

• ***«Изучение геологического строения центральной части шахтного поля рудника ДЗКУ (Узбекистан) и выявление закономерностей изменчивости содержания полезных и вредных компонентов по шахтному полю (на основе экспериментального опробования промышленных пластов), в т.ч. продуктивного пласта III»*** (2013 г.).

Проведены исследования калийных солей из продуктивных пластов нIIa и нIIб с целью определения изменчивости их минерального состава и технологических свойств в разрезе и по простиранию на изучаемой площади Тюбегатанского месторождения. Впервые на месторождении проведена разбивка продуктивных пластов на слои под руководством участковых геологов.

С целью изучения технологических свойств калийных солей, послынные бороздовые пробы продуктивных пластов подвергались дроблению до трёх миллиметров, рассеивались на ситах на пять фракций. В каждой фракции определялось содержание основных компонентов (зёрен свободного сильвина, сростков, содержание сильвина, связанного со сростками, галита и галопелитов) и вычислялась степень раскрытия полезного компонента сильвинитовой руды. Затем для каждой пробы определялись средневзвешенные содержания полезного компонента и степень его раскрытия.

Результаты исследования показали, что продуктивные пласты: нIIa и нIIб центральной части шахтного поля рудника ДЗКУ (Узбекистан) являются оптимальными для отработки пластов и их обогащения флотационным способом при дроблении до 1,5-2,0 мм.

• ***«Анализ имеющегося геологического материала и данных дистанционного зондирования с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле рудника ДЗКУ (Узбекистан)»*** (2013 г.).

Целью работы являлось уточнение геологического и тектонического строения территории шахтного поля рудника ДЗКУ, геологическая интерпретация и комплексный анализ геологических и аэрокосмогеологических материалов с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле. Был проведен большой объем полевых работ.

Выполнена общая геологическая характеристика месторождения (стратиграфия и литология, тектоника, гидрогеология, карст). Проведены аэрокосмогеологические исследования по 8 уровням изучения – от обзорного в пределах Южного Узбекистана, до крупномасштабного на площади Тюбегатанского месторождения и детального – на участке шахтных полей с анализом новейшей тектоники и современной геодинамики.

По результатам дешифрирования региональных космоснимков масштабов 1:1 000 000 – 1:100 000 выявлены крупные линейные зоны предполагаемых тектонических нарушений фундамента и осадочного чехла.

С учетом имеющегося геологического материала на территории шахтного поля рудника ДЗКУ выполнен комплексный анализ геологических и аэрокосмогеологических материалов с построением карты комплексного анализа и сделаны методические рекомендации по проведению геолого-геофизических исследований в целях безопасного ведения горных работ и промышленного освоения.

Составлены карты масштабов 1:10 000-1:50 000: результатов аэрокосмогеологических исследований; неотектонических блоковых структур; геодинамических активных зон; комплексной интерпретация и анализа геологических и аэрокосмогеологических материалов с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле рудника ДЗКУ. Результаты работ опубликованы [58, 150, 154].

Работы по Тюбегатанскому месторождению вызвали большой интерес с узбекской стороны, и основные исполнители работ И.С. Копылов, А.В. Коноплев и Н.Е. Молоштанова были приглашены на технический совет в Узхимпроме и министерстве геологии Узбекистана (26-31 мая 2013 г.). После совета состоялась поездка в Дехканабад на совещание в присутствии Министра геологии Узбекистана и проведение работ по изучению гидрогеологической обстановки.

Впоследствии этих работ сотрудники лаборатории неоднократно приглашались в качестве экспертов на различные совещания, проводимых ЗУМКом, связанных с разработкой калийных месторождений и их геологической безопасностью. В конце 2015 г. под руководством зав. отдела геологии ЕНИ к.г.-м.н. В.В. Голдырева и д.г.-м.н. И.С. Копылова была проведена экспертиза на геологическую, гидрогеологическую и горно-геологическую характеристику проектной документации горно-обогатительного комбината на базе Гарлыкского месторождения калийных солей в Лебапском велаяте Туркменистана. По результатам работы экспертов в проектную документацию были внесены коррективы.

Кроме этих работ проводились многие другие прикладные исследования в разных регионах РФ:

- «Инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания...».

- Региональные геоэкологические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические исследования и картографирование» в.ч. – «Составление Атласа Пермского края «Геологическое строение и ресурсы недр» (2012 г.) [30-33, 36-38, 44, 50, 55, 57, 60, 61, 64, 68, 70, 71, 77-80, 83-87, 101, 105, 107-111].

- Проведение аэрокосмогеологических нефтегазопроисследовательских исследований на площадях комплексного геолого-геофизического изучения: Григорьевской площади (2011 г.); Пономаревской площади (2011 г.); Керчевской площади (2013 г.); Вишерской площади (2013 г.); Юго-Камской площади (2013 г.) и других площадях [2, 10, 11, 22, 46, 62, 66, 88-89].

- Проведение аэрокосмогеологических исследований на поиски золота на объектах: «Проведение исследований по совершенствованию технологии обогащения благородных металлов на действующем производстве участка Куклянда, Енисейский край» (2012 г.); «Поисковые работы на выявление месторождений рудного золота в углеродистых терригенно-карбонатных породах Промысловской площади Горнозаводского района Пермского края» (2012-2014 гг.), а также – других твердых полезных ископаемых [63, 96, 112, 125, 126].

- Проведение аэрокосмогеологических исследований, дистанционного зондирования и геодинамического районирования: на Качканарском ГОК (2013 г.); для оценки карстовой опасности Пермского края и Нижегородской области (2009-2015 гг.); для оценки геодинамической опасности на магистральных нефтегазопроводах Приуралья и Западной Сибири (2009-2015 гг.), на территории Горного Алтая для выбора оптимального варианта трассы газопроводной системы «Алтай» (2014-2015 гг.) и др. объектах [23-26, 65, 67, ].

- Проведение исследований объекта накопленного вреда окружающей среде «Короотвал города Краснокамск» (2019 г.).

Целью выполнения работ являлось проведение исследований с целью установления негативного воздействия объекта «Короотвал города Краснокамск» на окружающую среду на земельном участке, расположенном в г. Краснокамске, в устье р.Малая Ласьва, где на площади 22,3 га размещено около 3,9 млн тонн кородревесных отходов. Проведенные экологические исследования на объекте выявили его негативное воздействие на окружающую среду. В результате были сформированы материалы для направления Министерством природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края заявления о включении объекта «Короотвал города Краснокамск» в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде. На основе полученных результатов исследований предложены 4 варианта предложений по технологии переработки (утилизации) отходов, размещенных на короотвале, и даны предложения по рекультивации объекта.

- Разработка программы гидрогеологического и гидрологического мониторинга объектов Талицкого ГОКа на базе численной геофильтрационной

и геомиграционной моделей с учетом возможного воздействия потенциальных объектов засолений (2020 г.).

Прикладные исследования также дали материалы для публикаций [3, 4, 5, 21, 90, 116-120, 123, 133-137, 141-153]

Результатом многочисленных НИР по изучению месторождений полезных ископаемых и разработке программных инструментов по сбору и обработке горно-геологической информации стала диссертация П.А. Красильникова «Методология создания информационно-аналитических систем для решения инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых» (2021 г.) по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук [114]. В диссертации разработана методология создания информационно-аналитических систем, обеспечивающих решение комплексных инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием методов трехмерного моделирования и визуализации компонентов природно-технической системы «Месторождение», с учетом потребности многопользовательского доступа к информационным системам и методика инженерно-геологического районирования, позволяющая прогнозировать геологические риски на основе метода аналогии. В сентябре 2021 г. Красильников П.А. назначен деканом геологического факультета Пермского университета.

### **Научно-образовательная деятельность**

Сотрудники лаборатории постоянно повышают свой научный потенциал, периодически проходят курсы повышения квалификации и стажировки в т.ч. – за рубежом (А.В. Коноплев, П.А. Красильников – Политехнический университет г. Турина, Институт вулканологии г. Палермо и др.). В 2021 году сотрудники лаборатории прошли курсы повышения квалификации «ВІМ: Технологии информационного моделирования в проектировании объектов капитального строительства», «Применение методов и средств космического дистанционного зондирования Земли для природно-ресурсного и экологического мониторинга».

Свой опыт сотрудники лаборатории передают молодым ученым и студентам, активно занимаются преподавательской, научно-образовательной деятельностью [6-8, 14, 81, 82]. Результаты исследований НИЛ ГМП использовались при чтении лекций и практических занятиях на геологическом факультете ПГНИУ по курсам: «Геоинформационные технологии», «Гидрогеологическое моделирование», «Аэрокосмические методы в геологии», «Методы инженерно-геологического районирования», «Основы геологической безопасности городов», «Научно-исследовательский семинар по геологии», «Прикладная геоэкология», «Современные проблемы геологии», разработке дипломных и курсовых работ, магистерских и кандидатских диссертаций. Студентами геологического факультета под руководством сотрудников НИЛ ГМП были подготовлены и опубликованы десятки научных статей.

## **Библиографический список**

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов. Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Екатеринбург: ОАО ИПП «Уральский рабочий». 2012. 124 с.: ил. / Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр. С. 14-27.
2. 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.
3. Барский М.Г., Коноплев А.В., Хронусов В.В., Кривоцеков С.Н. Новый инструмент пространственного анализа геолого-геофизической информации - *Template Analyst* // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. ВНИИОЭНГ. М., 2008. № 8. С. 17-21.
4. 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.
5. Каня Е.В., Димухаметов Д.М., Коноплев А.В., Спасский Б.А., Лунев Б.С. Трехмерная визуализация и анализ результатов инженерно-геологических и геоэкологических исследований // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-12. С. 2708-2712.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.
10. Козлов С.В., Копылов И.С. Геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина) в связи с его газоносностью // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2016. № 16. С. 98-101.
11. 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.
12. Колесников В.П., Коноплев А.В., Пригара А.М., Татаркин А.В. Технология комплексных инженерно-геофизических изысканий для диагностики состояния гидротехнических сооружений // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 630.
13. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жилинского калийного месторождения (Казахстан) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
14. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Лаборатория геологического моделирования и прогноза (2006 - 2016 гг.) // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Пермь, 2016. С. 72-89.
15. Коноплев, А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 5-14.
16. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение системы инженерно-геологической и геоэкологической безопасности города Перми // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермь, 2014. С. 56-78.
17. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Формирование ГИС-атласа "Инженерная геология и геоэкология города Перми" // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 154-157.
18. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
19. Коноплев А.В., Красильников П.А. Районирование территории Пермского края по величине природно-ресурсного потенциала на основе ГИС-технологий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. 2009. № 3 (17). С. 150-156.

20. Коноплев А.В., Красильников П.А. Методика картографирования территориальных сочетаний природных ресурсов и их комплексная оценка с использованием ГИС (на примере Пермского края) // География и природные ресурсы. 2012. Том 33. № 1. С. 129-132.
21. Коноплев А.В., Красильников П.А., Красильникова С.А., Клещкина О.В. Картосемиотическая геоинформационная модель как основа для создания гидродинамической модели // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 247-256.
22. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. №4 (29). 70-81.
23. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. №1-2. С. 335-339.
24. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования на трассах нефтегазопроводов для оценки инженерно-геологических условий и геодинамической активности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 157-162.
25. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
26. 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.
27. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.
28. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 165-167.
29. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
30. Копылов И.С. Геоинформационно-картографические модели геоэкологических и инженерно-геологических условий Пермского края // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2011. С. 35-45.
31. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.
32. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.
33. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
34. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2013. 166 с.
35. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
36. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.
37. Копылов И.С. Закономерности формирования геоэкологических и инженерно-геологических условий Байкитского нефтегазоносного региона // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 108-113.
38. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.
39. Копылов И.С. Изучение минералогической, геоэкологической, гидрогеологической, инженерно-геологической роли геодинамических активных зон: теоретические и методологические аспекты // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Пермь, 2016. С. 206-217.
40. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
41. Копылов И.С. Инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование территории города Перми для решения проблемы геологической безопасности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 168-170.
42. 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.
43. Копылов И.С. Картографическое моделирование геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы и формирование полезных ископаемых // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2013. С. 145-147.
44. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. 2011. № 8 (23). С. 126-129.

45. Копылов И.С. К разработке теории о геодинамических активных зонах и эколого-геодинамическая оценка трасс линейных сооружений // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. № 4 (47). С. 17.
46. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
47. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
48. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
49. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
50. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 2. С. 16-34.
51. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 38-43.
52. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
53. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / Автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
54. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.
55. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
56. 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.
57. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 1 С. 26-37.
58. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности Тюбегатанского месторождения калийных солей (Южный Узбекистан) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 36-39.
59. Копылов И.С. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // В сборнике: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Екатеринбург, 2015. С. 189-193.
60. 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.
61. 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.
62. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. 2017. С. 178-186.
63. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазоносности // 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.
64. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
65. Копылов И.С. Проведение линеаментно-геодинамического анализа Горного Алтая и трассы проектируемого газопровода "Алтай" // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 8-3. С. 398.
66. Копылов И.С. Прогнозирование нефтегазоносных объектов комплексом геохимических и аэрокосмогеологических методов // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 4 (53). С. 16-17.
67. Копылов И.С. Районирование и оценка эколого-геодинамической опасности территории Пермского края на основе ГИС и ДЗЗ // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2010. С. 28-38.
68. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177
69. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ / LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Germany. 2012. 152 с.
70. Копылов И.С. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском

- крае и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2013. С. 34-40.
71. Копылов И.С. Составление геологического атласа Пермского края // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермь, 2013. № 16. С. 356-362.
72. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ при оценке геодинамической активности Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2016. № 19. С. 356-361.
73. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
74. Копылов И.С. Теоретические основы учения о геодинамических активных зонах, прикладные аспекты в решении задач инженерной, экологической, поисковой геологии и геологической безопасности // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 32-47.
75. Копылов И.С. Учение о геодинамических активных зонах, как синтез знаний в естественных науках // В сборнике: Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование. Пермь, 2011. С. 87-92.
76. Копылов И.С. Учение о геодинамических активных зонах, как синтез знаний в естественных науках // Рудник будущего. 2011. № 3. С. 61.
77. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава подземных вод и гидрогеохимических аномальных зон Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. №3(24). 30-47.
78. Копылов И.С. Эколого-геохимическая оценка территории города Перми и проблемы геологической безопасности // Геолого-геохимические проблемы экологии. Тез. докладов Всерос. науч.-практич. конф. (26-27 апреля 2012 г.). М.: ИМГРЭ, 2012. С. 10-11.
79. 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.
80. 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.
81. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Научная школа Пермского университета и Естественнонаучного института "Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность" // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Пермь, 2016. С. 90-98.
82. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении - НИШ «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 19-27.
83. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.
84. Копылов И.С., Даль Л.И. Роль геологических факторов в формирования геопатогенных зон и геоэкологической обстановки // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12-2. С. 221-222.
85. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.
86. Копылов И.С., Даль Л.И. Эколого-ландшафтно-геохимические системы Приуралья // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12-4. С. 496.
87. 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.
88. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
89. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2013. С. 68-73.
90. 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.
91. Копылов И.С., Коноплев А.В. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование и геоинформационное обеспечение территории Пермского края // В сборнике: Инженерная геология и охрана недр. Пермь, 2012. С. 45-57.
92. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология геоинформационного картографирования геологической среды для создания ГИС-атласа «Геологическое строение и ресурсы недр Пермского края» // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 62-70.
93. 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.
94. Копылов И.С., Коноплев А.В. О концепции геологической безопасности крупного города (на примере



- Перми) // Геология крупных городов: материалы 2-й Междунар. конф. (19 марта 2012г.). СПб: ВСЕГЕИ. Изд-во «РЕНОВА», 2012. С. 20-22.
95. 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.
96. Копылов И.С., Коноплев А.В. Применение аэрокосмических методов и геоинформационного моделирования на Куляндинской площади (Енисейский кряж) для поисков россыпного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 167-175.
97. Копылов И.С., Коноплев А.В. Разработка концепции геологической безопасности города Перми // В сборнике: Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование. Пермь, 2011. С. 92-94.
98. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 355-359.
99. 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.
100. 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.
101. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.
102. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 63-76.
103. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Эколого-геологические проблемы, состояние изученности и картографирование геологической среды г. Перми // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 111-121.
104. 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.
105. 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.
106. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 131 с.
107. 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.
108. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологические условия территории железной дороги «Белкомур» и перспективы комплексной разработки песчано-гравийных месторождений для повышения качества строительных материалов // В сборнике: Инженерная геология и охрана недр. Пермь, 2012. С. 58-65.
109. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Методический подход к инженерно-геологическому изучению и комплексной разработке месторождений строительных материалов с улучшением их качества (на примере района железной дороги "Белкомур") // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 154-160.
110. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3.
111. Копылов И.С., Пьянков С.В., Михалев В.В., Коноплев А.В. Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями // Состояние и охрана окружающей среды Пермского края в 2006 году. Пермь: Изд-во ОАО ИПК «Соликамск», 2007. С. 229-231, ил.-238.
112. Копылов И.С., Суслов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россыпей // В сборнике: Россыти и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 111-112.
113. Красильников П.А. Информационно-картографическая модель комплексной оценки природных ресурсов Пермского края / Автореферат дис. ... кандидата географических наук / Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук. Иркутск, 2011. 20 с.
114. Красильников П.А. Методология создания информационно-аналитических систем для решения инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых / Автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.08 / Уральский государственный горный университет. Пермь,

2021. 44 с.

115. Красильников П.А., Коноплев А.В., Хронусов В.В., Барский М.Г. Геоинформационное обеспечение экономической оценки природно-ресурсного потенциала территорий Пермского края // Экономика региона. 2009. № 1 (17). С. 143-151.

116. Красильников П.А., Коноплев А.В., Кустов И.В., Красильникова С.А. Геоинформационное обеспечение инженерно-экологических изысканий // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-14. С. 3161-3165.

117. Красильникова С.А., Красильников П.А., Коноплев А.В. Геоинформационное обеспечение гидродинамического моделирования оценки эффективности проектируемой дренажной системы микрорайона усольский г. Березники Пермского края // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2014. № 1. С. 80-85.

118. Красильников П.А., Кустов И.В. Представление результатов геоинформационно-картографического моделирования природно-ресурсного потенциала в интернет-среде // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.

119. Красильников П.А., Наумов В.А., Иларионов С.А., Лунев Б.С., Красильникова С.А. Инженерно-геоэкологические условия площадки Талицкого горнообогатительного комбината // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.

120. Красильников П.А., Середин В.В., Леонович М.Ф. Исследование распределения углеводородов по разрезу грунтового массива // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-14. С. 3100-3104.

121. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13-16.

122. Ликутков Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. №4. С. 125-133.

123. Лунев Б.С., Красильников П.А., Иларионов С.А., Спасский Б.А., Наумов В.А. Картирование территории при проведении геоэкологического мониторинга средствами ГИС. Фундаментальные исследования. 2014. № 11-1. С. 89-93.

124. Методологические подходы к управлению социально-экономическим развитием территории: показатели, методы моделирования / под ред. Г.В. Кутергиной Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2016. 368 с.

125. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективы его поисков в Вятско-Камском Приуралье // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 74-79.

126. Оборин В.В., Копылов И.С. Климатогеохронологическая история неолитского севера Пермского Предуралья и ее связь с неотектоническими движениями, трансгрессивными и регрессивными циклами // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 83-90.

127. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.

128. Пригара А.М., Татаркин А.В., Пенский О.Г., Осовецкий Б.М., Коноплев А.В. Определение физико-механических свойств грунтов при оценке состояния гидротехнических сооружений методами неразрушающего контроля // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №84. С. 360-372.

129. Пригара А.М., Царев Р.И., Коноплев А.В., Пенский О.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическая оценка гидротехнических сооружений методами неразрушающего контроля // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-2. С. 348-352.

130. Пьянков С.В., Осовецкий Б.М., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Систематизация материалов инженерно-геологических изысканий на основе ГИС-технологий // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-2. С. 353-356.

131. Rogozin M.V., Kopylov I.S., Krasilynikov P.A. Биологический аспект геодинамических активных зон. Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 223-227.

132. Rogozin M.V., Kopylov I.S., Krasilynikov P.A. Биолокация и био-геоактивные зоны // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 53-57.

133. Середин В.В., Красильников П.А., Медведева Н.А., Паршина Т.Ю., Пешкова Т.А. Закономерности изменения структурных связей (электрокинетического потенциала) глинистых частиц в водном растворе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.

134. Середин В.В., Красильников П.А., Чижова В.А. Влияние вязкости поровой жидкости (углеводородов) на модуль деформации глины // Инженерная геология. 2015. № 4. С. 26-29.

135. 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.

136. Середин В.В., Леонович М.Ф., Красильников П.А. Прогноз фильтрации углеводородов в дисперсных грунтах при разработке нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 5. С. 106-109.

137. Середин В.В., Ядзинская М.Р., Красильников П.А. Прогноз прочностных свойств песков, загрязненных углеводородами // *Инженерная геология*. 2014. № 6. С. 50-55.
138. Структуры земной коры по данным гравиметрии и магнитометрия / М.С. Чадаев, В.И. Костицын, Р.Г. Ибламинов, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, А.В. Коноплев. Пермь, 2014. 95 с.
139. 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.
140. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2012. 91 с.
141. 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*. 2016. № 4. p. 17-21.
142. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Satekov T.T. *Regional environmental risk assessment of geosystems of Kazakhstan // Theory and research methods in the natural sciences*. 2016. p. 154-162.
143. Kopylov I.S. *About influence of geological factors on health of schoolchildren and health-saving technologies // Международный журнал экспериментального образования*. 2014. 5. С. 23.
144. Kopylov I.S. *Basic principles of environmental monitoring of oil and gas fields at the initial stage of development // European Journal of Natural History*. 2014. № 3. С. 28.
145. Kopylov I.S. *Conceptual principles of the ensuring system the geological safety of the large cities // European Journal of Natural History*. № 6, 2012. p. 46.
146. Kopylov I.S. *Development of the concept of the geological safety of Perm city // European Journal of Natural History*. 2013. № 6. p. 73.
147. Kopylov I.S. *Geodynamic and technogenic processes in the areas of oil and gas production and their ecological consequences // European Journal of Natural History*. №3, 2013. p.59.
148. Kopylov I.S. *Geological-ecological problems of the large cities and the concept of the geological safety // European Journal of Natural History*. № 6, 2012. p. 46-47.
149. Kopylov I.S. *Geoecological monitoring of petroleum regions and influence of geodynamics on environment // International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. № 1. p. 43.
150. 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. P. 16-22.
151. Kopylov I.S. *Formation of system of geo-ecological studying for environmental management and ecological safety // European Journal of Natural History*. 2012. №1. p. 24.
152. Kopylov I.S. *Major geoecological problems of Perm region // European Journal of Natural History*. №2, 2013. p. 66.
153. Kopylov I.S. *Theoretical and methodical bases of identification and mapping of the geodynamic active zones influencing engineering-geological and geoecological processes // International journal of experimental education*. 2012. №3. p. 32.
154. 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, SGEM 2015 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.*

**ГЕОЭКОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНОВ – НОВЫЙ  
СПЕЦКУРС ДЛЯ МАГИСТРАТУРЫ ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Дисциплина «Геоэкология нефтегазоносных регионов» является важной частью учебного плана магистратуры «Экология и природопользование нефтегазового комплекса». В рамках дисциплины рассматриваются основные теоретические аспекты формирования геоэкологических условий нефтегазоносных регионов мира и России, раскрываются основные понятия. Отдельно рассматриваются геоэкологические условия Пермского края, выявляются особенности территории края, обуславливающие нефтегазоносность региона, природные и техногенные факторы, формирующие геоэкологические условия. Целью дисциплины «Геоэкология нефтегазоносных регионов» является: получение теоретических и методических знаний в области региональной нефтегазовой геоэкологии, формирование у студентов системных геоэкологических представлений о взаимодействии человека с окружающей средой, закономерностях и особенностях геоэкологических условий различных нефтегазоносных регионов, направленных для защиты окружающей среды в нефтегазовом комплексе; формирование способности использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации, экспериментов и наблюдений для геоэкологического анализа, обобщения, представления научных данных по нефтегазоносным регионам; формирование определенного состава компетенций для подготовки к профессиональной и научной деятельности (для решения научно-исследовательских и прикладных задач на основе знаний в области экологии, геоэкологии и природопользования нефтегазового комплекса), умения самостоятельного поиска и аналитической обработки информации для обоснования постановки геоэкологических проблем нефтегазодобывающих регионов, формулировки задач и выбора методов исследований разного типа (теоретического, методического, прикладного), включая комплексные и междисциплинарные исследования по проблемам региональной нефтегазовой геоэкологии; Объект исследований – природная (геологическая и географическая) среда нефтегазоносных регионов и ее изменения под влиянием хозяйственной деятельности в нефтегазодобывающей отрасли: загрязнение пород, поверхностных и подземных вод, возникновение и развитие опасных физико-геологических и техноприродных процессов, деградация криолитозоны, истощение ресурсов подземных вод и др.; геофизические, геодинамические, геохимические, биогеохимические и другие индикаторы техногенной трансформации природной среды. Предметом дисциплины являются: теоретические, методологические, методические и прикладные аспекты и проблемы геоэкологии нефтегазоносных регионов, закономерности их географического расположения. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды текущего контроля: общий теоретический тест, подготовка докладов и презентаций по темам семинарских занятий, подготовка к публикации научной статьи.*

*Ключевые слова: геоэкология нефтегазоносных регионов, цель и задачи, тематический план, основное содержание, Пермский государственный национальный исследовательский университет.*

**I.S. Kopylov, S.A. Buzmakov**

Perm State University, Perm, Russia

**GEOECOLOGY OF OIL AND GAS BEARING REGIONS – A NEW  
SPECIAL COURSE FOR MASTER STUDIES OF PERM UNIVERSITY**

*The discipline "Geoecology of oil and gas regions" is an important part of the curriculum of the master's program "Ecology and environmental management of the oil and gas complex".*

*Within the framework of the discipline, the main theoretical aspects of the formation of geoecological conditions of the oil and gas regions of the world and Russia are considered, the basic concepts are revealed. Separately, the geoecological conditions of the Perm Territory are considered, the features of the territory of the region that determine the oil and gas potential of the region, natural and man-made factors that form the geoecological conditions are revealed. The purpose of the discipline "Geoecology of oil and gas regions" is: obtaining theoretical and methodological knowledge in the field of regional oil and gas geoecology, the formation of students' systemic geoecological ideas about the interaction of man with the environment, patterns and features of geoecological conditions of various oil and gas regions, aimed at protecting the environment in the oil and gas complex; formation of the ability to use modern methods of processing and interpreting environmental information, experiments and observations for geoecological analysis, generalization, presentation of scientific data on oil and gas regions; formation of a certain composition of competencies for preparation for professional and scientific activities (for solving research and applied problems based on knowledge in the field of ecology, geoecology and nature management of the oil and gas complex), the ability to independently search and analytically process information to justify the formulation of geoecological problems of oil and gas producing regions, formulations tasks and choice of research methods of various types (theoretical, methodical, applied), including complex and interdisciplinary research on the problems of regional oil and gas geoecology. The object of research is the natural (geological and geographical) environment of oil and gas regions and its changes under the influence of economic activities in the oil and gas industry: pollution of rocks, surface and ground waters, the emergence and development of dangerous physical-geological and techno-natural processes, degradation of the permafrost zone, depletion of groundwater resources and etc. Geophysical, geodynamic, geochemical, biogeochemical and other indicators of technogenic transformation of the natural environment. The subject of the discipline is theoretical, methodological, methodical and applied aspects and problems of geoecology of oil and gas regions, regularities of their geographical location. The discipline program provides for the following types of current control: general theoretical test, preparation of reports and presentations on the topics of seminars, preparation for publication of a scientific article.*

*Key words: geoecology of oil and gas regions, goal and objectives, thematic plan, main content, Perm State University.*

---

## **Введение**

В 2022 г. на кафедре биогеоценологии и охраны природы географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета планируется организация новой дисциплины для магистратуры **«Геоэкология нефтегазоносных регионов»** в рамках образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям): Направление: 05.04.06 Экология и природопользование. Направленность: Экология и природопользование нефтегазового комплекса [19].

В общей системе географического и экологического образования данная дисциплина относится к числу методологических дисциплин, составляющих основу фундаментального геоэкологического образования и имеющих большое прикладное значение.

Знания, полученные при изучении дисциплины, необходимы для многих целей в науках экологического профиля, связанных с нефтегазовой отраслью, могут быть востребованы в научной и практической деятельности при проведении комплексного природопользования и недропользования, геоэкологических исследованиях и картографировании, мониторинге окружающей среды и прогнозе ее изменений, а также в управлении и экономическом планировании инфраструктуры регионов [1, 9-13,16].

«Геоэкология нефтегазоносных регионов» – новая дисциплина, не имеющая аналогов в системе российского образования. В основу ее содержания положены содержательные блоки из разделов (направлений) геоэкологии:

«Нефтегазовая геоэкология», «Региональная геоэкология», «Прикладная геоэкология» и др.

Дисциплина направлена на формирование у студентов – магистрантов представлений об основных проблемах и задачах геоэкологии нефтегазоносных регионов (под которыми понимаются территории, перспективные на нефть и газ, где проводятся их поиски и разведка, осуществляется нефтегазодобыча или размещена нефтегазовая инфраструктура), и связана с защитой окружающей среды этих территорий, занимающих огромные площади на планете Земля. Под влиянием нефтегазового техногенеза происходит изменение первоначального фонового состояния компонентов природной (геологической и географической) среды нефтегазоносных регионов и их отдельных районов. Необходимо изучение этих процессов трансформации, а также исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов; изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды. Для этого необходимы знания о закономерностях и особенностях геоэкологических условий различных нефтегазоносных регионов [3, 5, 7, 8, 10, 14, 17].

### **Цели, задачи, объект и предмет**

**Целью дисциплины** «Геоэкология нефтегазоносных регионов» является:

- *получение теоретических и методических знаний* в области региональной нефтегазовой геоэкологии, формирование у студентов системных геоэкологических представлений о взаимодействии человека с окружающей средой, закономерностях и особенностях геоэкологических условий различных нефтегазоносных регионов, направленных для защиты окружающей среды в нефтегазовом комплексе;

- *формирование способности* использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации, экспериментов и наблюдений для геоэкологического анализа, обобщения, представления научных данных по нефтегазоносным регионам.

- *формирование определенного состава компетенций* для подготовки к профессиональной и научной деятельности (для решения научно-исследовательских и прикладных задач на основе знаний в области экологии, геоэкологии и природопользования нефтегазового комплекса), умения самостоятельного поиска и аналитической обработки информации для обоснования постановки геоэкологических проблем нефтегазодобывающих регионов, формулировки задачи и выбора методов исследований разного типа (теоретического, методического, прикладного), включая комплексные и междисциплинарные исследования по проблемам региональной нефтегазовой геоэкологии;

Цели освоения дисциплины соответствуют целям основной

образовательной программы для направления магистратуры 05.04.06. «Экология и природопользование» по профилю «Экология и природопользование нефтегазового комплекса» [19].

### ***Задачи курса***

1. Получение теоретических и методических знаний в области региональной нефтегазовой геоэкологии, направленных для защиты окружающей среды в нефтегазовом комплексе; изучение теоретических основ геоэкологии нефтегазоносных регионов и нефтегазовой геоэкологии, закономерностей и особенностей нефтегазоносных регионов.

2. Формирование умения:

- проведения самостоятельных творческих исследований по анализу основных тенденций развития нефтегазового комплекса, его воздействия на окружающую среду нефтегазоносных регионов в России и за рубежом;
- получения, обработки, интерпретации экологической информации современными методами, включая цифровые и аэрокосмические;
- по выполнению анализа и обобщению результатов научных и производственных исследований с использованием современных достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области нефтегазовой геоэкологии.

3. Формирование заявленных компетенций в процессе подготовки магистрантов, имеющих современное представление о геоэкологии нефтегазоносных регионов; системном геоэкологическом анализе, правильном оформлении результатов исследований с соблюдением принятых этических норм и их презентации для всеобщего обсуждения.

***Объект исследований*** – природная (геологическая и географическая) среда нефтегазоносных регионов и ее изменения под влиянием хозяйственной деятельности в нефтегазодобывающей отрасли: загрязнение пород, поверхностных и подземных вод, возникновение и развитие опасных физико-геологических и техноприродных процессов, деградация криолитозоны, истощение ресурсов подземных вод и др. Геофизические, геодинамические, геохимические, биогеохимические и другие индикаторы техногенной трансформации природной среды.

***Предметом дисциплины*** являются теоретические, методологические, методические и прикладные аспекты и проблемы геоэкологии нефтегазоносных регионов, закономерности их географического расположения.

### **Требования к уровню освоения дисциплины**

Дисциплина читается после изучения дисциплин математического, естественнонаучного и профессионального цикла бакалавриата, специалитета (Геоэкология, География, Геология, Биogeография, Почвоведение, Биогеоценология, Основы природопользования, Учение о сферах Земли, Техногенные системы и экологический риск, Экологический мониторинг,

Геоинформационные технологии в природопользовании, Экологическое картографирование, Математические методы в экологии), а также магистерских дисциплин (Прикладная геоэкология, Экология нефтегазового комплекса и производственный экологический контроль, Экологический менеджмент и аудит на предприятиях нефтегазового комплекса) [2, 4, 6-8, 18, 20-22]. Поэтому студенты должны быть достаточно хорошо подготовленными к ее усвоению.

В результате изучения дисциплины «Геоэкология нефтегазоносных регионов» студент должен:

- **знать** теоретические основы геоэкологии нефтегазоносных регионов и нефтегазовой геоэкологии, закономерности и особенности нефтегазоносных регионов;

- **уметь:**

- применять знания о геоэкологических условиях нефтегазоносных регионов и современных методах геоэкологических исследований в субъектно-объектной деятельности;

- критически анализировать многообразную экологическую и техно-природную и информацию о геоэкологических условиях по нефтегазоносным регионам;

- выполнять интегральную оценку геоэкологического состояния природных и урбанизированных нефтегазоносных территорий разного ранга;

- использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований.

- **владеть:**

- методами системного анализа геоэкологических материалов и оценки состояния окружающей среды нефтегазоносных территорий в пространственно-временной конкретности;

- навыками цифровой обработки комплексной геоэкологической информации с применением современных аэрокосмических, и геоинформационных технологий;

- навыками оформления результатов в соответствии с требованиями и их презентации с использованием современных медиа технологий.

## **Структура и объем и содержание дисциплины**

Дисциплина «Геоэкология нефтегазоносных регионов» является важной частью учебного плана магистратуры «Экология и природопользование нефтегазового комплекса». В рамках дисциплины рассматриваются основные теоретические аспекты формирования геоэкологических условий нефтегазоносных регионов мира и России, раскрываются основные понятия. Отдельно рассматриваются геоэкологические условия Пермского края, выявляются особенности территории края, обуславливающие нефтегазоносность региона, природные и техногенные факторы, формирующие геоэкологические условия.

Объем дисциплины в часах и виды учебной работы приведен в табл. 1,



тематический план изложен в табл. 2, основное содержание по разделам и темам и форма отчетности представлены в табл. 3.

Основная и рекомендуемая литература изложена в библиографическом списке [1-22].

Таблица 1

Объем и содержание дисциплины «Геоэкология нефтегазоносных регионов»

<b>Направления подготовки</b>	05.04.06 Экология и природопользование (направленность: Экология и природопользование нефтегазового комплекса)
<b>Форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	4
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	36
<b>Проведение лекционных занятий</b>	12
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	72
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (4 триместр)

## Тематический план

Наименование тем и разделов	Всего ак. час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия	
<b>4 триместр</b>	<b>108</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>
Геоэкология нефтегазоносных регионов	108	12	0	24	72
Введение в дисциплину «Геоэкология нефтегазоносных регионов»	8	2	0	0	6
1. Основы нефтегазовой геоэкологии. Геоэкологические исследования нефтегазоносных регионов: картографирование, оценка, прогноз	30	2	0	8	20
2. Обзор нефтегазоносных регионов мира и их геоэкологические особенности	30	2	0	8	20
3. Геоэкологические условия нефтегазоносных регионов России	40	6	0	8	26

## Основное содержание дисциплины по разделам и темам, форма отчетности

Основные разделы	Темы и содержание	Форма отчетности
<b>Введение в дисциплину «Геоэкология нефтегазоносных регионов»</b>	Основные цели и задачи курса «Геоэкология нефтегазоносных регионов». Основные понятия. Краткие основы нефтегазовой геологии. Распространение нефти и газа. Нефтегазогеологическое районирование (нефтегазоносные провинции и области)	Тест входного контроля
<b>1. Основы нефтегазовой геоэкологии. Геоэкологические исследования нефтегазоносных регионов: картографирование, оценка, прогноз</b>	Основные природные и техногенные факторы формирования геоэкологической обстановки. Виды и формы нарушений и загрязнений природной среды. Воздействие нефтегазового комплекса на окружающую среду. Прогноз воздействия нефтегазового техногенеза на окружающую среду. Общие методы и источники получения экологической и техно-природной информации. Геоэкологические исследования и картографирование. Оценка воздействия на окружающую среду. Геоэкологический мониторинг	Общий теоретический тест (РБС=30 баллов)
<b>2. Обзор нефтегазоносных регионов мира и их геоэкологические особенности</b>	Обзор нефтегазоносных провинций: Западная Европа (Североморско-Германская, Англо-Парижская, Аквитанская, Рейнская, Тюрингская, Ронская, Адриатическая, Сицилийская, Предкарпатская, Паннонская, Трансильванская); Азия (Провинция Персидского залива, Группа бассейнов Иранского Нагорья, Ордосская, Сунляо, Сычуаньская, Джунгарская, Цайдамская, Тайваньская, Индийская, Гангская, Бенгальская, Группа бассейнов Гоби); Африка (Сахарская, Ливийская, Западно-Африканская, Центрально-Атласская, Западно-Атласская); Северная и Центральная Америка (Западно-Канадская, Восточно-Канадская, Западная Внутренняя, Восточная Внутренняя, Пермская, Бассейн Скалистых гор, Калифорнийская Предаппалачская, Приатлантическая, Северо-Аляскинская, Южно-Аляскинская,	Презентация и оформление научной статьи (на основе геоэкологического анализа крупного нефтегазоносного района) (РБС=30 баллов).

	<p>Мексиканская, Бассейн Карибского моря), Южная Америка (Венесуэльская, Колумбийская, Маракаибская, Венесуэло-Тринидатская, Нижнеамазонская, Верхнеамазонская, Мараньяо, Притихоокеанская, Титикакская, Боливийско-Аргентинская, Патагонская), Австралия и Океания (Восточно-Австралийская, Западно-Австралийская, Южно-Австралийская, Индонезийская, Новозеландская).</p> <p>Геозокологическая характеристика нефтегазоносных регионов <i>по континентам и группам нефтегазодобывающих стран</i>. Региональный геозокологический анализ и оценка крупных нефтегазоносных территорий</p>	
<p><b>3. Геозокологические условия нефтегазоносных регионов России. Геозокологические особенности нефтегазоносных районов Пермского края</b></p>	<p>Обзор нефтегазоносных провинций: Прибалтийская, Тимано-Печорская, Волго-Уральская, Прикаспийская, Предкавказская, Западно-Сибирская, Восточно-Сибирская, Лена-Вилуйская, Дальневосточная, Провинция арктических и дальневосточных морей России. Геозокологическая характеристика нефтегазоносных регионов <i>по федеральным округам РФ</i>. Геозокологический анализ, оценка и прогноз изменения геозокологических обстановок отдельных локальных нефтегазоносных территорий и объектов (Пермский край и др.)</p>	<p>Отчет по практической работе (на основе геозокологического анализа и оценки нефтегазоносного района с учетом НИР по магистерской диссертации). Презентация доклада, научная статья. (РБС=40 баллов).</p>

### Заключение

Представлена методологическая основа спецкурса магистратуры «Геозокология нефтегазоносных регионов» в Пермском университете. Реализация его ожидается с сентября 2022 г. Лекционный курс и практикум еще предстоит создать. Поскольку близких аналогов не существует, необходимо проанализировать огромный объем литературы, как отечественной, так и зарубежной, а также многие информационные ресурсы интернет.

Определенный опыт по проведению практических занятий в настоящее время уже наработан в рамках проведения занятий по дисциплине «Прикладная геозокология» [15] на кафедре биогеоценологии и охраны природы в 2020-2021 гг. Студентами проанализированы геозокологические условия различных нефтегазоносных районов России; отработаны навыки комплексного анализа,

интегральной оценки и картирования с применением ГИС-технологий, умения представлять результаты исследований в виде научных статей. Более 90 % магистрантов получили отличные и хорошие оценки. При этом лучшие показатели были у студентов, более подготовленных по геоинформационным технологиям, картографии и теоретическим основам. Было подготовлено 35 докладов, из них опубликовано 15 статей в сборниках научных трудов.

### **Библиографический список**

1. Атлас Пермского края / С.А. Бузмаков, А.И. Зырянов, В.Г. Калинин и др.; под общ. ред. А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Братков В.В., Овдиенко Н.И. Геоэкология / Учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. М.: Высш. шк., 2006. 311 с.
3. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 2003. 171 с.
4. Быков В.Н. Экология недропользования / Учеб. пособие: В 2-х кн. Кн. 2. Перм. ун-т, Перм. техн. ун-т; Под ред. Я.И. Вайсмана. Пермь, 2000. 186 с.
5. Высоцкий И.В., Высоцкий, В.И, Оленин В.Б. Нефтегазоносные бассейны зарубежных стран: Учеб. Для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. М.: Недра, 1990. 405 с.
6. Голубев Г.Н. Геоэкология / Учебник для студ. высш. учеб. завед. М.: Изд-во ГЕОС, 1999. 338с.
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.
9. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. Тамбов, 2011. № 8 (23). С. 126-129.
10. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
12. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
13. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
14. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
15. Копылов И.С., Бузмаков С.А. Прикладная геоэкология - новый спецкурс для магистратуры Пермского университета // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 31-38.
16. 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.
17. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13-16.

18. Лобастова С.А. Прикладная геоэкология нефтегазового комплекса. Учебное пособие. Электронный вариант. 2006. 252 с.

19. Образовательная программа высшего образования. Направление подготовки: 05.04.06 Экология и природопользование. Направленность: Экология и природопользование нефтегазового комплекса. Квалификация: магистр / Утв. ректором ПГНИУ Д.Г. Красильниковым 30.06.2021. Пермь, 2021. 18 с.

20. Парфенов В.Г., Сивков Ю.В. Геоэкология / Учеб. пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 176 с.

21. Семячков А.И., Воробьев А.Е., Дребенштедт К. Геоэкология / Учеб. пособие для высших учебных заведений горно-географического профиля / Под ред. ак. РАН В.Н.Большакова, ак. РАН А.И.Татаркина. Изд-во: Уральский государственный горный университет. Екатеринбург, 2012. 289 с.

22. Тетельмин В.В., Язин В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. Учебное пособие. Издательский дом «Интеллект». Долгопрудный, 2009. 352 с.: ил.

## **АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ГЕОЭКОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ, СВЯЗАННЫХ С ОЦЕНКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

*Проведен анализ теоретических основ геоэкологии и экологической геологии и методологических подходов, связанных с оценкой экологического состояния геологической среды для решения проблем недропользования. Рассмотрен исторический аспект развития понятий науки геоэкологии, связь с другими науками, различные взгляды на ее структуру, содержание, объект и предмет исследований. Разработана обобщенная модель структуры геоэкологии. Ключевые слова: геоэкологии, экологическая геология, методология, геологическая среда, природно-геологическая среда, оценка экологического состояния, недропользование.*

**I.S. Kopylov**

Perm State University, Perm, Russia

## **ANALYSIS OF THE THEORETICAL FOUNDATIONS OF GEOECOLOGY AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY AND METHODOLOGICAL APPROACHES RELATED TO THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE NATURAL GEOLOGICAL ENVIRONMENT**

*The analysis of the theoretical foundations of geoecology and ecological geology and methodological approaches related to the assessment of the ecological state of the geological environment to solve the problems of subsoil use is carried out. The historical aspect of the development of the concepts of the science of geoecology, the connection with other sciences, different views on its structure, content, object and subject of research are considered. A generalized model of the structure of geoecology has been developed*

**Keywords:** *geoecology, ecological geology, methodology, geological environment, natural-geological environment, assessment of the ecological state, subsoil use.*

### **Введение**

Современная теоретическая и методологическая **концепция геоэкологии и экологической геологии** сформирована пока еще недостаточно четко, отсутствует общепринятый подход к определению задач и объектов изучения. Эту позицию разделяли большинство ученых как 20–30 лет назад; такой она остается и в настоящее время, не смотря на многочисленные теоретические разработки последних десятилетий.

По прежнему преобладает два основных направления геоэкологии – с позиции географии и геологии, поэтому в ее структуре фактически существует два основных раздела – **экологическая география и экологическая геология**, имеющих много общего по объектам и предметам изучения.

Необходимо кратко рассмотреть этот аспект и выработать наиболее приемлемую позицию в геоэкологии, методологические задачи которой формируют концептуальную основу региональных геоэкологических исследований, картографирования и рационального природопользования, что является высоко актуальным для недропользования в различных типах регионов – нефтегазодобывающих, горнодобывающих, индустриально-промышленных территорий.

### **Краткая история определений «Геоэкология»**

Как известно, термин «экология» был введен Э. Геккелем (1869) в биологии, для обозначения общей науки об отношении организмов к окружающей среде (БСЭ, 3-е изд. 1978. Т.29), когда биологов интересовало в основном влияние окружающей среды на живые организмы. С середины XX века, как отмечает Н.М. Фролов (1991) [47] ситуация изменилась на противоположную и сама окружающая среда оказалась под угрозой живых организмов и, как результат обратной связи, – проблематичность продолжения разумной жизни на планете Земля. По мнению Ю.Одума (1975) [30] экология сейчас занимает особое место в ряду фундаментальных наук и вышла за пределы собственно биологии. Произошло перерастание биологической «малой» экологии в «большую» экологию, или биологию окружающей среды. В.Д. Федоров и Т.Г. Гильмонов (1980) [45] считают, что современная экологическая парадигма основывается на концепции экосистем, которая является главным объектом общей экологии, а предметом – являются законы формирования структуры, функционирования, развития и гибели экосистем.

Существует уже более 120 определений экологии, более 1000 наук и экологических направлений, которые охватывают все области знания человечества. Существуют самые различные подразделения экологии по отношению к предметам, объектам, методам, способам изучения. Приводятся определения экологии, как комплекса (системы) научных дисциплин, связанного с изучением и оценкой взаимоотношений общества и природы и имеющего конечной целью их оптимизацию (гармонизацию). В этом комплексе Г.А. Воронов и М.А. Манташев (1999) [6] выделяют три основных направления: общую (в том числе и глобальную экологию), экологию человека и отраслевую экологию (биоэкологию, географическую экологию и геологическую экологию). Н.Ф. Реймерс (1994) [32] в структуре современной экологии выделяет четыре основных подразделения: биоэкологию, геоэкологию, экологию человека, социальную экологию и прикладную экологию; при этом в рамках геоэкологии выделяется: экология сред,



ландшафтов, географических подразделений, экогеология и экогеоморфология. И.В. Круть (1978) [26] отмечает недостаток биоэкологического направления – чрезмерное доминирование биологического аспекта, ведущее к пренебрежению геосистемами, которые неправильно отождествляются с экосистемами, и ставит вопрос о необходимости построения общей экологической теории, которая явится синтезом разнородного научного знания (с центральной геокомпонентой), причем в беспрецедентном для специальных наук масштабе и виде. Очевидно, центральной геокомпонентой является литосфера. Как указывает В.Н. Быков (1999) [2] все типы функций литосферы в той или иной мере связаны с экологическим прошлым и настоящим Земли. Аналогии в биологических и геологических системах, подтверждая единство материального мира, указывают на общие черты эволюционного развития.

Геологическое направление в экологии можно связать с учением В.И. Вернадского (1926) о биосфере, основанном на геохимии, в основе которого лежат законы функционирования системы «живые организмы (живое вещество) – среда обитания», опирающиеся на историко-геологический анализ развития живой оболочки Земли, в процессе ее эволюции (Вернадский, 1989) [5].

Впервые предложенный К. Троллем (1939) термин «геоэкология», как «экология ландшафтов», поддерживается некоторыми современными географами в более широком понимании, включающим в объекты исследования кроме, природных, антропогенные ландшафты, а также геологическую среду (С.П. Горшков, 1992) [10]. Формируется новое научное направление в трудах географов (экологическая география на основе системно-географического подхода), анализирующих географические природные экосистемы, закономерности и типологические модели в географической среде, биосфере и социосфере (А.И. Базилевич и др., 1986 [1], С.Б. Девяткова и др., 1988 [11]; С.А. Двинских и др., 1988, 1990, 2002 [12, 13]).

Кроме этого, существует много других позиций, определяющих место геоэкологии, как в географии, так и в геологии. Н.М. Фролов (1991, 1998) [46, 47] отмечает, что экология – это наука о взаимодействии живого с окружающей средой, поэтому, она выходит за пределы биологических наук, становится междисциплинарной. В понятие об окружающей среде входит не только живое (объект биологии), но и неживое (объект наук о Земле). В связи с этим экологию, как одну из фундаментальных наук логично разделить на две части: «часть, в которой изучаются последствия взаимодействия живого с окружающей средой на живое (биоэкология) и часть, в которой изучаются последствия взаимодействия живого с окружающей средой на неживое (геоэкология)».

Начиная с 1989 г. экологическая проблематика активно развивается в работах геологов (Е.А. Козловский, В.И. Осипов, В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Г.С. Вартамян, Н.М. Фролов, К.И. Сычев, А.Н. Павлов, В.Н. Островский, Л.А. Островский, В.В. Куриленко, В.А. Королев, В.Н. Быков, А.Я. Гаев

О.Н. Грязнов и др.). Государственное переустройство привело также к переформированию федеральной геологической службы (созданию министерства охраны окружающей среды, затем – природных ресурсов, затем – природных ресурсов и экологии), в которой стали меняться приоритеты от безудержной эксплуатации минерального сырья к более разумной природопользовательской политике. Прошел ряд конференций, посвященный проблемам геоэкологии и природопользования, большое количество публикаций посвящено экологическим проблемам гидрогеологии, инженерной геологии, геохимии, геофизики и других геологических наук. Не вдаваясь в исторический экскурс этих работ, можно отметить, что многие исследователи отмечают возникновение на стыке геологии и экологии нового научного направления – геоэкологии. Пока еще не оформлена достаточным образом ее теоретическая и методологическая концепция, отсутствует общепринятый подход к определению задач и объектам ее изучения, однако сделаны значительные шаги в этом направлении. Приведем несколько определений геоэкологии с позиции геологов, которые, на наш взгляд, наиболее характерно отражают их единство и различия; которые можно условно разделить на несколько подходов: «геобиосферный подход» (Е.А. Козловский, 1989), «литосферный подход» (К.И. Сычев, 1991), «геосферный подход» (В.И. Осипов, 1997) и «экосистемный подход» (В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, 1994, 1996, 1997, 2000), «литогeosферный» (В.Н.Быков, 2000).

Е.А. Козловский (1989) [16] под геоэкологией понимает научное направление, возникшее на стыке геологии и экологии и изучающее закономерные связи между живыми организмами, в т. ч. человеком, техногенными сооружениями и геологической средой. Функциональной единицей предлагается считать «геоэкологическую систему», включающую в себя: растительность, живые организмы, в том числе и человека, геологическую среду (косное и биокосное вещество) и техногенные и хозяйственные объекты, т.е. компоненты, взаимно влияющие друг на друга и необходимые для поддержания жизни на Земле.

К.И. Сычев (1991) [36] под геоэкологией понимает междисциплинарную и общепланетарную науку, изучающую в естественных и техногенно нарушенных природных условиях закономерные изменения в литосфере, происходящие под действием внутренних (эндогенных) сил Земли с внешним влиянием атмосферы, гидросферы, биосферы и техносферы, и воздействие этих изменений на все сферы окружающей среды, в первую очередь на биосферу. Главный объект науки геоэкологии – геоэкологические процессы. Этот вывод представляется дискуссионным, поскольку процесс не может быть объектом.

В.И. Осипов (1997) [31] под геоэкологией понимает междисциплинарную науку, изучающую неживое (абиотическое) вещество геосферных оболочек Земли как компоненту окружающей среды и минеральную основу биосферы. В центре внимания геоэкологии находится верхняя часть литосферы и процессы, происходящие в ней под влиянием

природных и техногенных факторов. Таким образом, объектом геоэкологии является неживое (косное и биокосное) вещество геосферных оболочек Земли (верхней части литосферы, педосферы, атмосферы, гидросферы). Предметом геоэкологии следует считать всю сумму знаний о геосферных оболочках и их изменениях под влиянием природных и техногенных факторов, как многокомпонентных, иерархично построенных динамических системах с многоступенчатыми процессами саморегулирования.

В.Т. Трофимов и др. (1996, 1997, 2019) [40, 43, 44] определяют геоэкологию, как междисциплинарную науку, изучающую состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно преобразованных экосистем высоких уровней организации. Она интегрирует все знания об экологических проблемах Земли и представляет собой триумвират из биологических, геологических и почвенно-географических наук, ставящих основной целью сохранение жизнеобеспечивающей среды и жизни на Земле. Объектом исследования геоэкологии являются природные и антропогенно нарушенные (преобразованные) экосистемы высокого уровней организации. Предметом исследования геоэкологии являются закономерности функционирования и эволюции естественных и антропогенных измененных экосистем высокого уровней организации.

В.Н.Быков (2000) [3, 4] определяет геоэкологию, как междисциплинарную науку, изучающую экологические функции геосферных оболочек Земли, закономерности их преобразования и сохранения жизнеобеспечивающих свойств среды. Геоэкология создает обобщенное знание на основе аналитической переработки результатов исследований медико-биологических, географических, геологических, почвоведческих и социально-экономических наук.

И.С. Копылов (2014) [20] на основе критического анализа всех этих и других взглядов считает, что для определения геоэкологии, более созвучны «геосферный или геонимический» подход, как междисциплинарной науки на основе системного анализа. В этом понимании геоэкология объединяет экологическую геологию и экологическую географию и находится на одной иерархической ступени с биоэкологией, социальной и промышленной (прикладной) экологией, с которыми тесно взаимодействует.

Таким образом, несмотря на многообразие мнений в настоящее время большинством ученых геоэкология рассматривается как междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов.

В настоящее время в российской науке можно считать общепринятым большинством ученых и специалистов определение геоэкологии, утвержденное Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для паспорта научной специальности ВАК 25.00.36 (1.6.21.):

**Геоэкология** – междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов,

физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов. Основной задачей геоэкологии является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды.

Характерно разнообразие мнений у разных исследователей в отношении соотношения между геоэкологией и экологической геологией. Как видно уже из приведенных определений геоэкологии, многие исследователи, считают ее междисциплинарной наукой, включающей в блок своих основных объектов и задач исследований геологическую и географическую часть. Из этого следует, и как отмечают В.Т. Трофимов, и Д.Г. Зилинг (1997) [43], что экологическая геология занимает более низкую иерархическую ступень по сравнению с геоэкологией и сопоставима с экологической географией (но не с экологическим почвоведением, т.к. это будет подструктурой экологической географии). Под «экологической геологией» предлагается понимать новое научное направление в геологии, изучающее верхние горизонты литосферы (включая подземные воды и газы) как одну из абиотических компонент экосистем высоких уровней организации. Ее предметное поле формируется на пересечении биологии и геологии, а собственно предметом исследования являются экологические функции приповерхностной части литосферы. Объект исследований – традиционные для геологических наук сферы Земли (литосфера и ее экологические свойства), а в системном плане – эколого-геологические системы (Трофимов, Зилинг, 1997) [43].

### **Основные объекты исследований эколого-геологических наук**

подавляющее большинство исследователей признают, что объектом исследований эколого-геологических наук является **геологическая среда** (ГС). Понятие «геологической среды» введено Е.М. Сергеевым (с позиции инженерной геологии), под которой понимались любые горные породы, которые слагают верхнюю часть литосферы и рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека (Сергеев, 1982) [35]. Однако в настоящее время существует много других определений и понятий геологической среды, которая рассматривается (с позиции геоэкологии), как составная часть экотопа, нообиогеоценозов и экосистем (А.Я. Гаев, Г.Н. Карпов (1999) [7]). В современном понимании геологическая среда – это часть геосфер, открытая многокомпонентная система, имеет вполне четкую верхнюю границу – поверхность рельефа и нижнюю непостоянную границу, которая зависит от многих факторов и в первую очередь – от характера техногенного воздействия. С позиции системного анализа, по Г.А. Голодковской и Ю.Б. Елисееву (1989) [9] геологическая среда является открытой системой и рассматривается только в совокупности с техносферой как природно-техническая система.

Таким образом, основным объектом изучения геоэкологии можно считать **геологическую среду** и функционирующие с ее участием природные и природно-техногенные экосистемы. Термин «геологическая среда» широко используется специалистами и учеными различных отраслей знаний. Существующие отличия его трактовки вытекают из различий в направлениях исследований, с одной стороны, и из традиций научных школ и субъективных взглядов конкретных лиц, с другой. В инженерной геологии геологическая среда рассматривается как верхняя часть разреза литосферы, в горнодобывающем и геологоразведочном деле – полностью связана с изучением и разработкой недр. Эти две трактовки объединяет то, что понятие «геологическая среда» тесно увязывается только с деятельностью человека. Анализ существующих понятий термина «геологическая среда» позволяет выявить два исторически сложившихся методологически разных направления или взгляда на этот сложный природный объект. Представители первого направления геологическую среду понимают в прямом (узком) смысле как среду по отношению к какому-либо объекту (техногенному или природному), именно в ней находящемуся (Г.А. Марков, Л. Мюллер, П.Н. Панюков, Е.М. Сергеев, Г.С. Вартамян, Г.Н. Кашковский и др.). Исследователи второго течения рассматривают геологическую среду как сложный объект природы, объективно существующий, независимо от деятельности людей (А.Д. Говард и И. Ремсон, Л.Д. Белый, Г.А. Голодковская, Л.В. Шаумян, В.Д. Ломтадзе, С.В. Клубов и Л.Л. Прозоров и др.). По мнению А.В. Мананкова (2010) [27], без учета всей долгой геологической истории, роли биоты, атмо- и гидросферы, а также человека невозможно получить достоверные сведения о современных качественных параметрах геологической среды. Анализ имеющихся формулировок различных авторов позволяет дать современную трактовку понятия «геологическая среда». Геологическая среда – это комплексная гетерофазная система биосферы, формирующаяся в результате геологически длительного взаимодействия земной коры с внутренними геосферами Земли, а также с гидросферой, атмосферой и живыми организмами. Она обеспечивает существование и эволюцию растительного, микробиологического и животного мира, включая человека [27].

Геологическая среда включает в себя почвы, горные породы, подземные воды, газы, органические вещества, находящиеся во взаимодействии; она характеризуется геологическими, геофизическими и геохимическими полями и находится под влиянием многообразных внешних, в том числе антропогенных нагрузок (М.В. Кочетков, Г.С. Вартамян, М.С. Голицын (1998) [24]). Некоторые исследователи к геологической среде относят компоненты, традиционно считающиеся частью географической среды – рельеф, ландшафты, почвы многолетнюю мерзлоту. С геологической средой тесно связаны компоненты других природных сред – атмосферного (приземного) воздуха, снежного и растительного покрова, поверхностных вод.

Все эти компоненты окружающей природной среды – геологической и географической сред можно объединить в одно понятие – **природно-геологическая среда (ПГС)**, которая может считаться основным объектом

геоэкологического изучения. При этом подчеркивается, что базовым компонентом природной среды является геологическая среда.

### **Научное содержание экологической геологии**

В рамках «экологической геологии» продолжается дискуссия о теоретической основе и основных проблемах этого научного направления. Так, В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг (2000) [41, 42] теоретическим базисом экологической геологии определяют учение об экологических функциях литосферы (при этом, к основным экологическим функциям литосферы относят ресурсную, геодинамическую и геофизико-геохимическую функции). А.Я. Гаев (1999) [8] отмечает, что объектом исследований эколого-геологических наук является геологическая среда, которая является составной частью экотопа, нообиогеоценозов и экосистем. В.А. Королев (2000) [22] считает исследование экологических функций литосферы (воздействие литосферы на экосистемы) псевдопроблемой, а действительно актуальные теоретические проблемы экологической геологии связаны с изучением воздействия человека через объекты техносферы на геологическую среду. Поэтому, объектом исследования экологической геологии должны являться эдафотопы вторичных (техногенных) биоценозов, испытывающие наиболее сильные техногенные воздействия, а предметом исследования – закономерности их изменения в зоне интенсивного техногенеза. Иную позицию занимает МПР России, где термин «геоэкология» понимается, как синоним «экологической геологии» (М.В. Кочетков и др. [33]). Вероятно такая же позиция у многих специалистов ВСЕГИНГЕО, а также у разработчиков методики по составлению «Эколого-геологической схемы» ВСЕГЕИ, поскольку основным картируемым элементом на эколого-геологических картах предложены ландшафты или геоморфологические элементы (Инструкция..., 1995; Требования..., 1990; Методические..., 1994; Камеральная..., 1999), [14, 15, 28, 37-39], хотя основным объектом исследований также считается геологическая среда.

Научное содержание *экологической геологии* наиболее полно разработано В.Т. Трофимовым и Д.Г. Зилингом (1997) [43], которые в ее структуре выделяют три основных раздела – 1) эколого-геологическое ресурсоведение, 2) экологическую геодинамику и 3) экологическую геохимию и геофизику. Кроме этого многими исследователями выделяются различные направления эколого-геологического содержания, как разделы дисциплин – экологическую гидрогеологию (гидрогеоэкологию), экологическую инженерную геологию, экологическую геоморфологию, экологическую неотектонику и др. Последнее направление было предложено Н.Н. Николаевым (1988) [29], как самостоятельный раздел неотектоники, рассматривающий ее, как геодинамику техногенных движений, обусловленных антропогенной деятельностью.

Н.И. Корчуганова (2007) [23] считает понятие «*экологическая неотектоника*» более широким и включает в него «изучение изменений

приповерхностных частей литосферы под влиянием, как техногенных воздействий, так и природных катастрофических и медленных геологических эндогенных и экзогенных процессов». Однако, последнее определение выходит за рамки неотектоники и отражает суть *экологической геодинамики* – науки, которая входит в состав экологической геологии и находится на стыке геоэкологии, инженерной геологии, современной и новейшей геодинамики. В предмет изучения экологической геодинамики необходимо добавить еще изучение влияния геодинамических процессов и их экологических последствий на биоту и человеческое сообщество.

### **Структура и научное содержание геоэкологии**

Вопрос по **структуре науки геоэкологии** остается открытым. С точки зрения **рационального природопользования и недропользования** интерес представляют следующие подходы к структуре и научному содержанию геоэкологии:

К.И. Сычев [36] подходя к геоэкологии как к комплексной науке выделяет в ее составе экогеохимию, гидрогеоэкологию, инженерную геоэкологию и криогеологию, экогеофизику, экогеодинамику, экогеоморфологию (рис. 1.1). Важным научным направлением автор считает выход геоэкологии на медико-биологическую информацию и медико-геоэкологическое картирование проявлений тех или иных заболеваний в корреляции с геоэкологическими условиями [43]. Однако, данная структура, по сути, не предполагает специальных теоретической и прикладной частей геоэкологии, а также региональной геоэкологии.

Л.Л. Розанов (2017) [33] справедливо выделяет в составе геоэкологии общую, глобальную, региональную, динамическую и прикладную геоэкологию. В составе двух последних разделов выделяет по несколько дисциплин (рис. 1.2). Схема оригинальна по содержанию. Вызывает сомнение включение некоторых разделов (например – «Направляемая геоэкология») и наименование некоторых разделов (например – «Производственная геоэкология»; лучше увязать геоэкологию с недропользованием). В центре данной схемы выделены «геологические процессы», что ограничивает ее функциональность – лучше было бы заменить их на «природные и техногенные процессы».

А.И. Семячков, К. Дребенштедт, А.Е. Воробьев (2012) [34] подразделяют геоэкологию на теоретическую и прикладную. По воздействию на биосферу подразделяют ее на геоэкологию природных процессов (экогеодинамика, экогеофизика и экогеохимия) и антропогенных процессов (рис. 1.3). Важным звеном в части действия антропогенных процессов, в разделе «Геоэкология недропользования» является выделение «Геоэкологии твердых полезных ископаемых», «Геоэкологии углеводородов» и «Гидрогеоэкологии». Геоэкология недропользования охватывает социально-экологические и правовые аспекты использования земных недр. Историческая геоэкология включает анализ изменения геологической

обстановки в истории Земли и ее влияния на биосферу. Прогностическая геоэкология, основанная на математических методах моделирования, решает задачу предсказания изменения геологической обстановки в будущем и ее влияния на биосферу. Геоэкология катастроф определяет меры по прогнозированию и предотвращению негативных явлений в биосфере в связи с катастрофическими литосферными процессами [34].



Рис. 1.1. Структура и научное содержание геоэкологии (по К.И. Сычеву, 1991) [36]





Рис. 1.2. Принципиальная модель структуры геоэкологии (по Л.Л. Розанову, 2017) [33]



Рис. 1.3. Основные разделы геоэкологии (по А.И.Семячкову, К.Дребеншtedту, А.Е.Воробьеву, 2012) [34]

Обобщенная модель структуры геоэкологии и ее компонентов приведена на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Обобщенная модель структуры геоэкологии

### Основные выводы

*Геоэкологические проблемы*, как правило, носят комплексный характер, требуют интеграции геологии, географии, почвоведения, геофизики, геохимии, горных наук в единую систему знаний о Земле, о ее *природно-геологической (геологической и географической) среде*.

*Геоэкология* – междисциплинарное научное направление, включающая в состав экологическую геологию и экологическую географию. Охватывая сведения о Земле, является не просто суммирующей, а обобщающей областью знаний. Она имеет свой объект и предмет исследований, которые не следует из теории какой-либо отдельной науки о Земле.

*Методологической основой геоэкологии* является системный подход и анализ компонентов природно-геологической среды [17-21].

*Основным объектом геоэкологических исследований* (при решении экологических задач недропользования) должна быть природно-геологическая среда (включает геологическую среду и отдельные компоненты географической среды в объеме, необходимом для оценки экологического состояния) в совокупности с техногенными комплексами и объектами.

*Предметом геоэкологии* являются эколого-геологические (эколого-геодинамические, эколого-геохимические, эколого-гидрогеологические) закономерности и формирование геоэкологических условий в результате естественного развития и воздействия техногенеза. Она изучает

информационное поле планеты (геосферу, биосферу, техносферу, социосферу, экосистемы и др.) в объеме, необходимом для оценки экологического состояния природно-геологической среды; моделирования и прогнозирования происходящих в ней процессов.

**Основными разделами геоэкологии** являются: теоретическая геоэкология, прикладная геоэкология, региональная геоэкология, геоэкология природных и антропогенных процессов (экогеодинамика, экогеофизика, экогеохимия, гидрогеоэкология, инженерная геоэкология), геоэкология недропользования (геоэкология нефтегазодобывающих регионов, геоэкология горнорудодобывающих регионов и др.), историческая геоэкология, прогностическая геоэкология, медицинская геоэкология, геоэкология катастроф.

**Важнейшей практической задачей** геоэкологии недропользования и регионального недропользования является информационное обеспечение для геологической и экологической безопасности регионов и рационального природопользования, недропользования и контроля с целью сохранения продуктивной природной среды для нынешних и будущих поколений людей [19, 20].

### **Библиографический список**

1. Базилевич А.И., Гребенчиков О.С., Тишков А.А. *Географические закономерности структуры и функционирования экосистем*. М.: Наука, 1986. 290 с.
2. Быков В.Н. *Функции литосферы // Геология Западного Урала на пороге XXI века: Мат. регион. научн. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 316-319.*
3. Быков В.Н. *Экологический приоритет в геологии XXI века // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Мат. регион. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. ун-т, 2000. С. 267-270.*
4. Быков В.Н. *Экология недропользования: Учеб. пособие: В 2 кн. / Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2000. Кн.1 –186 с., Кн.2 – 186 с.*
5. Вернадский В.И. *Биосфера и ноосфера*. – М.: Наука, 1989. 261 с.
6. Воронов Г.А., Манташев М.А. *К определениям и основным направлениям экологии // Геология Западного Урала на пороге XXI века: Мат. регион. научн. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 300-304.*
7. Гаев А.Я., Карпов Г.Н. *О месте экогеологии и геологии в естествознании // Геология Западного Урала на пороге XXI века. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 305-307.*
8. Гаев А.Я. *Об эколого-геологических науках и их месте в естествознании // Вестн. Перм. ун-та: Геология. Вып.3. Пермь. 1999. С. 257-270.*
9. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. *Геологическая среда промышленных регионов*. М.: Недра, 1989. 220 с.
10. Горшков С.П. *Эколого-географические основы охраны природы*. М.: Изд-во МГУ, 1992. 124 с.
11. Девяткова С.Б., Сарапульцева Г.В. *Оценка природно-географических условий отдыха на территории Пермской области // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 1988. С. 27-41.*
12. Двинских С.А., Зуева Т.В. *Экологические проблемы городских территорий (на примере г.Березники) // География и регион. XI. Природопользование и экологический мониторинг. Пермь: Перм. ун-т, 2002. С. 17-23.*
13. Двинских С.А., Черных Е.А. *Системно-географический подход к водоохраным проблемам Нечерноземного Урала // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т. 1988. С. 12-24.*
14. *Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (Роскомнедра)*. М.: ВСЕГЕИ, 1995.

244 с.

15. Камеральная обработка материалов геологосъемочных работ масштаба 1:200000. Методические рекомендации. Вып. 2. / А.И.Бурдэ, В.С.Антипин, В.И.Бергер и др. – СПб. (МПР, ВСЕГЕИ). Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. 384 с.

16. Козловский Е.А. Геоэкология – новое научное направление. Геоэкологические исследования в СССР. Доклады советских геологов. //Межд. Геол. конгресс. XXVIII сессия. М., 1989. С. 9-19.

17. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.

18. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2013. 166 с.

19. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. 2011. № 8 (23). С. 126-129.

20. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.

21. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.

22. Королев В.А. Актуальные теоретические проблемы экологической геологии // Международная конференция «Экологическая геология и рациональное недропользование». СПб.: Изд-во С.Пб ун-та, 2000. С. 25-26.

23. Корчуганова Н.И. Новейшая тектоника с основами современной геодинамики. Методическое руководство. М.: Геокарт: ГЕОС, 2007. 354 с.

24. Кочетков М.В., Вартамян Г.С., Голицын М.С. Концепция геоэкологического картографирования. // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 7-10.

25. Кочетков М.В., В.А.Грабовников, Л.В.Леоненко. Современное состояние геоэкологического картографирования в России. // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 10-14.

26. Круть И.В. Введение в общую теорию Земли. Уровни организации геосистем. М.: Мысль, 1978. 367 с.

27. Мананков А.В. Геоэкология. Промышленная экология: учеб. Пособие. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. 204 с.

28. Методические указания по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:1 000 000-500 000 / В.Н.Островский, Л.А.Островский, Р.К.Шахнова. М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. 27 с.

29. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491с.

30. Одум Ю. Основы экологии /Пер. с 3-го англ. изд. Под ред. Н.П.Наумова. М.: Мир, 1975. 740 с.

31. Осипов В.И. Геоэкология: понятие, задачи, приоритеты //Геоэкология. 1997. № 1. С.3-11.

32. Реймерс Н.Ф. Экология. М.: Россия, 1994. 367 с.

33. Розанов Л.Л. Прикладная геоэкология: потенциальный спецкурс // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2017. № 1. С. 85-89.

34. Семячков А.И., Дребенштедт К., Воробьев А.Е. Геоэкология. Учеб. пособ. для высш. учеб. завед. горно-географического профиля / Под ред. ак. РАН В.Н.Большакова, ак. РАН А.И.Татаркина. Екатеринбург: Уральский гос. горный ун-т., 2012. 289 с.

35. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 384 с.

36. Сычев К.И. Научное содержание и основные направления геоэкологии // Разведка и охрана недр. 1991. № 11. С. 2-6.

37. 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.

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

39. Требования к гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 в комплексе с эколого-геологическими исследованиями и картографированием /Л.А.Островский, В.Н.Островский, Н.В.Бастракова и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1995. 30 с.

40. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Геоэкология, экологическая геология и инженерная геология -

соотношение содержания, объектов, предметов и задач // *Геоэкология*. 1996. № 6. С. 43-54.

41. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Теоретико-методические основы экологической геологии // *Экологическая геология и рациональное недропользование: мат. межд. конф.* СПб.: Изд-во С.Пб ун-та, 2000. С. 9-10.

42. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Учение об экологических функциях литосферы – теоретический базис экологической геологии // *Экологическая геология и рациональное недропользование: мат. межд. конф.* СПб.: Изд-во С.Пб ун-та, 2000. С.10-12.

43. 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.

44. Трофимов В.Т., Королев В.А., Харьковина М.А. О содержании экологической геологии - новой дисциплины, обязательной для преподавания геологам в классических университетах // В сборнике: *Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVII Геологического съезда Республики Коми*. 2019. С. 433-435.

45. Федоров В.Д., Гильмонов Т.Г. Экология. М.: Изд-во МГУ, 1980. 464 с.

46. Фролов Н.М. Концепция геоэкологической картографии как системы. // *Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос науч.-практич конф. Ч. I.* – М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С.18-20.

47. Фролов Н.М. Методологическая концепция интеграции наук о земле в системе «Геоэкология» // *Геоэкология: проблемы и решения. Ч. I. Общие проблемы геоэкологии. Тез. докл. и сообщ. Всес. науч.-тех. конф. М: ВСЕГИНГЕО, 1991. С.6-9.*

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ MODERN PROBLEMS OF GEOECOLOGY

---

УДК: 314.04+314.8

**Н.А. Алексашкин, С.Н. Гладких**

Новгородский государственный университет имени  
Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия

## **РАЗРУШЕНИЕ СЕМЬИ И УГРОЗА ВЫМИРАНИЯ РОССИИ**

*В статье анализируется демографическая ситуация в России. Приведены исторические события, которые легли в основу будущего демографического кризиса в России. Определены причины разрушения института семьи, его основные факторы. Проанализирована рождаемость и смертность за последние 70 лет. Представлены статистические сведения браков и разводов, результаты социологического исследования среди молодых людей в возрасте 20-30 лет по выявлению причин разрушения института семьи, ухудшения демографической ситуации в России. На основе теоретических и социологических исследований предложены пути решения демографического кризиса.*

*Ключевые слова: институт семьи, демографическая политика, демографический кризис, семья, браки и разводы, старение, вымирание.*

**N.A. Aleksashkin, S.N. Gladkikh**

Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

## **THE DESTRUCTION OF THE FAMILY AND THE THREAT OF EXTINCTION OF RUSSIA**

*The article analyzes the demographic situation in Russia. The historical events that formed the basis of the future demographic crisis in Russia are given. The reasons for the destruction of the institution of the family are determined, the main factors of the institution of the family are given. The birth rate and mortality over the past 70 years have been analyzed. The article presents statistical data on marriages and divorces, the results of a sociological study among young people aged 20-30 years to identify the causes of the destruction of the institution of the family, the deterioration of the demographic situation in Russia. On the basis of theoretical and sociological research, the ways of solving the demographic crisis are proposed.*

*Keywords: family institution, demographic policy, demographic crisis, family, marriages and divorces, aging, extinction.*

### **Введение**

Основное условие существования страны – крепкая семья. Однако в нашей стране происходит разрушение семейных и национальных традиций, сокращение рождаемости [6]. Об этом свидетельствуют и статистические сведения о заключенных браках и разводах [9].

Демографическая обстановка – одна из важных проблем и забот для любого государства. Каждой стране мира необходимо развиваться и процветать, становится богаче, или же встать на путь деградации и перестать существовать.

За благополучным существованием каждого государства стоят люди: строят города, изобретают уникальные механизмы, растят детей и формируют население страны. По словам английского писателя Эрика Линклэйтера: «если бы люди могли выбирать, где им рождаться, некоторые страны совершенно бы обезлюдели». Именно поэтому ученые и политики должны пристально следить за развитием демографической обстановки – от этого зависит будущее государства.

В современной России происходит неуклонное убывание численности населения. Такое происходило и раньше, но было связано с массовым голодом, революцией, Гражданской войной, Великой Отечественной войной.

Советские семейные ценности и поддержка семей помогала держать ситуацию в какой-то степени нормальной до определенного времени (80-90 годы). Но потом произошел развал Советского союза, большой экономический кризис в 90-е, кризис 2008 года, Пандемия Ковид-19, которая длится до сих пор. Из-за всех этих событий рождаемость в нашей стране становилась все меньше, а смертность все больше [1, 5].

### **Цели и задачи**

Демографическая ситуация - важный фактор существования и развития любого государства и народа. Именно поэтому он всегда актуален для ученых, политиков и простых граждан государств. Россия – не исключение. Цель нашего исследования - проанализировать особенности демографического кризиса в России, причины разрушения института семьи. Задача исследования - выявить причины демографического кризиса в России и на основе исследований предложить пути его решения.

### **Теория**

В конце 19 - начале 20 века в России – самый высокий уровень рождаемости из всех стран Европы, так как основным населением страны являлись крестьяне, в семьях которых практически всегда было большое количество детей (в среднем 7), которые вырастали и заводили свои крестьянские семьи. Рождаемость превышала смертность, страна разрасталась и процветала. Но ряд событий XX века негативно повлиял на эту ситуацию.

В первой мировой и гражданской войне (1915-1922 гг.) наша республика потеряла 12 млн. человек (или 13 % численности населения). Сталинские репрессии (1930-1936 гг.) унесли около 5 млн. (5 %). В годы Великой Отечественной и Второй мировой войне погибло более 21 млн. человек (19%). Однако это только прямые потери, то есть убитые солдаты и погибшие мирные жители. Все эти люди не смогли обеспечить потомство для нашей страны, а это значит, что с учетом косвенных потерь данные значительно изменятся: они составят соответственно 18,6 млн., 6,5 млн. и 24,5 млн. человек. Эти данные

далеко не самые точные, т.к. большое количество информации либо не сохранилось, либо утеряно, либо вообще нигде не фиксировалось. Эти события легли в основу будущего демографического кризиса [3].

В таблице 1 приведены данные о смертности и рождаемости в РФ за последние 70 лет [8].

Таблица 1

Развитие демографической обстановки в Российской Федерации 1950 - 2019

Годы	Всего человек			На 1000 человек населения		
	Родившихся	Умерших	Естественный прирост	Родившихся	Умерших	Естественный прирост
1950	2745997	1031010	1714987	26,9	10,1	16,8
1960	2782353	886050	1896263	23,2	7,4	15,8
1970	1903713	1131183	772530	14,6	8,7	5,9
1980	2202779	1525755	677024	15,9	11,0	4,9
1990	1988858	1655993	332865	13,4	11,2	2,2
1995	1363806	2203811	-840005	9,3	15,0	-5,7
2000	1266800	2225332	-958532	8,7	15,3	-6,6
2001	1311604	2254856	-943252	9,0	15,6	-6,6
2002	1396957	2332272	-935305	9,7	16,2	-6,5
2003	1477301	2365826	-888525	10,2	16,4	-6,2
2004	1502477	2295402	-792925	10,4	15,9	-5,5
2005	1457376	2303935	-846559	10,3	16,1	-5,9
2006	1479637	2166703	-687066	11,3	15,1	-4,8
2007	1610122	2080445	-470323	12,0	14,6	-3,3
2008	1713947	2075954	-362007	12,3	14,5	-2,5
2009	1761687	2010543	-248856	12,5	14,1	-1,8
2010	1788948	2028516	-239568	12,6	14,2	-1,7

По этим данным можно сделать вывод – ситуация с демографическим положением в РФ за последние 70 лет стабильно ухудшается и на данный момент остается неблагоприятной, а значит, нашей стране угрожает вымирание.

Важная особенность современности – сокращение численности населения и его старение [4].

Чтобы сохранить численность населения хотя бы на одном уровне, необходим суммарный коэффициент рождаемости - около 2 рождений на женщину в течение жизни. Тут все просто – двое родителей должны воспроизвести потомство равное своему количеству. Если этот коэффициент больше 2 – значит, население страны увеличивается, если же меньше – уменьшается, и наступает демографический кризис – ситуация, когда смертность превышает рождаемость.

Колоссальный вклад в преждевременную смертность в России вносят курение и алкоголизм, ибо табак и алкоголь приводят не только к импотенции, но и к сердечно-сосудистым заболеваниям, которые являются основной причиной преждевременной смертности русских мужчин. Поэтому необходимо информировать людей о конкретном вреде табака и алкоголя. Ещё сильнее



увеличивает смертность наркоторговля, которую надо запретить под страхом смертной казни. Что касается низкой рождаемости, то русские семьи разрушаются по причине несерьезности отношений и девальвации семейных ценностей [7].

По мнению социолога Анатолия Антонова «в России низкая и сверхнизкая рождаемость. Люди вступают в брак все позже, и две трети российских семей имеют или хотят иметь только одного ребенка. Все это происходит из-за антисемейной направленности современной цивилизации. 70 % нынешних семей – это однодетная и многоразводная имитация семейности» [2].

Ужасающие цифры. В 2020 году было зарегистрировано всего 770 857 браков и это абсолютный отрицательный рекорд, начиная с послевоенного времени. Количество разводов за этот же год составило 564704. Даже в 90-е количество свадеб в стране превышало за миллион [9].

Статистика разводов пугающая. По данным федеральной службы государственной статистики их было: в 1950 году 4%, в 1990 году 42%, в 1995 году 62%, в 2000 году 70%, в 2001 году 76%, в 2002 году 84%, в 2003 году 73%, в 2004 году 65%, в 2005 году 57%, в 2006 году 58%, в 2007 году 54%, в 2008 году 60%, в 2009 году 58%, в 2010 году 53%, в 2011 году 51%, в 2012 году 53%, в 2013 году 55%, в 2014 году 57%, в 2015 году 53%, в 2016 году 62%, в 2017 году 58%, в 2018 году 65%, в 2019 году 58%.

Таким образом, идет разрушение института семьи. Автором [9] определены 4 важнейших фактора института семьи:

- Комфорт для всех членов семьи;
- Большое количество детей в семье;
- Хорошее здоровье детей;
- Эффективное обучение детей.

По мнению авторов [5], во избежание дальнейшего развития кризиса, необходимо решить главную задачу демографической политики России - семья должна иметь 3-4 ребенка. Государственная политика помощи государства должна быть направлена именно на такие семьи.

На данный момент можно наблюдать следующие тенденции развития семей:

- сокращение ведущих позиций семьи в социализации индивидов;
- изменение положения женщины в семье, обусловленное ростом её авторитета в обществе;
- сокращение числа патриархальных семей;
- развитие семьи партнёрского типа;
- разрушение многопоколенной семьи, преобладание нуклеарной семьи;
- рост количества так называемых гражданских браков;
- рост количества разводов, повторных браков, неполных семей, числа брошенных детей;
- замена традиционных ролей, которые играли муж и жена;
- снижение ценности семьи с детьми, единства всех семейных поколений;

- усиливается девиантное поведение в семье - злоупотребление алкоголем и наркотиками, семейное насилие;

- семья перестаёт зависеть от социальных норм и санкций (законы, нравы, обычаи, общественное мнение, традиции, ритуалы) и всё больше зависит от межличностных отношений, взаимной привязанности, взаимопонимания.

Эти тенденции, также, как и низкие доходы, демотивируют молодежь заводить полноценные семьи и давать будущее потомство, а соответственно способствуют вымиранию России [1, 3, 5].

### **Результаты исследования**

Для выявления мнений молодых людей, по интересующему нас кругу вопросов была составлена анкета и проведены социологические исследования. Все вопросы были закрытого типа, то есть с готовыми вариантами ответов. Проведенные социологические интернет-исследования и опрос студентов Новгородского государственного университета позволили определить и оценить отношение респондентов к демографической ситуации России.

Было опрошено более 1000 молодых людей в возрасте от 20 до 30 лет, не состоящих в браке и не имеющих детей с целью понять, что мешает улучшению демографической ситуации на данный момент.

Выяснилось, что 43 % опрошенных не заводят детей по причине бедности. Большие ставки по кредитам на жилье, низкие зарплаты, отсутствие достойной работы не позволяют достойно содержать будущее потомство.

34 % опрошенных не желает заводить семью, так как считает это не модным и неприятным.

10 % опрошенных считают, что государственной поддержки недостаточно для содержания будущей молодой семьи.

3 % – боятся пандемии, остальные – ссылаются на прочие причины (например, здоровье, или личные обстоятельства).

### **Заключение**

Исходя из проведенного исследования, можно сделать следующие выводы: улучшению демографической ситуации в России препятствует низкая доходность населения и сменившиеся моральные ценности.

Для решения проблемы демографического кризиса в России, на наш взгляд, нужно разработать меры государственного стимулирования рождаемости и предотвращения смертности, увеличить государственную поддержку для молодых семей, организовать доступное жилье, льготные условия кредитования, рабочие места.

Как только у населения появится возможность достойно содержать свое потомство, демографическая ситуация начнет меняться в лучшую сторону.

Также необходимо грамотно воспитывать будущую молодежь, прививая с детства им здоровые моральные ценности, акцентируя внимание на том, что семья – это главное в жизни любого человека.

Если наше государство будет грамотно работать с молодыми семьями, давая им все необходимое для устойчивого развития, то демографическая

ситуация в РФ изменится в лучшую сторону, рождаемость превысит смертность, и нашу страну будет ждать счастливое будущее.

### **Библиографический список**

1. Аганбегян А.Г. Демографическая драма на пути перспективного развития России // *Народонаселение*. 2017. №3(77). С.4-23.

2. Антонов А. О демографическом кризисе и кризисе семьи 18.05.2019. URL:<https://realnoevremya.ru/articles/139418-anatoliy-antonov-o-demograficheskom-krizise-i-krizise-semi> (дата обращения 6.11.2021).

3. Демографические катастрофы XX века-Российская Федерация. URL:<http://russiafederation.ru/demograficheskie-katastrofy-xx-veka/> (дата обращения 6.11.2021).

4. Доброхлеб В.Г. Старение населения России: региональный аспект // *Вопросы территориального развития*. 2018. №4(44). С. 4-6.

5. Соболева С.В., Смирнова Н.Е., Чудаева О.В. Демографическая ситуация в России: настоящее и будущее // *Мир новой экономики*. 2016. №10(3). С.106-115. 6.Стариков Н. Современные угрозы существованию семьи 25.06.2017. URL:<https://nstarikov.ru/sovremennye-ugrozy-sushhestvovaniyu-semi-82116> (дата обращения 7.11.2021).

7. Решение демографической катастрофы в России, низкой рождаемости в русских семьях. URL: <https://maxpark.com/user/2525755885/content/550558> (дата обращения 7.11.2021).

8. Рождаемость. Росстат: коэффициент, данные по годам, городам. URL: <https://rosinfostat.ru/rozhdmost/> (дата обращения 6.11 2021).

9. Эпоха вымирания России. URL: <http://новости-россии.ru-an.info/новости/эпоха-вымирания-россии-росстат-сообщил-о-развале-института-семьи/> (дата обращения 7.11.2021).

**С.Н. Гладких, Н.Н. Семчук**  
Новгородский государственный университет имени  
Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНООБМЕННОГО ПОЛИМЕРА ЭО-7 ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОКИСЛЕННОГО ХЛОРИСТОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЖЕЛЕЗНЕНИЯ**

*Регенерация растворов и электролитов - кардинальный путь к решению экологических проблем гальванического производства, позволяющая значительно уменьшить или полностью исключить сброс стоков в очистные сооружения, а затем и в водоемы. Качество гальванического железнения, которое широко используется при восстановлении изношенных деталей, ухудшается с накоплением в электролите ионов  $Fe^{3+}$ . Представлены основные методы проведения процессов регенерации электролита железнения. Предложен способ регенерации хлористых электролитов железнения с применением электронообменного полимера ЭО-7, который позволяет за счет восстановления ионов  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$  значительно повысить качество гальванопокрытий, увеличить срок службы электролита, улучшить экологическую обстановку.*

*Ключевые слова: железнение, электронообменный полимер ЭО-7, хлористый электролит, регенерация.*

**S.N. Gladkikh, N.N. Semchuk**  
Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

## **ON THE POSSIBILITY OF USING THE ELECTRON-EXCHANGE POLYMER EO-7 FOR THE REGENERATION OF OXIDIZED FERRUGINOUS CHLORIDE ELECTROLYTE**

*Regeneration of solutions and electrolytes is a cardinal way to solve the environmental problems of electroplating production, which makes it possible to significantly reduce or completely eliminate the discharge of wastewater into treatment facilities, and then into reservoirs. The quality of galvanic iron plating, which is widely used in the restoration of worn parts, deteriorates with the accumulation of  $Fe^{3+}$  ions in the electrolyte. The main methods of carrying out the processes of electrolyte regeneration of iron are presented. A method of regeneration of ferruginous chloride electrolytes using an electron-exchange polymer EO-7 is proposed, which allows, due to the reduction of  $Fe^{3+}$  ions to  $Fe^{2+}$ , to significantly improve the quality of electroplating, increase the service life of the electrolyte, and improve the environmental situation.*

*Keywords: ferruginization, electron-exchange polymer EO-7, chloride electrolyte, recovery.*

### **Введение**

Восстановление изношенных деталей служит снижению потребления природных ресурсов и обеспечению работоспособности подвижного состава и производственного оборудования. Более 65 % деталей машин, поступающих в ремонт, целесообразно восстанавливать электрохимическими покрытиями.

Можно применять железнение, хромирование, цинкование, меднение. В ремонтном производстве нашли распространение в основном железнение и хромирование. В виду того, что хромирование имеет низкую производительность, высокую стоимость, требует применения дефицитных материалов, предпочтение при восстановлении деталей отдается железнению [1, 2].

Один из немногих недостатков железнения – чувствительность осадков к изменению состава электролита. Поэтому необходимо постоянно следить за его составом.

Регенерация позволяет восстанавливать работоспособность электролитов и растворов и многократно их использовать.

### **Цели и задачи**

Наибольшее распространение при железнении получили хлористые электролиты.

На стабильность процесса и однородность свойств получаемых покрытий влияет его устойчивость к окислению, образованию гидроокиси. Образование гидроокиси в прикатодном слое оказывает крайне неблагоприятное воздействие на качество покрытий. Решающее влияние на процесс гидратообразования оказывает присутствие в электролите ионов  $Fe^{3+}$  [1, 3].

Цель нашего исследования - выявить качественные и количественные зависимости восстановления  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$  в хлористом электролите железнения в зависимости от исходной концентрации  $Fe^{3+}$ , температуры электролита и времени контакта электролита с электронообменным полимером. На основании полученных результатов разработать способ регенерация электролита с использованием электронообменного полимера ЭО-7, заключающийся в избавлении от ионов трехвалентного железа.

### **Теория**

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что продолжительность использования электролита железнения, качество покрытий зависят от наличия в нем ионов  $Fe^{3+}$ . Поэтому, регенерация электролита должна предусматривать, прежде всего, избавление от ионов трехвалентного железа [1-4].

Постоянство концентрации соли железа в электролите железнения - основное условие получения качественных покрытий электролитического железа с постоянными свойствами. Поэтому электролиты железнения должны быть стабильными по составу. Однако в процессе электролиза концентрация железа в электролите изменяется и, как правило, в сторону увеличения.

Известно, что ионы  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  могут находиться в растворе хлористого железа в любом соотношении концентраций, не взаимодействуя друг с другом. Но при наличии восстанавливающего агента, трехвалентный ион вступает в реакцию с ним, стремясь к наиболее устойчивой степени окисления, то есть к двухвалентному состоянию  $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ .

Наличие в электролите железа только в виде ионов  $Fe^{2+}$  обеспечило бы

наилучшие условия для осаждения железа, так как присутствие  $Fe^{3+}$  уменьшает выход по току и ухудшает качество покрытия [2]. Однако равновесие в системе нарушается процессами окисления ионов  $Fe^{2+}$  кислородом воздуха, диффундирующим в электролит через поверхность раздела воздух-жидкость (зеркало ванны). Окисление происходит во всем объеме электролита.

Присутствие в электролите даже незначительного количества ионов  $Fe^{3+}$ , способствует образованию гидроокиси в довольно кислой среде ( $pH_{20} = 1,5...1,6$ ). Однако, сведения о допустимой концентрации ионов  $Fe^{3+}$  в электролите, весьма разноречивы. По мнению одних авторов она не должна превышать  $2 \text{ г/дм}^3$  [2], других- $3...4 \text{ г/дм}^3$  [4]. Указываются также величины не более  $0,5...1 \text{ г/дм}^3$  [1].

Для предупреждения гидратообразования необходим определенный минимум кислоты.

В горячих электролитах, температура которых  $80^\circ\text{C}...100^\circ\text{C}$  и выше, значение рН составляет  $1...2$ . Для того, чтобы поддерживать такую кислотность, необходимо постоянно добавлять в электролит необходимое количество кислоты.

Холодные и теплые электролиты, температура которых не более  $40^\circ\text{C}...50^\circ\text{C}$ , работают при  $pH > 2$ . В такие электролиты, для придания буферных свойств и предохранения от окисления добавляют следующие химические вещества: сернокислые соли марганца, алюминия, калия, аммония, бикарбонат натрия, хлористый алюминий, а также кислоты: аминокусусная (гликокол), аскорбиновая, щавелевая, лимонная, муравьиная, борная, уксусная или их соли [2-4].

Общими недостатками вышеперечисленных методов предохранения электролита от образования ионов  $Fe^{3+}$  является применение химических веществ, многие из которых являются вредными, а также необходимость постоянного контроля и корректировки электролита по данным веществам.

Кроме того, введение в раствор различных добавок, осадителей, окислителей или восстановителей усложняет состав электролита, часто приводит к недопустимому изменению рН раствора и его концентрации.

Наиболее распространенным способом восстановления (регенерации)  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$ , является в настоящее время проработка электролита током, длительность которой может достигать 10 часов и более (в зависимости от концентрации  $Fe^{3+}$  в электролите), что приводит к непроизводительным затратам рабочего времени, перерасходу электроэнергии, материалов анодов и соляной кислоты на  $15...20 \%$ , вызывает интенсивное выделение в окружающую среду вредных веществ, что способствует ухудшению условий и безопасности труда обслуживающего персонала [2, 4, 6-10].

Проработка ведется при повышенной плотности тока  $D_k = 30...40 \text{ А/дм}^2$ , увеличенной площади анодов  $S_a: S_k = 8...10:1$  и повышенной кислотности электролита. Анодами и катодами служат стержни (пластины) из малоуглеродистой стали. Аноды опускают в чехлы из стеклоткани. Аноды и анодные чехлы приходится через каждые  $1...2$  часа работы ванны очищать от шлама стальной щеткой и промывать водой [2, 4].

В данном случае восстанавливающим агентом является металлическое железо, с которым реагирует трехвалентный ион  $Fe^{3+}$ , восстанавливаясь до  $Fe^{2+}$ .

### Результаты исследования

Принято считать, что ионы  $Fe^{3+}$  накапливаются в электролите в перерывах между сменами или при длительной остановке ванны. Однако, как показали наши исследования, процесс окисления электролита не прекращается и в процессе электролиза.

Нами были проведены исследования для стационарной ванны на одном из гальванических участков ремонтно-механического завода на горячем электролите ( $70^{\circ}C \dots 80^{\circ}C$ ) с концентрацией хлористого электролита  $400 \text{ г/дм}^3$ , содержанием соляной кислоты  $2 \text{ г/дм}^3$  при плотности тока  $40 \text{ А / дм}^2$ .

В процессе исследования определялась кинетика накопления ионов  $Fe^{3+}$  и их влияние на качество покрытия. Содержание ионов  $Fe^{3+}$  в электролите определялось по методике, изложенной в [5].

Критерием оценки качества покрытия служила прочность сцепления покрытия с поверхностью детали. Измерителями оценки качества сцепления служили: шелушение, вспучивание, отслаивание при ударе.

Наши исследования показали, что за смену количество ионов  $Fe^{3+}$  в электролите увеличивается от  $0,2 \dots 0,4 \text{ г/дм}^3$  в начале смены, до  $1,6 \dots 2,0 \text{ г/дм}^3$  в конце. При этом число бракованных деталей составляет соответственно  $2 \dots 5 \%$  в начале смены, и  $30 \dots 45 \%$  - в конце.

Авторами была исследована возможность регенерации окисленного хлористого электролита железнения с использованием электронообменного полимера ЭО-7, который представляет собой продукт поликонденсации сульфированных гидрохинона и фенола с формальдегидом. Он не токсичен, не горюч, не взрывоопасен и имеет ряд достоинств: возможность ведения реакции без введения в систему загрязняющих примесей; селективность процесса, которая основана на постоянстве окислительно-восстановительного потенциала полимера; химическая стойкость и воспроизводимость окислительно-восстановительной емкости полимера из цикла в цикл.

Было получено уравнение регрессии (1):

$$\varepsilon = 0,732 + 0,0067T + 0,006825 t - 0,01915 C_o - 0,29 R_o - 0,77 a/v, \quad (1)$$

где,

$\varepsilon$  - эффективность восстановления ионов  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$ , %;

$T$  - температура электролита,  $^{\circ}C$ ;

$t$  - время контакта электролита с полимером, мин;

$C_o$  - исходная концентрация  $Fe^{3+}$  в электролите, г/л;

$R_o$  - размер гранул, мм;

$a/v$  - отношение количества  $Fe^{3+}$  в электролите к восстановительной емкости определенной навески полимера, г/г.

Уравнение(1) показывает, что при увеличении продолжительности

контакта и температуры в пределах изученных величин эффект восстановления повышается, в то время как при увеличении исходного содержания железа, соотношения: количество ионов трехвалентного железа / восстановительная емкость полимера и размеров его гранул – снижается.

Полученные данные позволили разработать способ регенерации хлористых электролитов железнения и установку для ее осуществления, которую можно использовать также для его приготовления.

Регенерации электролита происходит при непрерывной циркуляции в системе ванна-регенерируемая установка, что увеличивает срок службы электролита, сокращает количество химикатов, используемых для корректировки и приготовления свежего электролита, для обезвреживания залповых сбросов.

### **Заключение**

Выявлены качественные и количественные зависимости восстановления  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$  в хлористом электролите железнения в зависимости от исходной концентрации  $Fe^{3+}$ , температуры электролита и времени контакта электролита с электронообменным полимером.

Разработан эффективный способ регенерации окисленных хлористых электролитов железнения с использованием электронообменного полимера ЭО-7, который позволяет повысить качество гальванопокрытий, снизить затраты электроэнергии и материалов, улучшить условия труда, снизить загрязнение водного и воздушного бассейна вредными выбросами.

### **Библиографический список**

1. Маслов Н.Н. Эффективность и качество ремонта автомобилей. М.: Транспорт, 1981. 304 с.
2. Мелков М.П., Швецов А.Н., Мелкова И.М. Восстановление автомобильных деталей твердым железом. М.: Транспорт, 1982. 198 с.
3. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия, 1979. 352 с.
4. Эпштейн А.А., А. С. Фрейдлин А.С. Восстановление деталей машин холодным гальваническим железнением. Киев: Техника, 1981. 120 с.
5. Гальванотехника. Справочник // Под ред. А.М. Гинзбурга. М.: Металлургия, 1987. 736 с.
6. Гладких С.Н. Снижение загрязненности водного и воздушного бассейнов выбросами гальванического производства // Экологи и жизнь (наука, образование, культура). Великий Новгород: Изд-во НовГУ, 2015. Вып.4. 136с.
7. Гладких С.Н. Регенерация электролитов гальванического производства как один из путей нормализации экологической обстановки водоемов // В сборнике науч. трудов по итогам XXVII междунар. науч.- практ. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь» посвященной 85-й годовщине создания гражданской обороны и 25-летию со дня образования Академии. Секция № 15 «Техносферные загрязнители и их идентификация в объектах окружающей среды» 16 марта 2017 года. М. Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2017. С.17-19.
8. Гладких С.Н. Регенерация растворов и электролитов - кардинальный путь к решению экологических проблем // Безопасность жизнедеятельности. 2021. №8. С.25-28.
9. Гладких С.Н. Регенерация электролитов гальванического производства как один из



*путей нормализации экологической обстановки // В сборнике науч. трудов по итогам 16-й межд. науч-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности 27 апреля 2018. Комсомольск-на-Амуре «Дальневосточная Весна-2018» Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. С.126-128.*

*10. Минаев Д.В., Синев А.Е., Филатова Е.Г. Регенерация концентрированных электролитов гальванопроизводства // В сборнике науч. трудов по итогам межд. науч-практ. конф. 10 октября 2015. Волгоград: Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития, Волгоград. 2015. С.195-196.*

## БАТРАХОФАУНА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ ЧУСОВСКОГО РАЙОНА

*Рассматривается экология и морфология земноводных, обитающих в искусственных водоемах Чусовского района Пермского края. Приводится описание выбранных биотопов, на территории которых проходит изучение и отлов амфибий. Даются сведения о половом составе, о динамике относительной численности и относительной плотности встреченных особей. Представлены результаты измерений морфометрических признаков и величины морфологических индексов пойманных особей в 2020 и 2021 гг.*

*Ключевые термины: батрахофауна, видовой состав, серая жаба *Bufo bufo*, искусственные водоемы, Чусовской район Пермского края.*

D.D. Zhuykova

Perm State University, Perm, Russia

## BATRACHOFAUNA OF ARTIFICIAL RESERVOIRS OF THE CHUSOVSKY DISTRICT

*The ecology and morphology of amphibians living in artificial reservoirs of the Chusovsky district of the Perm Krai are considered. The description of the selected biotopes, on the territory of which the study and capture of amphibians takes place, is given. Information is given about the sexual composition, the dynamics of the relative number and relative density of the individuals encountered. The results of measurements of morphometric features and the value of morphological indices of captured individuals in 2020 and 2021 are presented.*

*Key terms: batrachofauna, species composition, gray toad *Bufo bufo*, artificial reservoirs, Chusovsky district of the Perm Krai.*

### Введение

В настоящее время развития биологии как науки очевидно значение амфибий в экосистемах, а также их роль в процессе видоизменений и пространственного перемещения вещества и энергии, а также ценность этой группы животных с медицинской, биологической и хозяйственной точек зрения. Также жизнь земноводных заслуживает внимания прежде всего потому, что они занимают особое место в истории развития наземных позвоночных, будучи первыми и наиболее примитивными обитателями суши.

Современные амфибии группируются на три отряда: безногие (*Gymnophiona*, или *Apoda*), хвостатые (*Caudata*) и бесхвостые (*Anura*). Первый отряд (163 вида, 33 рода, 6 семейств) распространен преимущественно в тропических районах земного шара. Два других отряда заселяют более обширные территории и представлены в фауне бывшего СССР и России. Фауна России включает 28 видов из 9 родов и 8 семейств.

Это примерно ровно 0,6%, 2% и 20% от мировой фауны и 70%, 75% и 100% от фауны бывшего СССР, соответственно. Известны более 4500 видов амфибий, объединяемых в 430 родов и 41 семейство. Однако каждый год ученые находят десятки новых видов [1].

На территории Пермского края батрахофауна включает 9 видов амфибий [1]. Хвостатые амфибии, как углозубые так и салмандровые, населяют всю равнинную территорию края, бесхвостые занимают все 100% площади за счет повсеместного распространения лягушек, в то время как жабы избегают округа средневысотных гор, а представительница аномосцельных чесночница обитает лишь в южной части региона. Наиболее благополучными в регионе выглядят лесные виды. Прочие либо редки (например, лесолуговая чесночница), либо населяют лишь небольшую часть области (лугово-степная озерная лягушка и степная зеленая жаба). Углозуб, обыкновенный тритон, серая жаба, травяная и остромордая лягушки населяют почти весь регион, но первые два вида – лишь равнинную часть. Гребенчатый тритон обитает, вероятно, до северных пределов южной тайги, чесночница – до широты Перми, зеленая жаба и озерная лягушка занимают лишь небольшую юго-западную, широколиственно-таежную часть региона [11].

Целью работы является изучение экологии и морфологии батрахофауны искусственных водоемов Чусовского района Пермского края.

По анализу работ Юшкова Р. А., Воронова Г.А. [12] в Чусовском районе из класса земноводных были найдены обе бурых лягушки, сера жаба, травяная лягушка. Однако автором была встречена лишь серая жаба *Bufo bufo*. Следовательно, дальнейшее внимание будет уделяться именно этому виду.

### **Природные условия района исследований**

Территория исследований находится на восточной окраине Восточно-Европейской равнины, в области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (отметки рельефа 150-200 м), в пределах бореальной таежной зоны, южной подзоны. По ландшафтно-геохимическому районированию территория находится в пределах элювиально-субэлювиальной области денудационной равнины Предуралья в районе Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины. Характерен равнинный, волнисто – вогнутый рельеф, со слабо врезанными речными долинами. В геологическом отношении территория находится в Предуральском краевом прогибе, где в верхней части разреза залегают терригенно-карбонатные нижнепермские породы соликамской свиты уфимского яруса, перекрытыми маломощными делювиальными суглинистыми и песчаными образованиями [3-7].

Чусовской район расположен в зоне южнотаежных пихтово-еловых лесов с преобладанием осиновых и березовых лесов на месте южнотаежных темнохвойных лесов (на сельхозземли приходится 6-10%) [2]. Лесопокрывание земли составляют 75-85%. В центральной и западных частях преобладают вторичные березовые и осиновые леса, которые на Западно-Уральских Увалах сменяются пихтово-еловыми с вкраплениями мелколиственных, занимающих вырубки и гари. Общая площадь лесного фонда района составляет 286 тыс. га.

Годовой расчет лесосек составляет 397 тыс. м<sup>3</sup>. Леса имеют высокое водоохранное и защитное значение, заметно истощены продолжительными и усиленными рубками. По территории района протекает 45 рек один из самых многоводных притоков Камы – река Чусовая (объем среднегодового стока 6,9 км<sup>3</sup>), которая впадает в Камское водохранилище. В Чусовском районе в нее впадают реки Усьва и Лысьва [13].

### Методика и результаты исследований

Основной объект исследований – серая жаба *Bufo bufo*. Внешний вид серой жабы *Bufo bufo* (самец и самка) представлен на рис. 1



Рис. 1. Внешний вид серой жабы *Bufo bufo*, самец и самка (фото автора)

Серая жаба относится к отряду бесхвостых земноводных (*Anura*), семейству жаб настоящих (*Bufo* *bufo*). Это самая крупная амфибия нашей страны, ее максимальная длина равняется 200 мм [10], но в Пермском крае самцы достигают лишь 90 мм, самки – 100 мм [9]. Сверху светло-серая, серая, коричневая или оливково-бурая с развитыми темными пятнами. Паротиты большие. Барабанная перепонка не заметна. По Кузнецову Б.А. [8] на нижней поверхности сочленения первой и второй фаланг четвертого (самого длинного) пальца задних ног два рядом сидящих бугорка. Также первый палец задних ног серой жабы несколько длиннее второго. У самцов нет резонаторов.

Полевое исследование проводилось в весенне-летний период в 2020 - 2021 гг. на территории Чусовского района, поселка Комарихинский (рис. 2).

Поскольку на территории поселка Комарихинский имеются лишь несколько небольших прудов, место исследования и дальнейший отлов серой жабы проводился именно там.

Местоположения объектов исследований биотопа показаны на современных космоснимках. Первый биотоп – пруд «Гаражинский», расположен в 1 км к северу от административного центра поселка (рис. 3). Второй биотоп на «Большом» пруду, находится в 1,5 км западнее от административного центра. Третий биотоп расположен на «Малом» пруду, в 2 км восточнее от административного центра (рис. 4).

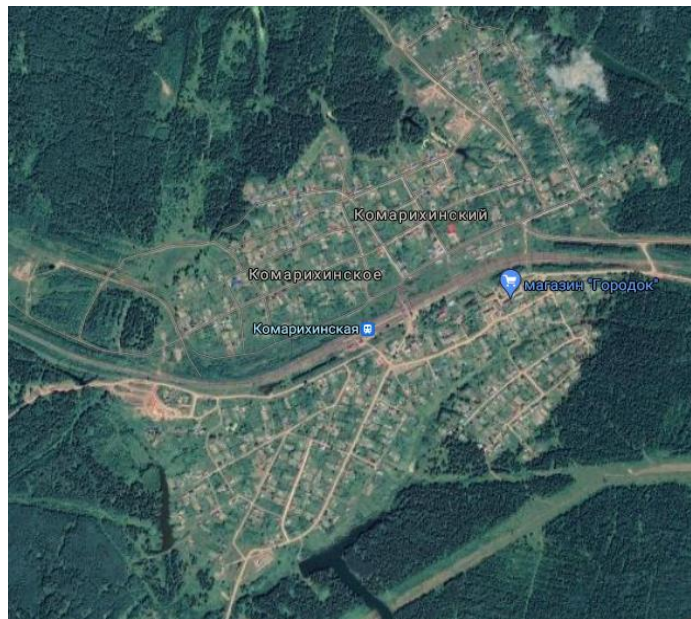


Рис. 2. Территория исследования - п. Комарихинский, Чусовской район



Рис. 3. «Гаражинский» пруд

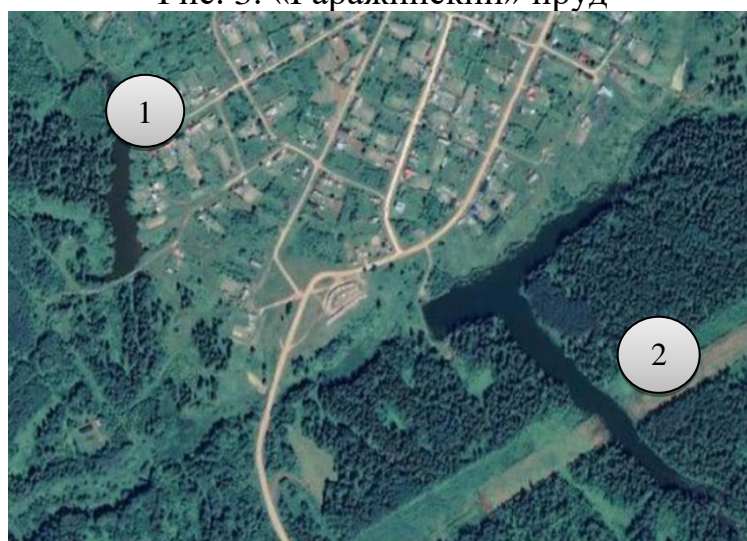


Рис. 4. Малый (1) и Большой (2) пруд

Основным материалом послужили результаты полевых исследований в поселке Комарихинский, Чусовского района, Пермского края, проведенных в 2020-2021 гг. За этот период проведен отлов и измерение морфометрических признаков для 82 особи серой жабы, из которых 54 самец и 28 самок.

Проведён подсчет динамики относительной численности и относительной плотности встреченных особей серой жабы в каждом выбранном биотопе. Результаты представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Количество встреченных особей серой жабы в каждом биотопе в 2020 г.

Биотоп	«Гаражинский» пруд	Большой пруд	Малый пруд
Количество встреченных особей	21	11	15
Относительная численность вида на 1 км маршрута, экз.	233,33	100	214,28
Относительная плотность вида на 1 га, экз.	116,66	50	107,14

Таблица 2

Количество встреченных особей серой жабы в каждом биотопе в 2021 г.

Биотоп	«Гаражинский» пруд	Большой пруд	Малый пруд
Количество встреченных особей	32	18	22
Относительная численность вида на 1 км маршрута, экз.	355,55	163,63	314,28
Относительная плотность вида на 1 га, экз.	177,77	81,81	157,14

Для изучения сезонной изменчивости были получены морфометрические характеристики пойманных особей серой жабы в каждом биотопе в 2020-2021 гг. Используются промеры предложенные Банниковым и др., 1977 г.

В 2020 году было поймано всего 31 особь серой жабы, из которой 24 самца и 7 самок. В 2021 году было поймано уже 51 особь, из которой 30 самцов и 21 самка. Следовательно, численность популяции серой жабы возросла в 2021 году, в сравнении с 2020 годом.

Сравнивая оба года, делаю вывод о том, что в основном, пропорции тела у самцов в 2020 году чуть ниже, нежели в 2021 г (исключения: ширина головы и расстояние между ноздрями). У самок, в свою очередь, показатели варьируются, но остаются примерно на одном уровне.

Также к 2021 году увеличилась встречаемость особей женского пола. Если произвести численные данные в проценты, получится следующая закономерность: в 2020 году самки составляли всего 22% от общего числа пойманных особей, а в 2021 году 41%. Можно сделать вывод об увеличении показателей репродуктивных отношений положения к 2021 году. Однако, для благополучного пополнения популяции данные показатели остаются низкими.

Таблица 3

Среднее арифметическое значение морфометрических характеристик пойманных особей серой жабы в 2020 и 2021 гг.

Показатель	2020 г		2021 г	
	Самцы, <i>n</i> = 24	Самки, <i>n</i> = 7	Самцы, <i>n</i> = 30	Самки, <i>n</i> = 21
	$M \pm m$ <i>min-max</i>	$M \pm m$ <i>min-max</i>	$M \pm m$ <i>min-max</i>	$M \pm m$ <i>min-max</i>
L., мм	$72,4 \pm 0,63$ 66,7 – 78,7	$81,2 \pm 1,12$ 75,8 – 84,8	$72,7 \pm 0,61$ 65,7 – 80,6	$81,3 \pm 0,62$ 74,5 – 85,3
L. с., мм	$12,6 \pm 0,37$ 10,1 – 16,7	$16,6 \pm 0,78$ 13,1 – 19,3	$13,4 \pm 0,36$ 10,2 – 17,6	$16,4 \pm 0,38$ 14,2 – 19,8
Lt. с., мм	$24,1 \pm 0,3$ 21,5 – 26,3	$28 \pm 0,78$ 23,8 – 29,7	$23,2 \pm 0,38$ 19,0 – 28,4	$26,9 \pm 0,61$ 20,8 – 31,4
D. r. o., мм	$7,3 \pm 0,1$ 6,4 – 8,3	$7,8 \pm 0,28$ 6,5 – 8,6	$7,4 \pm 0,14$ 5,7 – 9,3	$8,4 \pm 0,2$ 6,6 – 10,3
L. o., мм	$7,1 \pm 0,11$ 6,3 – 8,1	$7,7 \pm 0,22$ 7,1 – 8,6	$7,6 \pm 0,11$ 6,5 – 9,1	$8,4 \pm 0,15$ 7,3 – 9,6
L. pr., мм	$15 \pm 0,3$ 12,7 – 17,8	$16,6 \pm 0,41$ 15,3 – 18,3	$15,4 \pm 0,25$ 12,4 – 18,4	$17,5 \pm 0,42$ 14,1 – 20,6
Sp. in., мм	$5 \pm 0,12$ 4,1 – 5,8	$5,1 \pm 0,15$ 4,7 – 5,7	$4,8 \pm 0,17$ 3,8 – 9,0	$5,7 \pm 0,15$ 4,9 – 7,5
F., мм	$27,5 \pm 0,25$ 25,2 – 29,2	$31,8 \pm 0,76$ 28,7 – 33,7	$28 \pm 0,3$ 25,1 – 30,2	$32 \pm 0,35$ 28,7 – 34,4
T., мм	$25,4 \pm 0,24$ 23,5 – 27,8	$29,4 \pm 0,75$ 26,2 – 31,4	$26,2 \pm 0,32$ 23,3 – 29,2	$29,2 \pm 0,41$ 25,5 – 32,3

К 2021 году увеличилась встречаемость особей женского пола. Если произвести численные данные в проценты, получится следующая закономерность: в 2020 году самки составляли всего 22% от общего числа пойманных особей, а в 2021 году 41%. Можно сделать вывод об увеличении показателей репродуктивных отношений положения к 2021 году. Однако, для благополучного пополнения популяции данные показатели остаются низкими.

Был проведен подсчет морфологических индексов особей серой жабы в разные года.

Величина морфологических индексов пойманных особей серой жабы в 2020 и 2021 гг.

Индекс	2020 г.		2021 г.	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки
L./L.c., мм	5,84±0,127	4,94±0,224	5,54±0,141	5,01±0,121
L.c/Lt.c., мм	0,52±0,012	0,6±0,028	0,58±0,018	0,62±0,021
L.c./L.o., мм	1,79±0,047	2,17±0,148	1,76±0,051	1,95±0,055
L.o./L.pг., мм	0,47±0,009	0,47±0,02	0,5±0,009	0,49±0,013
L.c./D.r.o., мм	1,72±0,042	2,14±0,118	1,83±0,056	1,98±0,057
D.r.o./L.o., мм	1,04±0,015	1,02±0,044	0,97±0,018	1±0,025
L./T., мм	2,85±0,02	2,77±0,036	2,79±0,036	2,79±0,036
F./T., мм	1,08±0,005	1,08±0,009	1,07±0,009	1,1±0,013

В результате исследований, можно отметить, что некоторым изменениям подверглись самцы серой жабы. Обращая внимание на характеристики (табл. 3 и 4), можно сделать вывод, что такие параметры как соотношение длины тела к длине головы, соотношение длины тела к длине голени, соотношение длины от переднего края глаза до кончика морды к 2021 году уменьшились в своих показателях. В сравнении с 2020 годом, у самцов увеличился лишь показатель соотношения длины от кончика морды до края затылочного отверстия к длине от кончика морды до переднего края глаза. Возможно, данный вывод можно объяснить результатом воздействия антропогенной деятельности, а также изменениям климатических условий обитания популяций серой жабы. Однако показатели самок, в свою очередь, существенным изменениям не подверглись. Значительно уменьшились к 2021 году лишь параметры соотношения длины головы к длине глазной щели.

### Выводы

1. При подсчете относительной численности и относительной плотности популяций амфибий, выявлено, что популяция серой жабы на первом биотопе превышает показатели популяций на втором и третьем биотопах.

2. При измерении морфометрических показателей отловленных особей серой жабы основные пропорции тела самцов в 2020 году чуть ниже, нежели в 2021 г., кроме показателей ширины головы и расстоянием между ноздрями. У самок, в свою очередь, показатели варьируются, но остаются примерно на одном уровне.

3. Величина индексов относительной величины морфометрических показателей особей серой жабы обоих годов различается.



4. При численном соотношении полов в популяциях, оказалось, что процент самцов серой жабы превосходит процент самок. Однако, в сравнении с 2020 годом, произошло небольшое увеличение встречаемости особей женского пола, что обуславливает увеличение показателей репродуктивных отношений положения к 2021 году.

### **Библиографический список**

1. Ананьева Н.Б., Боркин Л.Я., Даревский И.С., Орлов Н.Л. *Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России*. М.: АВФ, 1998. 576 с.
2. *Атлас Пермского края / Под общей редакцией А. М. Тартаковского*. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: 2012. 124 с.
3. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2021. 501 с.
4. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ*. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Germany. 2012. 152 с.
5. Копылов И.С., Даль Л.И. *Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2.
6. 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.
7. Копылов И.С., Наумов В.А., Спаский Б.А., Маклашин А.В. *Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5.
8. Кузнецов Б. А. *Определитель позвоночных животных фауны СССР*. (в 3-х ч.) *Пособие для учителей*, Ч. 1. *Круглоротые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся*. М.: Просвещение. 1974 с.
9. Хазиева С. М., Болотников А. М., Чащин С. П., Щураков А. И., Щураков С. А. *Земноводные, или Амфибии. // Животный мир Прикамья*. Пермь, 1989. С. 29–33.
10. Шварц С.С., Павлинин В.Н., Данилов Н.Н. *Животный мир Урала (наземные позвоночные)*. Свердловск, 1951. 161 с.
11. Юшков Р.А. *География и экология амфибий и рептилий Камского Приуралья (Пермской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук*. М.: МГУ, 1997. 25 с.
12. Юшков Р.А., Воронов Г.А. *Амфибии и рептилии Пермской области: Предварительный кадастр*. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1994. 158 с.
13. <http://old.chusokrug.ru> – официальный сайт администрации Чусовского района Пермского края.

## **ГЕОЭКОЛОГИЯ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ХМАО-ЮГРА**

*В работе рассмотрен материал по появлению и развитию техногенеза в ХМАО-Югре и за рубежом. Приводится понятие техногенеза и его роль в современной биосфере. Анализируется влияние техногенеза на загрязнение природных компонентов ХМАО-Югре.*

**Ключевые слова:** *геоэкология, природопользование, техногенез, техносфера, нефть, газ, месторождение.*

**A.N. Zhukov**

Perm State University, Perm, Russia

## **GEOECOLOGY AS AN INDICATOR OF LIVING STANDARDS OF THE POPULATION OF KHAMAO-YUGRA**

*The paper considers the material on the emergence and development of technogenesis in Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra and abroad. The concept of technogenesis and its role in the modern biosphere is given. The influence of technogenesis on the pollution of natural components in Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra is analyzed.*

**Key words:** *geoecology, nature management, technogenesis, technosphere, oil, gas, field.*

### **Введение**

Различные аспекты уровня и качества жизни населения были изучены многими отечественными и зарубежными учеными [1-4]. Обобщая теорию и практику данного вопроса, исследователи выделяют ряд нерешенных проблем, а именно: разграничение понятий "уровень" и "качество" жизни населения; построение обобщающего критерия оценки уровня и качества жизни населения; выбор системы и отдельных количественных показателей для оценки уровня жизни населения; разработка оценки качества жизни населения и другие.

Вопросы повышения качества жизни особенно актуальны для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО). Из-за большого разнообразия природных и социальных факторов, взаимодействующих на огромной территории, районы существенно различаются по своей способности обеспечить достойные условия жизни для населения [2]. В связи с этим возникает острая необходимость выявления ведущих факторов, влияющих на территориальную дифференциацию качества жизни населения, и основных направлений социальной поддержки государства.

Геоэкологические показатели, отражающие состояние окружающей среды (природной среды и техногенеза), в совокупности с социальными показателями могут быть показателем уровня жизни населения ХМАО-Югра.

*Цель статьи* – анализ состояния окружающей среды территории ХМАО-Югры, а также обозначение приоритета контроля техногенеза как индикатора жизни населения.

*Основной метод исследований* – обзор и анализ опубликованной научной и справочной литературы.

### **Роль техногенеза в современной биосфере**

Человек, в отличие от других представителей животного мира, чье влияние на параметры окружающей среды резко ограничено, в современный исторический период способен быстро изменять окружающую среду в масштабах, которые можно сравнить с масштабом геологических явлений. В общем, значение самого появления человека для истории земного шара можно сравнить с самыми мощными катаклизмами. В ходе развития цивилизации человек неоднократно вызывал нарушение биологического равновесия, поэтому мы должны рассматривать нашу историю как непрерывную борьбу с окружающей средой, как непрерывный процесс бессознательного разрушения природы. По словам Жана Дорста [7], выдающегося специалиста в этой области, французского зоолога, биологический баланс между человеком и природой был создан довольно быстро, возможно, с того времени, когда охотник стал пастухом, и, конечно, с того времени, когда он стал фермером. Некоторые районы мира, которые издавна были заселены людьми и были колыбелью древней культуры, пришли в упадок задолго до появления "современной цивилизации". Чтобы понять, в какой степени даже самые примитивные человеческие общества могут влиять на баланс природы, нам достаточно вспомнить практику сжигания лесов для облегчения охоты на животных, к которой прибегают некоторые африканские племена и индейцы. Это ускорило эрозию почвы и изменило ландшафт, а на североамериканском континенте привело к расширению зоны прерий. Кстати, говоря об африканских племенах и индейцах, следует иметь в виду, что африканец и индеец брали ровно столько леса, чтобы прокормить себя и обустроить свои жилища, т.е. жили в полной гармонии с природой. Другое дело, когда американец, вооруженный оборудованием, вырубает лес и продает его другим странам. Он, американец, наносит лесу в 1000 раз больший ущерб, чем африканец и индеец, вооруженные обычными топорами [2, 3].

Известно, что около пяти тысяч лет назад, во времена первых городских поселений, начала формироваться техносфера - сфера, содержащая рукотворные технические сооружения на земле. В то время они были просто элементами техносферы. Современная техносфера мощностью более 220 Гт появилась в эпоху промышленной революции [1, 5].

Техносфера сформировалась как часть биосферы, и в результате на планете осталось мало областей с ненарушенными экосистемами. Экосистемы разрушаются в наибольшей степени в развитых странах: Европе, Северной

Америке, Японии. Здесь природные экосистемы сохранились на небольших территориях, которые со всех сторон окружены районами, нарушенными деятельностью человека. Поэтому относительно небольшие участки биосферы, которые сохранились, подверглись сильному техносферному давлению со стороны прилегающих территорий. Например, Южная Сибирь загрязнена сильными кислотными дождями, источником которых являются промышленные предприятия, промышленно развитые Центральный и Северный Китай. Ветры, дующие в сторону Сибири, дуют из Китая.

Развитие техносферы в двадцатом веке было исключительно быстрым по сравнению с предыдущими столетиями. Это имело два противоположных эффекта. С одной стороны, были достигнуты выдающиеся результаты в науке и различных отраслях промышленности, что оказало положительное влияние на все сферы жизни. С другой стороны, были созданы беспрецедентные потенциальные и реальные угрозы для людей, объектов и среды обитания, которые они сформировали [2, 5]. Создавая техносферу, человек стремился повысить комфорт окружающей среды, обеспечить защиту от природных негативных воздействий. Все это положительно сказалось на условиях жизни и, наряду с другими факторами, повлияло на качество и продолжительность жизни. Однако созданная человеком техносфера в значительной степени не оправдала ожиданий людей, поскольку ежегодный прирост стал приближаться к объему годового органического производства биосферой [4, 5].

Новые, техносферные условия включают людей, живущих в городах и промышленных центрах, производственные и бытовые условия. Почти все урбанизированное население проживает в техносфере, где условия жизни существенно отличаются от условий биосферы, прежде всего из-за возросшего влияния техногенных негативных факторов на человека. Соответственно, соотношение между природными и техногенными опасностями меняется, а доля техногенных опасностей увеличивается [1]. Техногенные аварии и катастрофы близки к техногенному загрязнению территории, поскольку они обычно вызывают наиболее значительные выбросы и разливы загрязняющих веществ. Зонами наибольшего риска загрязнения окружающей среды в результате техногенных аварий и катастроф являются промышленные районы, а также крупные города и мегаполисы [6, 7].

Появление новых компонентов в биосфере, вызванное хозяйственной деятельностью человека, характеризуется термином "антропогенное загрязнение", который относится к побочным продуктам, образующимся в результате хозяйственной деятельности человека (общества), которые при попадании в окружающую среду изменяют или разрушают ее свойства. Известно, что окружающая среда загрязнена огромным количеством промышленных отходов, которые обладают токсичностью и способностью накапливаться в организме человека или пищевых цепях.

Техносфера возникла в процессе нескольких тысячелетий техногенеза. Это в равной степени включает в себя первый огонь, зажженный человеком, Чернобыль, дротик первобытного охотника и баллистические ракеты [1, 3]. Техногенез выступает как материальная составляющая человеческой истории.

С экологической точки зрения это последняя стадия эволюции, обусловленная деятельностью человека и внедрением в природу Земли веществ, сил и процессов, которые в конечном итоге изменяют и нарушают равновесное функционирование биосферы [8, 9, 20, 21].

Техногенез, как локальное явление, превращающееся в региональное, теперь охватывает всю планету и усиливает миграцию многочисленных химических элементов. Следовательно, проблемы планетарного развития, энергии и сырья, качества пищи и среды обитания организмов являются, в целом, определяющими факторами ее развития. Интенсивная экономическая активность общества, урбанизация образа жизни людей, истощение традиционных легкодоступных источников энергии и сырья, постоянное увеличение демографической "нагрузки" на природу привели к государственному и надвигающемуся экологическому кризису [10].

В результате антропогенной деятельности общества образуются потоки антропогенных веществ. Значительный техногенный вклад принадлежит современной энергетической отрасли. Это атомная энергетика, добыча нефти, газа и угля, а также сжигание огромных масс горючих полезных ископаемых. Следовательно, облик нашей планеты в современных условиях стремительно меняется, например, в результате военных действий, формирования и функционирования городских мегаполисов [16].

Экологические последствия техногенных аварий могут проявляться годами, десятками и даже сотнями лет. Они могут быть разнообразными и многогранными. Аварии на радиационно-опасных объектах, в частности на атомных электростанциях и атомных подводных лодках, считаются особо опасными [17].

### **Геоэкологические условия и оценка влияния техногенеза на загрязнение компонентов природной среды территории ХМАО-Югры**

ХМАО–Югра расположен в центре Западносибирской низменности. Его территория раскинулась с запада на восток почти на 1 400 км, с севера на юг – на 900 км, площадь 534,8 тыс. кв. км.

Округ занимает большую часть территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и является одним из крупнейших нефтедобывающих регионов мира. Здесь добывается более 55% российской и более 6% общемировой нефти. С начала разработки нефтяных месторождений на территории Округа (1964) накопленная добыча нефти составила более 7 800 млн т. Открыто 413 месторождений нефти и газа, из них наиболее крупными считаются: Самотлорское, Фёдоровское, Мамонтовское, Приобское (рис. 1). Наибольший объём извлечённой нефти получен на территории районов - Сургутского, Нижневартовского, Нефтеюганского и Ханты-Мансийского. Среди месторождений природного газа, значительную роль играют месторождения попутного (растворённого) газа нефтяных месторождений. Собственно газовых месторождений, включая и газовые шапки, имеется 50, запасы которых составляют 2% от общероссийских.



Рис. 1. Крупнейшие месторождения нефти ХМАО [22]

Очень высокой степенью техногенной нагрузки различными экологически небезопасными производствами и транспортными системами характеризуются районы давно разрабатываемых крупных и уникальных месторождений Среднего Приобья. Экстремальная техногенная нагрузка фиксируется на большинстве «старых» крупных нефтепромыслов Нижневартовского, Сургутского и Нефтеюганского районов. Менее затронутыми процессами техногенеза оказались Советский, Октябрьский и Ханты-Мансийский районы. Отсутствие или слабая развитость добывающей промышленности и транспортных коммуникаций на значительной части западной территории округа и востоке привело к относительно благоприятной экологической ситуации в их пределах – практически не подверглись индустриальному влиянию большая часть Березовского и Белоярского районов, восток Нижневартовского района [16].

Геоэкологические условия территории ХМАО, как нефтегазоносного региона обусловлены воздействием природных (ландшафты, почвы, породы, подземные и поверхностные воды, геологические процессы, тектонические нарушения, приземный воздух) и техногенных факторов (техногенное загрязнение нефтегазовым и другими видами техногенеза) на природно-геологическую среду [11-15].

**Состояние атмосферного воздуха** в автономном округе оценивается как неблагоприятное. ХМАО на протяжении последних лет занимает первое место в Российской Федерации по объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников. Наибольший вклад в

загрязнение атмосферы вносят предприятия нефтегазодобывающей промышленности. Они влияют на атмосферу организованными и неорганизованными выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов. Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями нефтегазового комплекса происходит путем выброса химических соединений семи загрязняющих веществ: диоксида и оксида азота, взвешенных веществ (неорганической пыли), сажи, диоксида серы, углеводородов суммарных и оксида углерода. Наибольшую опасность в экологическом плане представляет сжигание попутного нефтяного газа на факелах, которые потребляют кислород и загрязняют атмосферу оксидами азота и серы.

**Поверхностные воды** автономного округа испытывают мощную антропогенную нагрузку, связанную с активным развитием в последние десятилетия инфраструктуры городов и крупнейшего в России нефтегазодобывающего комплекса. В результате техногенного воздействия на водные объекты автономного округа состояние поверхностных вод характеризуется как неблагоприятное. Так, река Обь на участках в пределах автономного округа относится к категории «грязная». Река Иртыш относится к одному из максимально загрязненных водных объектов, требующих первоочередного осуществления природоохранных мероприятий. Многие реки ХМАО относятся к категориям «очень загрязненная» и «грязная». Загрязненность водных объектов происходит азотом нитритным, азотом аммонийным, нефтепродуктами, соединениями железа, меди, цинка, марганца.

Поступление при бурении скважин засоленных пластовых вод приводит к увеличению минерализации и, прежде всего, ионов хлора. Особенно ярко процесс засоления проявляется в пределах Саянско-Турганского и Ватинского месторождений, территория которых относится к бассейну реки Ватинский Еган. Воды Ватинского Егана и его притоков отличаются повышенным содержанием хлоридов, значительно превышающим средний для региона уровень.

**Почвы.** Ведущее место в нарушении экологии почв занимают предприятия нефтедобывающей промышленности и геологоразведка. Одним из основных видов нарушения экологического режима земель в ХМАО являются загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами, буровыми отходами и растворами, минерализованными водами. Техногенное вмешательство приводит к нарушению поверхностного горизонта почв [10].

Почвенный покров и почвы ХМАО – Югры отличаются интенсивным проявлением гидроморфизма и сильной заболоченностью. Так, в 2013 г. исследования почвенного покрова проводили 57 предприятий на территории 268 лицензионных участков. В 1311 пунктах мониторинга суммарно было проведено 24 365 измерений загрязняющих веществ и параметров [22].

В таблице 1 приведены данные о содержании загрязняющих веществ в пробах почв по результатам многолетних наблюдений в период 2009–2013 гг.

Таблица 1

Содержание загрязняющих веществ в пробах почв ХМАО-Югры в период 2009–2013 гг.

Показатель	Единицы измерения	ПДК	2009	2010	2011	2012	2013	Отношение среднего 2013 г. к ПДК
рН	ед. рН	-	5,6	5,4	5,6	5,2	4,6	-
Органическое вещество	%	-	11,2	9,9	13,2	17	19,1	-
Обменный аммоний	мг/кг	-	10,4	9,8	7,5	11,6	10,8	-
Сульфаты	мг/кг	-	95,6	145,7	103,9	115,3	78,3	-
Фосфаты	мг/кг	200,0	63,5	67,8	76,1	62,6	70,2	0,35
Хлориды	мг/кг	-	102,1	73,6	114,8	77,1	81,8	-
Нефтепродукты	мг/кг	-	407,9	323,6	381,6	527,5	370,4	-
Нитраты	мг/кг	130	3,9	3,16	2,66	2,4	2,68	0,02
Бенз(а)пирен	мг/кг	0,0200	0,0040	0,0058	0,0039	0,0030	0,0026	0,13
Железо подв.	мг/кг	-	2 476,0	1 687,9	751,8	2 400,7	1 579,7	-
Свинец подв.	мг/кг	6,0	6,0	3,1	1,1	1,2	1,6	0,27
Цинк подв.	мг/кг	23,0	11,7	6,6	3,3	4,1	4,6	0,20
Марганец подв.	мг/кг	140,0	106,0	194,3	37,9	53,9	49,2	0,35
Никель подв.	мг/кг	4,0	4,3	1,2	0,9	1,5	1,4	0,35
Хром подв.	мг/кг	6,00	12,30	4,22	0,90	2,20	1,70	0,28
Медь подв.	мг/кг	3,0	2,4	1,1	0,6	1	1	0,33

Проведенный анализ количества аварий и массы загрязняющих веществ, попавших в окружающую среду, на трубопроводах и других объектах, эксплуатируемых на территории ХМАО — Югры, позволил в рамках исследований провести зонирование данных территории (рис. 2). Количество зон зависит от накопленной массы загрязнения компонентов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами за год, выделены следующие зоны: 0–3 аварий в год – безопасный уровень; 3–5 аварий в год – умеренно безопасный уровень; 5–10 аварий в год – высокий уровень опасности; 10–20 аварий в год – умеренно опасный уровень; 20–30 аварий в год – опасный уровень; Свыше 30 аварий в год – чрезвычайно опасный уровень [24].



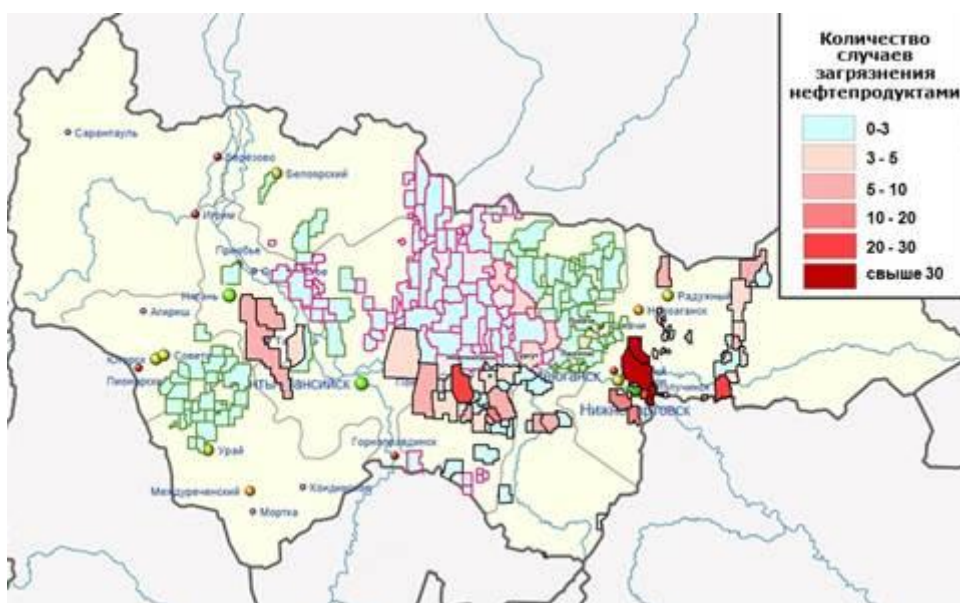


Рис. 2. Карта-схема зонирования территории ХМАО — Югры по накопленному загрязнению нефтью и нефтепродуктами в результате аварий

Крупные аварии и катастрофы, произошедшие за последние десятилетия в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре [18, 19, 24], наряду с человеческими жертвами, огромным материальным ущербом, как правило, наносили непоправимый ущерб окружающей среде, экологическим системам ряда регионов и территорий.

### Заключение

В окружающую среду ХМАО ежегодно выбрасывается огромное количество загрязняющих веществ. Главным источником загрязнения природной среды являются предприятия нефтегазодобывающего комплекса. Вследствие воздействия антропогенных факторов происходит трансформация естественных природных комплексов, видовое обеднение флоры и фауны, ухудшение экологической ситуации в округе. Для смены сложившегося в предыдущие десятилетия экстенсивного типа развития экономики и перехода к экологически безопасному устойчивому хозяйствованию необходима экологизация нефтегазодобывающей и других отраслей промышленности путем последовательной реализации технологических, управленческих и экономических решений, позволяющих научно обоснованно регулировать техногенное воздействие на природную среду.

Также происходит химическое загрязнение атмосферы, воды и почвы предприятиями химической, нефтехимической и энергетической промышленности, расположившимися цепочкой вдоль реки Обь в городах: Нижневартовск, Сургут, Ханты-Мансийск.

Анализ текущего состояния геоэкологических условий как показателя развития природопользования ХМАО-Югры и его современного состояния позволяет сделать следующие заключения:

- природно-ресурсная основа для дальнейшего развития природопользования имеет существенные ограничения, обусловленные энерго-

вещественным балансом территории, определяющим её экологический ассимиляционный потенциал и условия развития природопользования, а также лимитом не возобновляемых ресурсов;

- оптимизация структуры природопользования требует проведения социокультурного и глубокого эколого-экономического анализа;
- современное природопользование как функция территориальной системы «природа-население-хозяйство» не обеспечивает сбалансированного развития территории и ведет к формированию социально-экологических кризисов разного характера масштаба.

### **Библиографический список**

1. Башкин В.Н. Геоэкологическая оценка путей поступления канцерогенных веществ в окружающую среду // *Экология и промышленность России*. 2016. № 3. С. 55-57.
2. Битюкова В.Р., Угарова Н.А. Эколого-экономическая оптимизация размещения промышленности в крупных городах // *Экология и промышленность России*. 2020. № 2. С. 14-20.
3. Бондарчук А.М. Система экологического менеджмента на предприятии // *Экология и промышленность России*. 2017. №2. С. 29-31.
4. Габова И.О. и др. Как оценить экологическую эффективность организации? // *Стандарты и качество*. 2012. № 2. С. 92-93.
5. Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий // *Сб. ст. Рос. ун-т дружбы народов, экол фак физики Земли им. Д.Ю. Шмидта РАН, Ин-т структур.-динам. исслед., ин-т / под ред. А.А. Рассказов. М.: ИФЗ РАН, 2008. С. 89-91.*
6. Государственный доклад «Состояния окружающей среды Российской Федерации в 2020 году» Министерства природных ресурсов РФ, Москва, 2021. С. 154-157.
7. Дорст Ж. До того как умрет природа. Прогресс. пер-к Богуславская М.А., Кобрина Н.Б. 1968. 2012. С. 110-112.
8. Думнов А.Д., Родин В.А. Статистика загрязнения, состояния и охраны атмосферного воздуха в России: краткий обзор и комплексный анализ // *Вопросы статистики*. 2018. № 5. С. 22-44.
9. Карлович И.А. Геоэкология. М.: Академический проект. 2013. С. 230-235.
10. Карлович И.А. Основы техногенеза: Кн.2. Факторы загрязнения окружающей среды. Владимир: ВГГУ, 2003. С. 210-213.
11. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
12. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2013. 166 с.
13. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
14. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
15. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук / Ур. гос. гор. ун-т. Пермь, 2014. 48 с.
16. Макоско А.А., Матешева А.В. О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // *Инновации*. 2019. № 10. С. 98-105.
17. О мерах по улучшению экологической ситуации в России // *Экология*

производства. 2014. № 1. С. 21-24.

18. О мерах по улучшению экологической ситуации в России // Экология производства. 2017. № 1. С. 3-24.

19. Павлов К.В. Региональные эколого-экономические системы. М.: Магистр, 2013. С.120-122.

20. Ревич Б.А. К оценке влияния деятельности ТЭК на качество окружающей среды и здоровье населения // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4. С. 87-99.

21. Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы // Труды биогеохимической лаборатории. Том 24. М.: Наука, 2003. С. 110-112.

22. Шигапов А.М., Гаврилин И.И. Проблема загрязнения почвенного покрова территории Уральского Федерального Округа углеводородами нефти // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2 URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21616>.

23. Крупнейшие месторождения ХМАО-[электронный ресурс], режим доступа [https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text=крупнейшие%20месторождения%20хмао&pos=0&img\\_url=https%3A%2F%2Fneftegaz.ru%2Fupload%2Fiblock%2F7e4%2F7e49b7d17308e10efded8e9304a2962d.jpg&rpt=simage](https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text=крупнейшие%20месторождения%20хмао&pos=0&img_url=https%3A%2F%2Fneftegaz.ru%2Fupload%2Fiblock%2F7e4%2F7e49b7d17308e10efded8e9304a2962d.jpg&rpt=simage)

24. Экологическая ситуация в Ханты-Мансийском автономном округе, [электронный ресурс], режим доступа –<https://scienceforum.ru/2016/article/2016022799>.

20. 11) Экология ХМАО, [электронный ресурс], режим доступа - <https://admhmao.ru/ob-okruge/obshchie-svedeniya/ekologiya>.

**О.В. Клецкина<sup>1</sup>, П.А. Красильников<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУ УралНИИ «Экология», Пермь, Россия

<sup>2</sup> Геологический факультет, ПГНИУ, Пермь, Россия

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО И ФАУНИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА В ПРЕДЕЛАХ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМУЗЛА**

*В статье приводятся краткие сведения о состоянии растительного и животного мира в пределах крупного промышленного узла. Дается оценка воздействия одного из техногенных объектов на растительный и животный мир с целью разработки мероприятий по снижению негативного воздействия и установления выплат компенсационного характера.*

*Ключевые слова: техногенные объекты, геоэкология, флора и фауна Кирово-Чепецкого промузла.*

**O.V. Kletschina<sup>1</sup>, P.A. Krasilnikov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>FGBU UralNII "Ecology", Perm, Russia

<sup>2</sup> Geological Department, Perm State University, Perm, Russia

## **CHARACTERISTIC OF FLORISTIC AND FAUNISTIC COMPOSITION WITHIN THE LIMITS OF KIROVO-CHEPETSКИY PROMOUZL**

*The article gives brief information on the state of flora and fauna within the limits of a large industrial center. The estimation of influence of one of technogenic objects on flora and fauna with the purpose of development of actions for decrease in negative influence and establishment of payments of compensatory character is given.*

*Keywords: technogenic objects, geo-ecology, flora and fauna of the Kirovo-Chepetskiy industrial area*

### **Введение**

Данная статья является результатом исследования посвященного оценке влияния объекта размещения отходов на компоненты природной среды, расположенного в пределах Кирово-Чепецкого промышленного узла. Целью работы стала оценка воздействия одного из промышленного объектов на растительный и животный мир. Особенностью территории является то, что здесь сконцентрировано большое количество промышленным объектов, а предприятию и контролирующим органам необходимо понимать оказывается ли угнетение животного и растительного мира от конкретного объекта для выработки мероприятий по снижению этого воздействия и установления компенсационных выплат. Основным поллютантом для данной территории являются соединения азота. В работе [9] авторами рассматриваются направления реабилитации территории, позволяющие снижать негативное воздействие от такого химического загрязнения.

## Краткая характеристика объекта исследования

Территория исследования, располагается в техногенно-нагруженном районе к западу от г. Кирово-Чепецка, расположенного в географическом центре Кировской области, в 20 км от г. Кирова. Исследуемый район является крупным промышленным центром Кировской области и концентрирует на своей территории большое количество техногенных объектов (рис. 1).

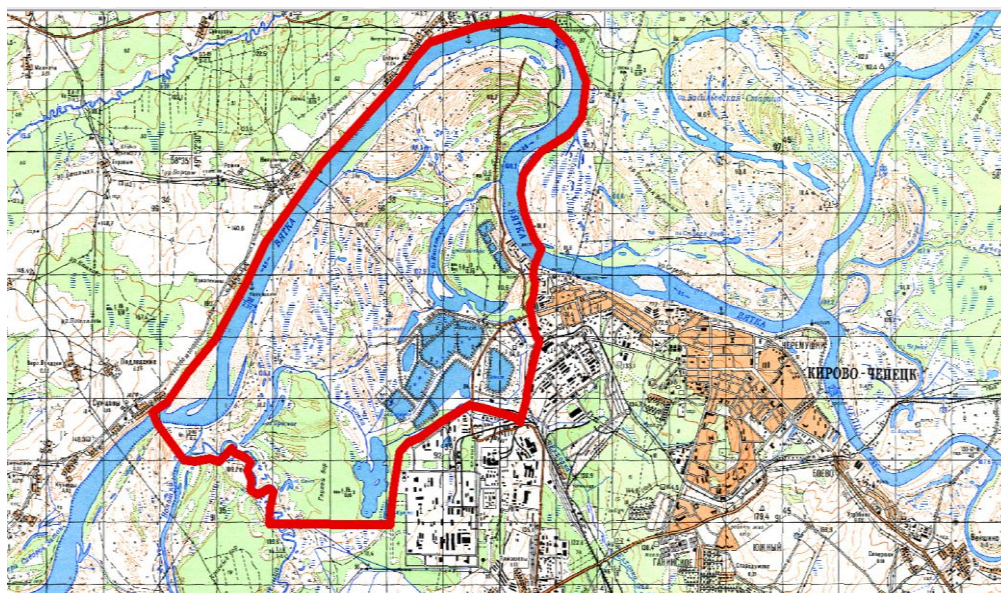


Рис.1. Обзорная карта-схема исследуемой территории

Одним из химических загрязнений, сформированных в пределах исследуемой территории, является загрязнение окружающей среды соединениями азота. Соединения азота, в силу высокой концентрации техногенных объектов на территории и специфики их деятельности, поступают в окружающую среду различными способами: в подземные воды путем инфильтрации, в поверхностные с водовыпусками предприятий и с различными неконтролируемыми стоками, в атмосферу с выбросами в атмосферный воздух, в почву из загрязненных вод поверхностного стока и из атмосферы с осадками, растительность и животные воспринимают загрязнение опосредованно через другие компоненты природной среды [3, 7].

Оценка воздействия и выделение зоны влияния исследуемого объекта на окружающую среду осложняется тем, что объект размещения отходов, находится на площадке Кирово-Чепецкого промузла, где имеются источники загрязнения окружающей среды, выделяющие аналогичные поллютанты [8].

Для определения индуцированных объектом исследования изменений авторы посчитали целесообразным принимать фоновые значения загрязняющих веществ, отклонение от которых позволяет количественно оценить воздействие объекта на природную среду. Фоновыми показателями, следует считать не только те, которые существовали до строительства объекта, но и те, которые фиксируются в настоящее время вне зоны влияния объекта. Поэтому выявление границ зоны влияния является важнейшей задачей, как для пользователя объекта, так и для контролирующих органов.

### **Объекты негативного воздействия на исследуемую территорию**

В пределах исследуемой территории источниками негативного воздействия являются производственные объекты, расположенные на водосборной площади р. Елховка и прилегающего участка р. Вятки. Анализ местоположения производственных объектов г. Кирово-Чепецк и некоторых прилегающих населенных пунктов проведен на основе информации, имеющейся в сети Интернет. На водосборной площади р. Елховка расположено не менее 32 промышленных объектов. На расстоянии 7,8–8,5 км от устья отмечается воздействие нефтебазы и сток с территории нефтебазы с расходом 0,5 л/сек, на расстоянии 7,3 км река 680 м протекает по территории складского хозяйства ЗМУ, ниже складского хозяйства в реку поступают воды с ООО «Мебель энд Сайд», далее на расстоянии 6,4 км от устья расположен выпуск сточных вод с ООО «Чепецкнефтепродукт» [1]. Среди загрязнений, следует отметить: радиоактивные в русле р. Елховка – плутониевое, стронциевое, цезиевое; химические – сульфатное ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), хлоридное ( $\text{Cl}^-$ ), натриевое ( $\text{Na}^+$ ), кальциевое ( $\text{Ca}^{2+}$ ), стронциевое ( $\text{Sr}_2^+$ ). Согласно данным [6], здесь расположены крупные очистные сооружения, сбрасывающие сточные воды в притоки р. Вятки и в р. Вятка, присутствуют склады ядохимикатов и минеральных удобрений. На территории Кировской области установлено, что 50 % объектов и мест размещения промышленных и бытовых отходов, являются несанкционированными. Неправильное хранение и утилизация отходов производства животноводческих ферм и птицефабрик обуславливает нитратное загрязнение почвенного покрова и грунтовых вод» [6].

### **Характеристика растительного мира**

Исследуемая территория расположена в зоне южной тайги. Коренные ландшафты представлены смешанными лесами, развитыми на водоразделах и склонах долин, различными типами болот. В древесном ярусе преобладают: ель европейская, береза. В окрестностях г. Кирово-Чепецка развиты вторичные мелколиственные леса, в которых преобладают береза и осина. Спорадически (по берегам рек) встречаются широколиственные породы деревьев: клен, вяз, дуб, липа и редкие растения поручейница водная, норуца матиолли, хвощ камышовый, лютик стелющийся, ряд лекарственных растений.

При анализе Красной книги Кировской области установлено, что на исследуемой территории не произрастают растения, занесенные в Красную книгу.

Пойменные луга – наиболее распространенный биоценоз на исследуемой территории – отличаются богатством флористического состава, который зависит от рельефа, условий увлажнения. На повышенных формах рельефа произрастают типичные луговые растения. Преобладающими являются формации разнотравно-злаковых лугов, в которых доминирующими видами являются злаки: тимофеевка луговая, мятлики, овсяница луговая, а также присутствует пырей ползучий, кострец безостый. Из бобовых встречаются чина луговая, клевер луговой, мышиный горошек, из сложноцветных – смолевка,

герань луговая и манжетка обыкновенная. В межгивенных понижениях рельефа произрастают виды наиболее требовательные к условиям увлажнения и питания. Из злаковых преобладают кострец безостый, лисохвост луговой, пырей ползучий, ежа сборная, из бобовых – клевер, чина, из сложноцветных – герань, встречается бодяк. На обводненных участках понижений преобладают формации с доминированием двукисточника тростниковидного, крапивы двудомной, тростника обыкновенного, таволги обыкновенной.

### **Оценка воздействия на растительность**

Воздействие объекта размещения отходов на растительность может осуществляться несколькими способами:

- опосредованное воздействие на наземную растительность через почвы;
- прямое воздействие на наземную растительность поверхностными водами;
- прямое воздействие на водные растения.

#### *Опосредованное воздействие на наземную растительность через почвы.*

Воздействие через почвы реализуется в случае наличия в почве, превышающей фон или ПДК концентрации нитрата аммония и аммонийного азота. При этом умеренное повышение концентрации соединений азота в почвах оказывает на растительность стимулирующее воздействие. Как указано в предыдущем разделе концентрация аммонийного и нитратного азота в почве не превышает установленного А.П. Виноградовым критерия в 100 мг/кг следовательно воздействие на через почвы исключается.

#### *Прямое воздействие на наземную растительность поверхностными водами.*

Прямое воздействие поверхностных вод на растительный покров исследуемой территории происходит при затоплении небольших прибрежных участков земли, примыкающих к пойменным водоемам во время кратковременных паводков. Также поверхностные воды воздействуют на растительность при затоплении исследуемой территории во время весеннего половодья, когда происходит вымывание озерных загрязненных вод и распространение загрязненной воды на большие территории.

Первый вариант воздействия реализуется, когда загрязненные поверхностные воды затапливают прибрежные территории во время кратковременных паводков. Когда происходит затопление прибрежных территорий водами со значительно превышающей фон концентрацией нитрата аммония, наблюдается угнетение растительного покрова. Данное воздействие имеет локальный характер и затрагивает узкую прибрежную полосу пойменных водоемов как показано на рис. 2.



Рис. 2. Сухостой на озере Бобровое

Второй вариант воздействия развивается во время весеннего половодья, когда вся пойма подвергается затоплению.

На основании микрополевых опытов, проведенных для организации утилизации загрязненных вод оз. Бобровое методом полива, было установлено, что растения пойменных лугов выдерживают разовое внесение азота в дозе 200 кг/га, не проявляя признаков угнетения. При этом концентрация азота в поливной воде соответствовала концентрации его в прибрежной части оз. Бобрового-1 и составляла около 1 г/дм<sup>3</sup>. Оптимальная концентрация раствора составляет 2% – 20 г/дм<sup>3</sup> [4].

При затоплении территории во время половодья происходит значительное разбавление озерной воды и, соответственно, можно ожидать намного меньших концентраций азота. Поскольку во время паводка растительный покров еще не сформирован, безопасная доза внесения азота на единицу площади может быть выше, чем в летний период.

При исследовании растительности на территории, прилегающей к Кирово-Чепецкому химическому комбинату, изменений морфологических признаков у всех наземных растений, произрастающих на исследуемом маршруте, не зафиксировано, из чего сделан вывод, что данные растения произрастают в благоприятных условиях [2].

#### *Прямое воздействие на водные растения.*

Исследование растительности пойменных озер на территории проведения работ производилось единоразово. В результате наблюдения в озерах Березовом и Бобровом водных растений обнаружено не было, поскольку высокие концентрации соединений азота препятствуют развитию водной растительности. В других пойменных озерах на исследуемой территории концентрации соединений азота меньше и растительность хорошо развита. Например, в оз. Просном выявлены следующие виды водных растений: элодея



канадская, ряска малая, уруть мутовчатая, рдест курчавый, рдест плавающий, рдест гребенчатый [2]. Небольшая глубина оз. Просное обеспечивает хороший прогрев воды, что способствует интенсивному развитию водных растений.

Поскольку выраженного угнетения растительного покрова или изменения структуры сообщества на данной территории не наблюдается, интенсивность воздействия не высока.

Сильное воздействие на растения, приводящее к гибели всей растительности биоценоза, наблюдается только в озерах Бобровое и Березовое, и на узкой прибрежной зоне этих поверхностных водоемов, подвергшихся значительному загрязнению.

### **Характеристика животного мира**

Фауна Кировской области включает более 7200 видов беспозвоночных животных, 55 видов рыб, 8 видов амфибий, 3 вида пресмыкающихся, 297 видов птиц и 46 видов млекопитающих [1]. В результате анализа Красной книги Кировской области было выявлено, что на исследуемой территории не обитают виды животных, занесенных в Красную книгу. На данной территории не проводилось специальных научных исследований животного мира, поэтому оценка воздействия основана исключительно на рассуждениях и гипотезах авторов данной работы.

### **Оценка воздействия на растительность**

Прямое воздействие загрязнителя на животный мир (за исключением гидробионтов) отсутствует, поскольку на наземную фауну оказывается опосредованное воздействие через растительность и поверхностные воды. Через растительность, оказывается, воздействие на обитателей суши. Специальных исследований в этой области не проводилось. Как указано выше, употребление в пищу растений, содержащих большое количество нитратов, вредно для животных. Было выявлено, что в растениях на данной территории повышение содержания нитратов не очень велико (в 2–5 раз выше фона). Однако для подтверждения безвредности данных растений в качестве пищи для животных данных недостаточно.

Через поверхностные воды происходит воздействие на гидрофауну загрязненных водоемов. По воздействию загрязнителя на гидрофауну специальных исследований не проводилось. В соответствии с источником [5] фауна озер Бобровое и Березовое, которые являются самыми загрязненными водоемами, представлена 11 видами беспозвоночных, 3 видами личинок стрекозы, 2 видами личинок комара, 2 видами брюхоногих моллюсков и водомерками. Все перечисленные виды устойчивы к высокому загрязнению.

Восстановление фауны пойменных водоемов происходит в годы с высокими уровнями паводка, когда затапливается вся поверхность поймы. В это время происходит резкое снижение концентраций загрязняющих веществ, в том числе нитрата аммония, в озерах. В загрязненные озера происходит миграция гидробионтов из р. Вятки, благодаря чему происходит регулярное

естественное восстановление численности гидробионтов. В период между весенними паводками минерализация озерных вод постепенно восстанавливается до прежнего уровня, что приводит к гибели привнесенной в паводок фауны озер.

Из вышесказанного можно сделать следующий вывод: сильное воздействие загрязнителя испытывают гидробионты озер Березовое и Бобровое. Для определения воздействия загрязнителя на фауну суши недостаточно исходных данных.

Таким образом, при изучении состояния растительного и животного миров в пределах территории исследования, было установлено, что зона влияния объекта исследования, не может быть выделена для растительности и животного мира, т.к. влияние на них носит локальный характер и связано с вторичным загрязнением поверхностных вод подземными.

### **Библиографический список**

1. Мероприятия по выводу из эксплуатации радиационно-опасных объектов Кирово-Чепецкого отделения филиала «Приволжский территориальный округ. ФГУП «РОСРАО». ОВОС, ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РОСРАО». Москва, 2011. 343 с.

2. Отчет по договору № 02/79/112 «Поиск биологических методов очистки вод пойменных озер». ВятГГУ. Киров, 2009.

3. Клёцкина О.В., Минькевич И.И. Азотное загрязнение подземных вод и управление их качеством в промышленных районах // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 4 (21). С. 8-20.

4. Клёцкина О.В., Ощепкова А.З. Методический подход к обоснованию критериев допустимого воздействия объекта размещения отходов на подземные воды с использованием гидрогеологического моделирования // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 337-342.

5. Ситуация с качеством питьевого водоснабжения контролируется. [Электронный ресурс]: сайт Правительство Кировской области – Режим доступа: <http://www.kirovreg.ru/special/main/detail.php?ID=33545> (дата обращения 10.12.2011 г.)

6. Отчет по гидрогеологическому доизучению на площади листов О-39-ХII, ХIV (Котельнич, Киров), выполненному Котельничской ГГСП в 2005-2008 гг. (Книга 2). Ответственный исполнитель И.В. Пиеничников. Нижний Новгород, 2008. 133 с.

7. Клёцкина О.В., Красильников П.А. Краткий обзор направлений реабилитации территории, загрязненной соединениями азота // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41). С. 275-279.

8. Клёцкина О.В. Определение «зоны влияния объекта негативного воздействия» на подземные воды // Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам VI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Т. 2. Пермь, 2013. С. 154-156

9. Клёцкина О.В., Красильников П.А. Краткий обзор направлений реабилитации территории, загрязненной соединениями азота // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41). С. 275-279.

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

*В статье приводится комплексный геоэкологический анализ северо-западной части Пермского края. Рассмотрены природно-техногенные факторы формирования геоэкологических условий. Основными природными факторами являются – геодинамические (неотектонические), структурно-тектонические, гидрогеологические, геоморфологические, физико-географические (ландшафтные) и др. Из техногенных факторов наибольшее воздействие на природную среду оказывают лесопромышленный комплекс и недропользование – комплекс, связанный с поисками и разработкой полезных ископаемых. Закартированы крупные геодинамические активные зоны, геохимические и гидрогеохимические аномальные зоны. Оценка геоэкологического состояния произведена на основании анализа комплекса критериев по всем компонентам природной среды (литогенная основа и ее геодинамическая активность, ландшафты, почвы, донные осадки, подземные и поверхностные воды и приповерхностная атмосфера). Территория ранжирована на 4 класса геоэкологического состояния: с благоприятной и удовлетворительной обстановками (площадь 41%), напряжённой (45%) и кризисной (16%) экологическими обстановками.*

*Ключевые слова: геоэкология, природная среда, геохимические аномальные зоны, геоэкологическая оценка, Пермский край.*

**I.S. Kopylov<sup>1</sup>, L.I. Kopylova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia

<sup>2</sup>Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Perm Territory, Perm, Russia

## **GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTHWESTERN PART OF THE PERM TERRITORY**

*The article provides a comprehensive geoecological analysis of the northwestern part of the Perm Territory. Natural and technogenic factors of formation of geoecological conditions are considered. The main natural factors are geodynamic (neotectonic), structural-tectonic, hydrogeological, geomorphological, physical-geographical (landscape), etc. Of the man-made factors, the timber industry complex and subsoil use have the greatest impact on the natural environment - a complex associated with the search and development of minerals. Large geodynamic active zones, geochemical and hydrogeochemical anomalous zones have been mapped. The assessment of the geoecological state was made on the basis of an analysis of a set of criteria for all components of the natural environment (the lithogenic base and its geodynamic activity, landscapes, soils, bottom sediments, underground and surface waters, and the near-surface atmosphere). The territory is ranked into 4 classes of geoecological state: with favorable and satisfactory conditions (area 41%), tense (45%) and crisis (16%) ecological conditions.*

*Key words: geoecology, natural environment, geochemical anomalous zones, geoecological assessment, Perm region.*

## **Введение**

Современный геоэкологический анализ является необходимым условием для решения экологических проблем и экономического развития любых территорий в т.ч. Пермского края. Рассматриваемая территория расположена в северо-западной части Пермского края Приволжского ФО и охватывает площадь Коми-Пермяцкого округа – административно-территориального образования с особым статусом в составе Пермского края. Включает: Гайнский, Косинский, Кочевский, Кудымкарский, Юрлинский и Юсьвинский муниципальные районы и г. Кудымкар. В экономическом плане это наименее населенный и освоенный промышленно-экономический округ Пермского края. Общая площадь 32,77 тыс. км<sup>2</sup>.

Основные геоэкологические проблемы региона связаны с нарастающим развитием промышленного (в основном лесопромышленного) техногенеза и неблагоприятными эколого-геологическими условиями в отдельных районах и включают:

- 1) техногенное химическое загрязнение почв, грунтов, подземных и поверхностных вод, растительности, атмосферы (комплексами деревообрабатывающей, транспортной, строительной, машиностроительной промышленности, жилищно-коммунальным хозяйством);
- 2) деградация лесных массивов деятельностью лесозаготовительного и деревообрабатывающего комплекса;
- 3) загрязнение почв и водоемов ядохимикатами агропромышленного комплекса;
- 4) нарушение ландшафтов деятельностью геолого-поисковых работ, разработкой месторождений полезных ископаемых, особенно нефтегазовых;
- 5) развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП);
- 6) локальное развитие эндогенных геологических процессов – геодинамических активных зон;
- 7) накопление промышленных и бытовых отходов;
- 8) истощение и загрязнение запасов подземных вод и др. [28].

## **Концепция, методика и результаты регионального геоэкологического картографирования**

Политика рационального природопользования развитых государств базируется на информационной основе и картографической оценке состояния природной среды. Современная теоретическая и методологическая концепция геоэкологии и экологической геологии пока еще сформирована недостаточно четко, отсутствует общепринятый подход к определению задач и объектов изучения.

Методологической основой геоэкологии, по мнению авторов, должен быть системный анализ компонентов геологической и географической среды. Основным объектом исследований должна быть природно-геологическая среда в совокупности с техногенными комплексами и объектами (геоэкологические системы). Предметом геоэкологии являются эколого-геологические,

гидрогеологические, геохимические закономерности и формирование геоэкологических условий в результате естественного развития и воздействия техногенеза; моделирование и прогнозирование происходящих в них процессов; рациональное природопользование. На основании анализа теоретических и методических разработок, разработана концепция регионального геоэкологического картографирования [11, 20], основными принципами которой являются: системность, оптимизация и достаточность, комплексность и приоритетность, объективность, критерии и нормирование на основе экологических норм, результативность, динамичность и многофункциональность.

В 1998-2001 г. в Пермском крае (области) была реализована федеральная программа «Геоэкология России» с целью изучения и оценки степени и характера региональных техногенных изменений геологической среды (ГС) с составлением комплекта карт. Пермским геолого-съемочным предприятием «Геокарта» на основе многоцелевого геохимического картирования (МГХК-1000), с учетом геологических, гидрогеологических съемок и других исследований [32] была выполнена работа по госконтрактам (с проведением 3-летних полевых работ): составлению геоэкологической карты масштаба 1:500 000 и ландшафтно-геохимической карты Пермской области масштаба 1:500 000 в составлении которых авторы принимали участие [3, 4, 27-30, 34]. На территории Коми-Пермяцкого АО в южной половине (в пределах листа О-40) были выполнены региональные геоэкологические и геохимические исследования [12].

Проведен эколого-геологический анализ по различным компонентам геологической среды. При морфонеотектоническом и линеаментно-геодинамическом анализе создана геодинамическая основа, территория дифференцирована по степени неотектонической активности – выделены геодинамические активные и стабильные зоны. При экзоморфогенетическом анализе выполнено районирование территории по типам и степени проявления ЭГП, дана оценка степени их опасности. При ландшафтно-геохимическом анализе проведена типизация природных и техногенных ландшафтов по геохимическим особенностям, определены фоновые значения основных геохимических параметров ГС, выделены геохимические аномальные зоны (АЗ).

Проведено картографическое моделирование состояния ГС, которое представляет собой процесс создания информационно-картографической модели – атласа параметрических, аналитических и синтетических карт, которые позволяют анализировать состояние ее в целом и отдельных компонентов, прогнозировать изменение их во времени и пространстве. Итоговая модель – геоэкологическая карта в трехлистном варианте, отображающая отдельно литосферную и гидросферную составляющие и общую степень экологического состояния: 1) эколого-геологическая карта с выделением геоморфологических ландшафтов, геодинамических зон, геохимических аномалий, природных неблагоприятных процессов, элементов техносферы и др.; 2) гидрогеоэкологическая карта с выделением водоносных

комплексов, гидрогеодинамических зон, степени защищенности подземных вод, гидрогеохимических аномалий; 3) карта эколого-геологического состояния на основе системы экологических норм, ранжированной по баллам на 4 класса: нормы, риска, кризиса и бедствия.

В настоящее время геоэкологическое картографирование Пермского края, включая рассматриваемую территорию продолжается на геологическом и географическом факультетах ПГНИУ с использованием современных аэрокосмических методов и ГИС-технологий. Развивается теория и методология геоэкологического картографирования и исследований. В состав геоэкологической карты включен 4 лист– эколого-геодинамическая карта.

На рис. 1 представлен классический вид геоэкологической карты [12].

### **Основные техногенные факторы и их воздействие на природную среду**

Селитебные зоны представляют – 902 населенных пунктов (где проживает 106 775 чел. (2019), крупнейшие из них – г. Кудымкар, пос. Гайны, Кочево, Коса, Юкеево, Пелес, Чернореченский, Майкор, Юрла, Юсьва, Пожва, Верх.Иньва, Белоево, Кува, Егва и др. Преобладающей промышленностью района является сельскохозяйственный и лесопромышленный комплексы.

В настоящее время лесозаготовительная промышленность имеет в своем составе более 20 предприятий (крупнейшие – АООТ «Гайнылес», АООТ «Верхне-Камский ЛПХ», АООТ «Сейвалес», АО «Кочеволес», Косинский ЛПХ, АО «Веслянылес», Веслянский лесхоз, Черновской ЛПХ АО «Иньвинское КЛСП», АООТ «Велвалес», Юсьвинский лесхоз и др.); деревообрабатывающая отрасль (АО «Кудымкарская мебельная фабрика»), машиностроение (АООТ «Пожвинский машзавод», АО «Кудымкарский РМЗ», «Гаинский РМЗ») [7, 28].

Строительство представлено мелкими дорожно-строительными управлениями и предприятиями. В КПО имеются сельскохозяйственные предприятия разных форм собственности, специализация преимущественно мясомолочная, зерновая, овощная. Электроэнергия поступает из Перми по ЛЭП-110, перераспределяется в основные поселки по сети ЛЭП-35. Основным видом транспорта – автомобильный, лишь на западе Гаинского района проходит часть железнодорожной ветки Киров-Сыктывкар. Имеются узкоколейные железные дороги, большая часть которых не функционирует. По р. Каме осуществляется перевозка водным транспортом. Дорожная сеть развита, но находится по большей мере в неудовлетворительном состоянии. В последние годы улучшены автодороги, соединяющие г. Кудымкар с крупными населенными пунктами.

# ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА КОМИ-ПЕРМЯЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

МАСШТАБ 1:500 000

АВТОР СОСТАВИТЕЛЬ И.С.КОПЫЛОВ

2000 год

ПРИМЕЧАНИЕ: Условные обозначения для Геоэкологической карты Пермской области без сокращения

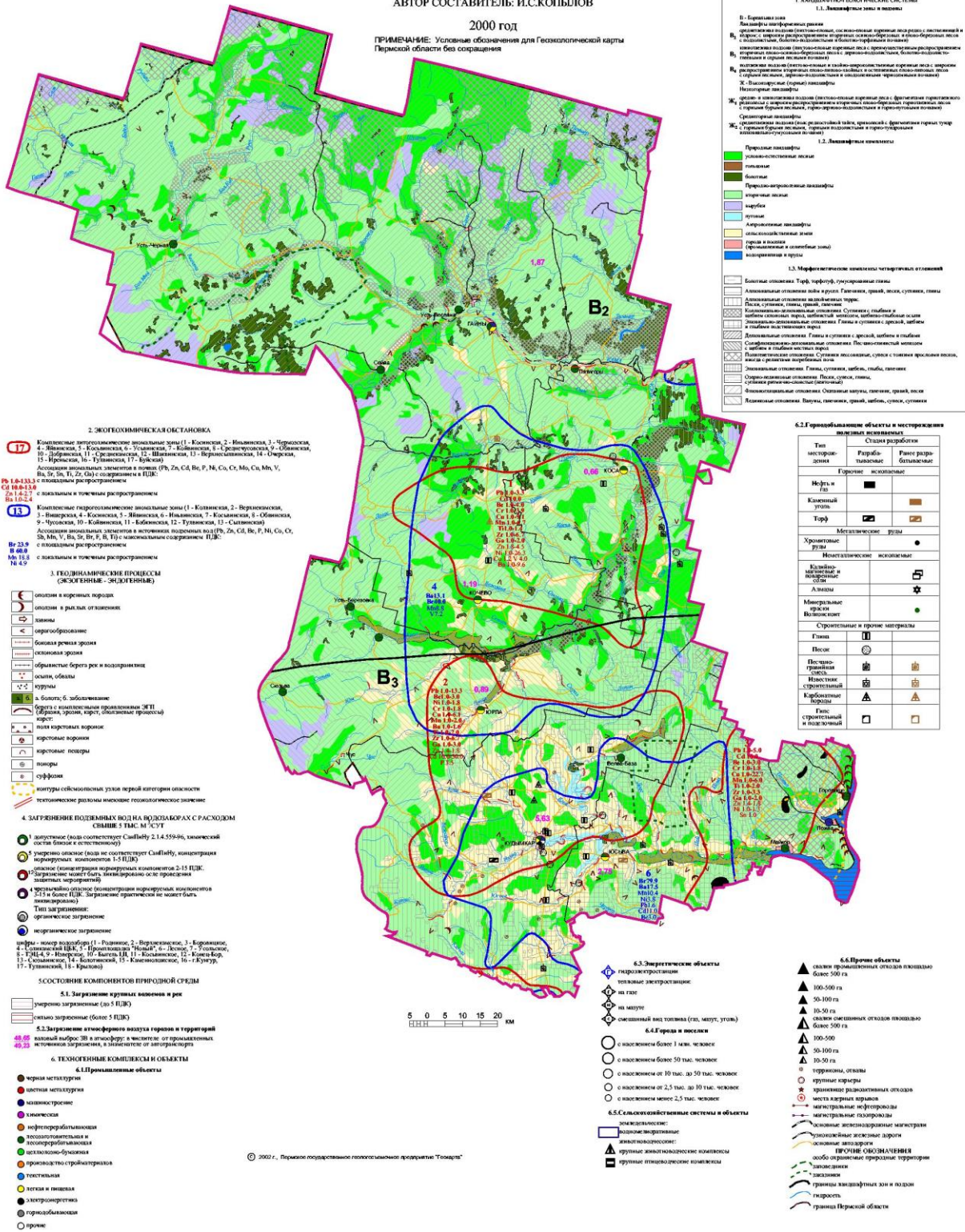


Рис. 1. Геоэкологическая карта [12]

На территории проектируется осуществление мегапроекта строительства железной дороги «Белкомур». В начале 2000-х гг. было начато строительство железной дороги Григорьевская – Кудымкар – Сыктывкар – Архангельск, которая должна улучшить социально-экономическую жизнь этого района [5, 6]. Однако в дальнейшем направление трассы было пересмотрено и перенаправлено из г. Соликамска на северо-запад через п. Гайны. Территория представляет интерес на различные полезные ископаемые, изучается геологоразведочными и поисковыми работами [35]. С целью поисков нефти и газа пробурено 115 глубоких и около 1200 структурных скважин (с увеличением плотности бурения в юго-восточной части). В юго-восточной части территории в пределах Висимской впадины разведано и разрабатывается три небольших месторождения нефти: Майкорское (ООО «УралОйл»), Романшорское (ООО «Парма-Ресурс») и Тукачевское (ОАО «Меллянефть»). Разработка месторождений нефти и газа и другие работы, связанные с геологоразведкой, оказывают наиболее сильное воздействие на природную среду [11].

*Оценка техногенного воздействия на окружающую среду территории* в целом, характеризуется низким уровнем суммарной антропогенной нагрузки, как по количеству промышленных и бытовых отходов, так и по уровню антропогенной нагрузки на атмосферный воздух, как в целом, так и по отдельным районам. Валовой выброс загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу от стационарных источников загрязнения составляет в год (для сравнения взяты 2005 и 2014 гг.) 6,1 тыс.т (Гайнский район – 1,1 и 0,3, Косинский район – 0,4 и 0,1; Кочевский район – 0,7 и 0,1; Юрлинский район – 0,6 и 0,1; Кудымкарский район – 3,9 и 1,1; Юсьвинский район – 1,5 и 2,3), при этом валовой выброс ЗВ в атмосферу от автотранспорта значительно больше и составляет в целом около 10 тыс.т в год [7]. Модуль атмотехногенной нагрузки в целом по КПО за последнее десятилетие составляет 0,4-0,6 т год/км<sup>2</sup>.

## **Природно-геологические факторы формирования экологических условий**

### ***Физико-географические факторы и условия***

По физико-географическому и ландшафтному районированию территория входит в бореальную таежную зону, среднетаежную подзону Восточно-Русской равнины [36], находится в пределах мегагеохор аккумулятивной равнины Северного Прикамья и денудационной равнины Среднего Прикамья [29]. Местность представляет собой слабохолмистую равнину, расчлененную речными долинами. Минимальные отметки рельефа (112 м) приурочены к берегам р. Камы, максимальные (до 329 м) – к Верхне-Камской возвышенности.

Климат умеренно-континентальный с продолжительной холодной и снежной зимой и коротким летом. Основным климатообразующим фактором является радиационный, определяющий физические процессы в атмосфере и на земной поверхности.

В гидрографическом отношении район расположен в верхнем бассейне



р. Камы, характеризуется развитой речной сетью. Главной рекой является р. Кама, а также р. Коса с притоками. Озера имеют значительное распространение и развиты в основном в речных долинах. Болота и заболоченные земли широко распространены, особенно – на левом берегу р. Камы.

Из почв преобладают подзолистые, дерновоподзолистые и торфяно-болотные почвы глинистого, суглинистого, супесчаного и песчаного состава. По геоботаническому районированию территория относится к району среднетаежных пихтово-еловых лесов, залесенность более 80 % [1, 11, 15].

### *Геологические факторы и условия*

Территория расположена в пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы. В вертикальном разрезе выделяется два структурных этажа: нижний – дорифейский складчатый кристаллический фундамент и верхний – палеозойский осадочный чехол (толщиной ок. 3 км). На поверхности преобладают терригенные породы пермской системы (с запада на восток – казанские, уржумские, северодвинские); в западной части – триасовые и юрские образования мезозоя. Коренные породы перекрыты маломощным слоем четвертичных образований – в основном аллювиальных, элювиально-делювиальных; в северной части – гляциальных и флювиогляциальных [8, 37].

В структурно-тектоническом отношении территория расположена в пределах Волго-Уральской антеклизы, в основном в пределах Камского свода и частично (в южной части) Верхнекамской впадины, Ракшинской седловины, Висимской впадины, которые осложнены рядом валов и впадин, а также – многочисленных локальных положительных и отрицательных структур [31]. Характеризуется сложными геолого-гидрогеологическими условиями [2, 14, 16, 22], резкой неоднородностью неотектонических движений. Установлено большое количество глубинных разломов, которые являются ведущим фактором формирования геоэкологических условий и геохимических аномалий [10, 17, 24, 33].

*Эколого-геодинамические условия.* По комплексу геодинамических (неотектонических) критериев (повышенная неотектоническая активность, мегатрещиноватость, расчлененность рельефа и др.), установлено 7 крупных геодинамических активных зон с площадями 750-2750 км<sup>2</sup> [13]. Установлено несколько тысяч тектонических линеаментов [18]. Они представляют собой участки повышенной геологической опасности, как для условий строительства различных объектов, так и для здоровья проживающего населения, т.е. обладают геопатогенным характером, о чем свидетельствуют статистические данные (корреляция участков повышенной геодинамической активности с местами повышенной заболеваемости населения) [21, 30].

На территории развиты различные ЭГП, из которых наибольшее развитие получили: процессы заболачивания, подтопления, просадки, связанные с суффозионно-карстовыми процессами, оползневые и эрозионные процессы. Процессы заболачивания имеют очень широкое распространение, особенно в северной части.

*Эколого-гидрогеологические условия.* На территории установлены 2

крупные гидрогеохимические аномальные зоны (АЗ): Косинская и Иньвинская АЗ с площадями 5-5,5 тыс. км<sup>2</sup> [14]. Косинская АЗ - в бассейне р. Косы, приурочена к водоносным комплексам мезозойских, уржумских и казанских терригенных отложений с изоминерами 0,2-0,5 г/дм<sup>3</sup>, с площадными аномалиями (с превышение ПДК) по Br, Ba; точечные: Mn, V. Иньвинская гидрогеохимическая АЗ расположена в бассейне р. Иньвы, приурочена к водоносным комплексам уржумских и казанских терригенных отложений с изоминерами 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>, с площадными аномалиями: Br, Ba; точечными: Cd, Mn, Ni, Be, Pb.

*Эколого-геохимические условия.* На территории расположены 4 крупные геохимические аномальные зоны (по почвам): Веслянская, Косинская, Иньвинская и Чермозская АЗ с площадями 2-3 тыс. км<sup>2</sup> [4, 9, 19, 26]. Эти аномальные зоны имеют площадное распространение элементов в почвах (с превышение ПДК в 1,5-13 раз) по: Cd, Cu, Zr, Ga, Mn, Be, Cr, Pb, Ti, Ni, Ba (до 1,4 ПДК), с локальным распространением (с превышение ПДК в 2-30 раз): Cd, Ni, Ba, Zn, Co, V, Sr, Sn, P. Основными факторами выделенных АЗ являются природные условия формирования при контролирующей роли геодинамического фактора. Техногенные аномалии имеют локальный мозаичный характер. Отмечается пространственное совпадение практически всех крупных аномалий с геоактивными зонами, характеризующимися повышенной трещиноватостью.

### **Комплексная оценка экологического состояния природной среды**

Геоэкологическая оценка экологического состояния природной среды северо-западной части Пермского Приуралья, проведенная по методике экспертно-балльной оценки и разработанным нами критериям [23] позволяет дать следующую интегральную оценку (рис. 2).

Около 41% территории, в основном северная (большая часть Гайнского района) и менее – западная части округа (западная часть Юсьвинского района) имеют благоприятное и удовлетворительное экологическое состояние (менее 20 баллов) и отвечают уровню экологической нормы. Около 45% территории в основном центральная, восточная и южная части территории характеризуется условно благоприятными экологическими условиями (напряженным состоянием, 20-40 баллов) и входят в зону экологического риска. Около 16 % территории в юго-восточной части территории (в основном – Юсьвинский район и часть Кудымкарского и Юрлинского районов), характеризуется неблагоприятными экологическими условиями (>40 баллов). Выделяются обширные геохимические аномалии, часто с опасной степенью загрязнения (более 3-20 ПДК). Эти участки классифицируются, как территории с кризисным экологическим состоянием природной среды. Наиболее неблагоприятный участок – Майкорский (48 баллов).

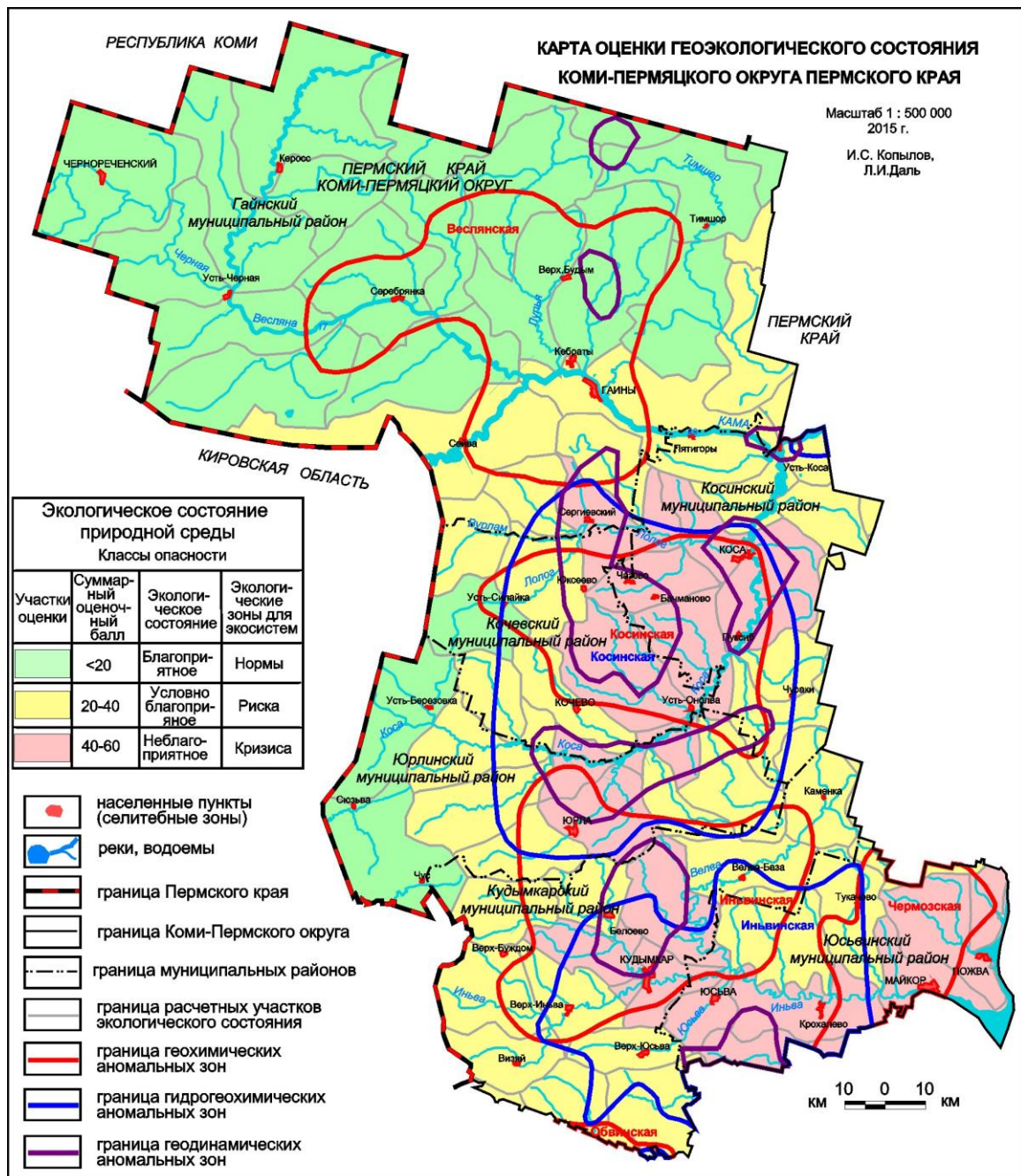


Рис. 2. Комплексная геоэкологическая оценка северо-западной части Пермского края [28]

### Заключение

Геоэкологический анализ проведен на основе материалов геоэкологического, ландшафтно-геохимического картографирования территории Пермского края масштаба 1:500 000 и региональных геохимических исследований, а также современной экологической информации. Комплексная геоэкологическая оценка состояния природной среды выполнена по методикам И.С. Копылова [11, 20, 23, 25], которая в настоящее время принимается в качестве основной методики при региональной оценке экологического состояния геологической среды.

Проведенный анализ характеризует современное геоэкологическое

состояние северо-запада Пермского края, в целом, как удовлетворительное с отдельными неблагоприятными аномальными участками. Однако, по сравнению с предыдущей геоэкологической оценкой [12] площадь с неблагоприятными экологическими условиями увеличилась почти в 2 раза, что свидетельствует о тенденции ухудшения геоэкологического состояния в регионе. Необходимо организовать комплексный геоэкологический мониторинг территории, особенно – на аномальных участках с целью разработки прогнозных моделей изменения природно-геологической среды.

### **Библиографический список**

1. География Коми-Пермяцкого автономного округа / Под ред. М.Д. Шарыгина. Пермь, 1992. 143 с.
2. Гидрогеология СССР. Том XIV. Урал. М.: Недра, 1972, 648 с.
3. Даль Л.И. Геоэкологические проблемы и состояние природной среды северо-запада Пермского края // В сборнике: Геология в развивающемся мире. Пермь, 2017. С. 257-259.
4. Даль Л.И. Эколого-геохимическое состояние почвенных ландшафтов северо-запада Пермского Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 213-217.
5. Даль Л.И., Мельчакова Н.П., Трясына Е.С. Инженерно-геологические условия северо-запада Пермского края в связи с проектированием железной дороги «Белкомур» // Геология в развивающемся мире. Т.1. Пермь, 2016. С.409-413.
6. Даль Л.И., Трясына Е.С. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий северо-западной части Пермского края // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 127-130.
7. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2000-2021 гг. / Официальный сайт «Природа Пермского края». <http://www.pertecology.ru>.
8. Ибламинев Р.Г., Лебедев Г.В. Геология и полезные ископаемые Коми-Пермяцкого автономного округа. Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. из-во, 1995. 136 с.
9. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 335-339.
10. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.
11. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.
12. Копылов И.С. Геолого-экологические исследования на территории КПАО // Геологическое строение и полезные ископаемые КПАО. Кудымкар, 2003. С. 47-58.
13. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
14. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145-149.
15. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4.
16. Копылов И.С. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия Юрлинского муниципального округа: картографирование, районирование, оценка // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 205-215.
17. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
18. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
19. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология.

2012. № 2 (15). С. 16-34.

20. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.

21. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2019. 131 с.

22. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.

23. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.

24. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. №12-1. С. 172-177.

25. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ / LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.

26. 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.

27. 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.

28. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-2.

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

30. Копылов И.С., Даль Л.И. Роль геологических факторов в формировании геопатогенных зон и геоэкологической обстановки // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 12-2. С. 221-222.

31. 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.

32. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.

33. 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.

34. Копылов И.С., Копылова Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Юрлинского муниципального округа // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 102-113.

35. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 3.

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

37. [https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/pfo/komi-perm\\_ao/11\\_geol\\_kom.jpg](https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/pfo/komi-perm_ao/11_geol_kom.jpg)

## **ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СРЕДНЕ-КЕУМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Изучены гидрохимические условия загрязнения подземных вод Средне-Кеумского нефтяного месторождения в Западной Сибири. Дана оценка степени защищенности подземных вод территории исследуемого района. Приведены сведения о химическом составе подземных вод и мероприятия, предотвращающие или ограничивающие попадание загрязнителей в подземные воды.*

*Ключевые слова: подземные воды, гидрохимические показатели загрязнения, нефтепродукты, оценка степени защищенности, Средне-Кеумское нефтяное месторождение, Западная Сибирь.*

**К.А. Pronicheva**

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

## **HYDROCHEMICAL INDICATORS OF UNDERGROUND WATER OF THE SREDNEE-KEUMSKY DEPOSIT**

*The hydrochemical conditions of groundwater pollution in the Sredne-Keumskoye oil field in Western Siberia have been studied. An assessment of the degree of protection of groundwater in the territory of the study area is given. Provides information on the chemical composition of groundwater and measures to prevent or limit the ingress of pollutants into groundwater.*

*Key words: groundwater, hydrochemical indicators of pollution, oil products, assessment of the degree of protection, Sredne-Keumskoye oil field, Western Siberia.*

### **Введение**

Освоение нефтегазовых месторождений особенно сильно воздействует на почвы и приповерхностную гидросферу. Разработка месторождений, как правило сопровождается изменением гидрогеологических и гидрогеохимических условий, многие гидрогеохимические показатели вследствие воздействия нефтегазового фактора превышают предельно-допустимые концентрации (ПДК), некоторые показатели формируют локальные и площадные гидрогеохимические аномалии [3-5].

В пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции активно развивается Уватский проект, оператором которого выступает ООО «РН-Уватнефтегаз», представляет собой группу из 12 лицензионных участков и включает 22 месторождения, четыре из которых уже введены в эксплуатацию. Их геологические запасы оцениваются в 1,2 млрд тонн нефти [12].

Средне-Кеумское месторождение расположено, в 170 км к востоку от Увата, в пределах Кеумского лицензионного участка Уватского района

Тюменской области РФ (рис. 1). Ближайшие населенные пункты находятся западнее района исследований - ст. Демьянка в 89 км, п. Уват в 160 км и п. Демьянское в 125 км.

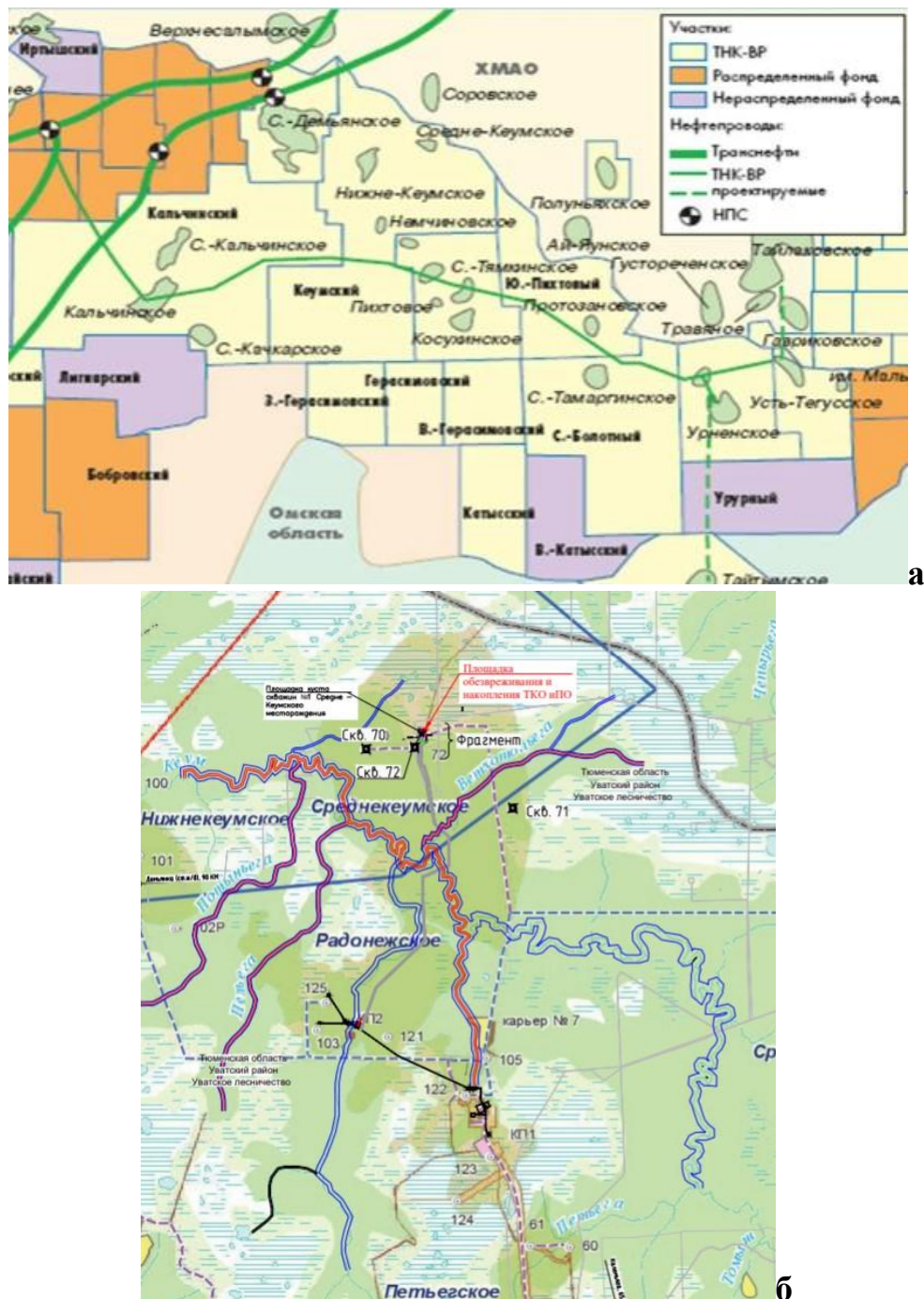


Рис. 1 Месторасположение Средне-Кеумского месторождения (а – [12], б – [10])

### Гидрогеологические и гидрологические условия

Исследуемая территория расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Обь-Иртышского междуречья и приурочена к правобережной части водосбора реки Кеум (бассейн р. Демьянка), на севере граничит с Салымским болотом.

Река Кеум – правый приток первого порядка р. Демьянка, впадает в неё на 197 км от устья. Очень извилиста. Длина – 354 км. Площадь водосбора 3630 км<sup>2</sup>. Берёт начало близ границы с Ханты-Мансийским автономным округом. Протекает по Васюганским болотам, принимая на своём протяжении более 140 притоков, из которых только 14 имеют длину более 10 км. Питание дождевое и снеговое, с преобладанием последнего. Половодье начинается в апреле, в среднем 17 числа, и заканчивается в июне – июле. В конце лета и осенью наблюдаются паводки. Средний многолетний расход воды около 20 м<sup>3</sup>/с, объём годового стока около 630 млн. м<sup>3</sup>.

В гидрогеологическом отношении район относится к верхнему гидрогеологическому этажу Западно-Сибирского артезианского бассейна. Гидрогеологические условия района характеризуется наличием следующих типов вод: подземные воды болотных отложений; подземные грунтовые воды озерно-аллювиальных отложений. Подземные воды органических (болотных) отложений приурочены к участкам болотных массивов. Подземные грунтовые воды верхнечетвертичного комплекса озерно-аллювиальных отложений на данной территории приурочены к суглинистым и песчаным отложениям.

По геологическому строению и свойству грунтов, над водоносным горизонтом располагается слой водонепроницаемых пород, который представлен глинистыми грунтами тугопластичной и полутвердой консистенции, изолирующий водоносный горизонт.

При анализе результатов качества проб подземных вод [9], выявлено превышение ПДК содержания азота аммонийного. По остальным показателям превышения ПДК не зафиксированы. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии загрязнения подземных вод, а превышения ПДК является специфической особенностью региона.

Отдельные аномальные значения могут быть обусловлены природными – геологическими факторами (повышенная геодинамическая активность, влияющая на миграцию химических веществ), но не исключается также антропогенное воздействие [3-8, 11].

## **Методика и результаты исследований**

### ***Оценка защищенности подземных вод***

Оценка защищенности подземных вод от загрязнения определяется [9]:

- наличием в разрезе слабопроницаемых отложений;
- глубиной залегания подземных вод;
- мощностью, литологией и фильтрационными свойствами пород, перекрывающих водоносный горизонт;
- поглощающими свойствами пород;
- соотношением уровней исследуемого и вышележащего водоносных горизонтов.

Оценку условий защищенности подземных вод произвели по методике, предложенной в работе [1]. Здесь сумма баллов, обусловленная грациями глубин залегания подземных вод ( $H$ ), мощностями слабопроницаемых



отложений ( $m$ ) и их литологические группы ( $a, b, c$ ), определяют степень защищенности подземных вод (табл. 1) [2].

Таблица 1

Схема для определения баллов в зависимости от глубины уровня грунтовых вод  $H$ , мощности  $m_0$  и литологии слабопроницаемых отложений

$H, м$	$H \leq 10$	$10 < H \leq 20$	$20 < H \leq 30$
Баллы	1	2	3
$m_0, м$	$m_0 \leq 2$	$2 < m_0 \leq 4$	$4 < m_0 \leq 6$
Литологические группы	а б с	а б с	а б с
Баллы	1 1 2	2 3 4	3 4 6
$m_0, м$	$10 < m_0 \leq 12$	$12 < m_0 \leq 14$	$14 < m_0 \leq 16$
Литологические группы	а б с	а б с	а б с
Баллы	6 9 12	7 10 14	8 12 16
$H, м$	$30 \leq H \leq 40$	$H \geq 40$	
Баллы	4	5	
$m_0, м$	$6 \leq m_0 \leq 8$	$8 \leq m_0 \leq 10$	
Литологические группы	а б с	а б с	
Баллы	4 6 8	5 7 10	
$m_0, м$	$16 \leq m_0 \leq 18$	$18 \leq m_0 \leq 20$	$m_0 > 20$
Литологические группы	а б с	а б с	а б с
Баллы	9 13 18	10 15 20	12 18 25

По сумме баллов выделяются шесть категорий защищенности подземных вод. Наименьшей защищенностью характеризуются условия, соответствующие категории I, наибольшей – категории VI (табл. 2) [2].

Таблица 2

Категория условий защищенности подземных вод от суммы баллов

Категория условий защищенности	I	II	III	IV	V	VI
Сумма баллов	$\Sigma \leq 5$	$5 \leq \Sigma \leq 10$	$10 \leq \Sigma \leq 15$	$15 \leq \Sigma \leq 20$	$20 \leq \Sigma \leq 25$	$\Sigma > 25$

Подземные грунтовые воды первого от поверхности водоносного горизонта гидравлически связаны с поверхностными (болотными и водами сезонно-талого слоя) и представляют единый водоносный горизонт с глубиной залегания уровня 0,1-6,6 м от поверхности земли.

Сумма баллов соответствует I категории защищенности (скорость проникновения загрязнителей в подземные воды менее 10 суток). С учетом этих обстоятельств, подземные воды первого от поверхности горизонта в пределах исследованного участка оцениваются как не защищенные [2].

### *Гидрогеохимические показатели*

Источниками проникновения загрязнений в подземные воды во время строительства на месторождении могут быть выбросы от автотранспорта геологической техники, эксплуатация нефтегазового месторождения, строительство нефтепроводов и их дальнейшая эксплуатация, а так же строительство вахтовых деревень, в которых будут проектироваться коллекторы промышленной и коммунальной канализации, а так же атмосферные осадки, которые будут смывать загрязнения с почв и отходы, накапливаемые на поверхности [1].

В связи с тем, что подземные воды данной территории не защищённые, необходимы мероприятия, которые будут позволять уменьшать проникновение загрязняющих веществ и своевременный отбор проб подземных вод для контроля загрязнения. В связи с этим были отобраны пробы в 5 точках для измерения химического состава подземных вод и оценке уровня загрязнения. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав подземных вод

Наименование ингредиента	ПДК	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5
Нитрит-ион	3,3	0,040	0,043	0,049	<0,02	<0,02
ХПК	-	67	45	78	103	82
Ртуть	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Цинк	1	0,033	0,16	0,012	0,014	0,052
Свинец	0,01	0,0175	0,013	0,0053	0,0048	0,0051
Никель	0,02	0,0064	0,0130	0,0051	<0,005	<0,005
Кадмий	0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Нитрат-ион	45	1,36	3,24	4,1	2,4	5,8
Нефтепродукты	0,30	0,029	0,044	0,034	0,041	0,0107
Мышьяк	0,01	0,0059	0,0194	0,0064	<0,005	<0,005
Азот аммонийный	1,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6
Фенолы	0,1	0,009	0,019	0,017	0,0073	0,0012

При анализе результатов качества проб, выявлено превышение ПДК по следующим показателям:

- свинец превышает ПДК в 1,30-1,76 раза в двух пробах (точки 1 и 2);
- мышьяк превышает ПДК в 1,94 раза в одной пробе (точка 2).

Естественными источниками поступления свинца в поверхностные и подземные воды являются процессы растворения эндогенных и экзогенных минералов. Соединения свинца также попадают с атмосферными осадками, из-за вымывания пород и почв.

Мышьяк может накапливаться в водоносных горизонтах, где восстановительные условия способствуют его высвобождению из железосодержащих минералов.

По остальным показателям превышения ПДК не зафиксированы. Однако, по материалам [10] в грунтовых водах отмечено превышение ПДК железа, марганца, магния, цинка, нефтепродуктов, хлорид-ионов, сухого остатка.

## **Заключение**

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии крупных загрязнений подземных вод, а превышения ПДК является специфической особенностью региона.

С тем, чтобы исключить возможность проникновения загрязняющих веществ в подземные воды, рекомендуется:

- строительные работы осуществлять в период низкого стояния подземных вод, т.е. в осеннее – зимний период;
- складирование строительных материалов, отходов, масла и смазки на водонепроницаемых огороженных площадках;
- раз в 10 дней – в период строительных работ и в течение 2 месяцев после их окончания осуществлять контроль за содержанием нефтепродуктов в подземной воде.

## **Библиографический список**

1. Гольберг В.М. *Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения*. 1984. М.: Недра, 262 с.
2. Бешенцев В.А., Трофимова Н.С. *Охрана подземных вод от загрязнения*. Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. 47 с.
3. 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.
4. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
5. Копылов И.С. *Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы*. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
6. Копылов И.С. *Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
7. Копылов И.С. *Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
8. Копылов И.С. *Формирование микроэлементного состава подземных вод и гидрогеохимических аномальных зон Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. №3(24). 30-47.
9. Осипов В.И. *Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия*. 2001. 124 с.
10. *Средне-Кеумское месторождение. Обустройство объекты инфраструктуры. 2-я очередь проектная документация Оценка воздействия на окружающую среду 1750617/1201Д003-П-022.009.000-ОВОС-01. «НК «РОСНЕФТЬ» - НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»*. Краснодар, 2021.
11. 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.
12. *Уватский проект*. <https://iv-g.livejournal.com/226804.html>.

**М.В. Рогозин**

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
Пермь, Россия [rog-mikhail@yandex.ru](mailto:rog-mikhail@yandex.ru)

## **ПРИРОДНЫЕ ФЕНОМЕНЫ В КРАСНОВИШЕРСКОМ РАЙОНЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ) И СИНЕРГЕТИКА МАЛЫХ ГЕОАКТИВНЫХ ЗОН**

*Изучены территории на горе Полюд с целью найти объекты для будущей экологической тропы. Проводили поиск поселившихся на скалах деревьев, их необычных композиций и других феноменов, в том числе геологических. Найдено 25 биологических объектов, вблизи которых биолокацией определяли местонахождение благоприятных для биоты малых геоактивных зон (МГА-зон или просто зон) с размерами 1, 3, 8, 16, 32, 55, 76 и 110 м. Оказалось, что все растительные феномены (23 объекта) были локализованы в поясах комфорта 3–5 зон указанных типов, с обязательным участием зон размером 1 м. Подтверждено выдвижение гипотезы, объясняющей их появление действием энергий, излучаемых через МГА-зоны, когда при определенном положении их центров происходит их синергетика; излучения энергий Земли по ним происходит миллионы лет, и они скрепляют горные породы, препятствуя их разрушению, а у растений (сосны обыкновенной) улучшают их рост на 42 % и увеличивают выживаемость в 39 раз. Возможно, синергетика МГА-зон улучшает также использование растениями излучений Солнца. Эта вторая часть гипотезы основана на том факте, что деревья успешно растут на плоских и наклонных скалах на редуцированной до 1–2 см почве, и почвоведы не могут объяснить это явление. При синергетике, по-видимому, возможно повышение температуры почвы и её минеральных включений, и для проверки этой части гипотезы нужна термометрия в местах природных феноменов и в местах-аналогах на однородной почве. Так как в микросейсмомагнитных исследованиях существует проблема сильных помех, то пока фито- и биоиндикация представляют собой более эффективные методы регистрации и изучения таких зон.*

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

**M.V. Rogozin**

Perm State University, Perm, Russia [rog-mikhail@yandex.ru](mailto:rog-mikhail@yandex.ru)

## **NATURAL PHENOMENA IN THE KRASNOVISHERSKY DISTRICT (PERM KRAI) AND THE SYNERGETICS OF SMALL GEOACTIVE ZONES**

*The territories on Mount Polyud were studied in order to find objects for the future ecological trail. We searched for trees that settled on the rocks, their unusual compositions and other phenomena, including geological ones. 25 biological objects were found, near which the location of biota-friendly small geoactive zones (SGA- zones or simply zones) with dimensions was determined by biolocation 1, 3, 8, 16, 32, 55, 76 and 110 m. It turned out that all plant phenomena (23 objects) were localized in the comfort zones of 3-5 zones of these types, with the obligatory participation of zones of 1 m in size. The hypothesis has been confirmed that explains their appearance by the action of energies radiated through the SGA- zones, when their synergetics occurs at a certain position of their centers; the radiation of the Earth's energies on them occurs for millions of years, and they hold rocks together, preventing their destruction, and in plants (scots pine) improve their growth by 42% and increase survival by 39 times. Perhaps the synergetics of the SGA-zones also improves the use of solar radiation by plants. This second part of the hypothesis is based on the fact that trees successfully grow on flat and inclined rocks on soil reduced to 1-2 cm, and soil scientists cannot explain this phenomenon. With synergetics, it is possible to increase the temperature of the soil and its mineral inclusions, and to test this part of the hypothesis, thermometry is needed in places of natural phenomena and in analogous places on homogeneous soil. Since there is a problem of strong interference in microseismomagnetic studies, so far phyto- and bioindication are more effective methods of registering and studying such zones.*

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

## Введение

В последние годы после каждого полевого сезона у нас появляются крайне интересные факты, «подвязка» которых к результатам предыдущих исследований позволяет выдвигать новые гипотезы и направления работ. Изучение малых геоактивных зон мы начали в 2008 г. и к настоящему времени исследования проводятся на разных по геодинамической активности территориях Пермского края [2-5].

Данная статья состоит из двух частей: в первой делается обзор уже достигнутых результатов, а вторая часть анализирует новые данные и связывает их с прежними результатами.

В последнее время в наших работах [6, 7] мы применяли геоструктурометрический анализ, морфометрию, фитоиндикацию и биолокацию с исследованиями на стыке лесоведения и геологии. До этого лесные экосистемы автор изучал классическими методами, в которых выяснилось, что влияние плотности микроценозов и генотипа дерева обуславливает размер деревьев лишь на 40 % и остаются совершенно неизвестными 60 % факторов, определяющих размер деревьев в равных фитоценотических и почвенных условиях. Поэтому началось изучение малых геоактивных зон (МГА-зон) с выдвиганием гипотезы о том, что они фрактальны «малым кольцевым структурам рыхлых отложений земной коры» Ю. И. Фивенского [9, 10].

Оказалось, что благоприятные МГА-зоны размером 1–3 м встречаются с частотой 220–250 шт./га и сосна на них сохраняется в 39 раз лучше, повышает объёмы ствола на 46 %, формирует 200-летние леса, а её крупные деревья являются хорошими индикаторами таких зон. Сети из таких зон, например, в лесном питомнике в условиях холодной весны, увеличили всхожесть семян в 7 раз. По-видимому, лесные породы эволюционировали с использованием их энергий; во всяком случае, все изученные нами виды деревьев достоверно увеличивали на них долголетие и размеры.

Механизм влияния геоактивных зон на растения удалось понять после изучения роста сосны обыкновенной в 184-летнем насаждении [8], где на план нанесли 736 деревьев и свыше 500 благоприятных зон размером от 1 до 55 м. Для зон делали геодезическую привязку к центрам оснований стволов с точностью  $\pm 1-3$  см. Далее строили диаграммы, где по горизонтали откладывали расстояние от центра основания дерева до центра ближней зоны, а по вертикали – диаметр дерева. Было выявлено три пояса: ингибирования, депрессии и комфорта. Для примера покажем зону размером 3 м. На ней данные пояса находились на следующих расстояниях от центра:

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

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

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

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

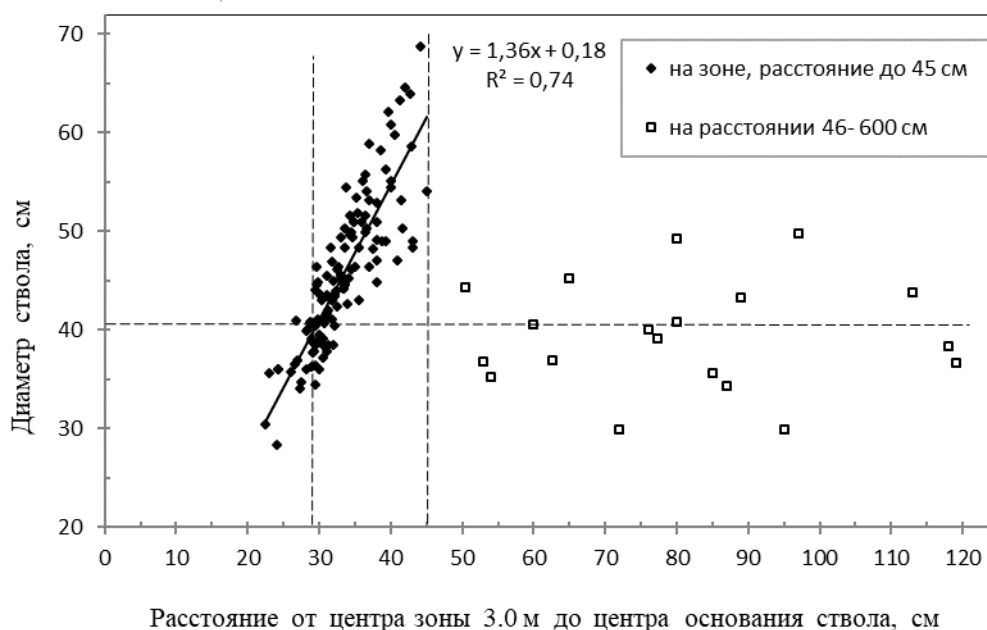


Рис. 1. Деревья сосны на зонах размером 3 м и на свободной от зон территории, до 600 см от дерева (показана часть расстояния); горизонтальная линия – средний диаметр древостоя, вертикальные линии отграничивают пояс комфорта [8, с. 133]

Для зон другого типа, с размером 1 м, после выстраивания похожей диаграммы были получены очень близкие параметры подобных поясов, а для зон с размерами 8, 16 и 32 м радиус ингибирования для роста сосны в возрасте 184 года составлял, соответственно, 32, 50 и 140 см. Для зон размером 55 и 110 м подобные пояса с приемлемой точностью определить не удалось, так как их было изучено немного [8, с. 174].

Перед полевым сезоном 2021 г. мы опубликовали статью [6], где на космоснимке г. Мунин-Тумп были обозначены перспективные для исследований места с кольцевыми структурами из скал и растений размером 30-220 м и более. Их выявление осуществлялось на космоснимках по прогалинам, цепочкам деревьев и скальным обнажениям. На рисунке ниже обозначены только их центры, так как прорисовка всего кольца закрывала бы опознающие его изменения в фототоне (рис. 2).

Среди скальных обнажений вокруг точек 46, 47, 48 опознаются кольцевые структуры диаметром 35–50 м. Еще три кольца диаметром около 110 м выстраиваются вокруг точек 41, 42 и 45. Слева внизу снимка по дуговым цепочкам деревьев и прогалинам можно выделить структуры диаметром 50-70 м вокруг точек 43, 44 и 52, и в них просматривается и второе кольцо.

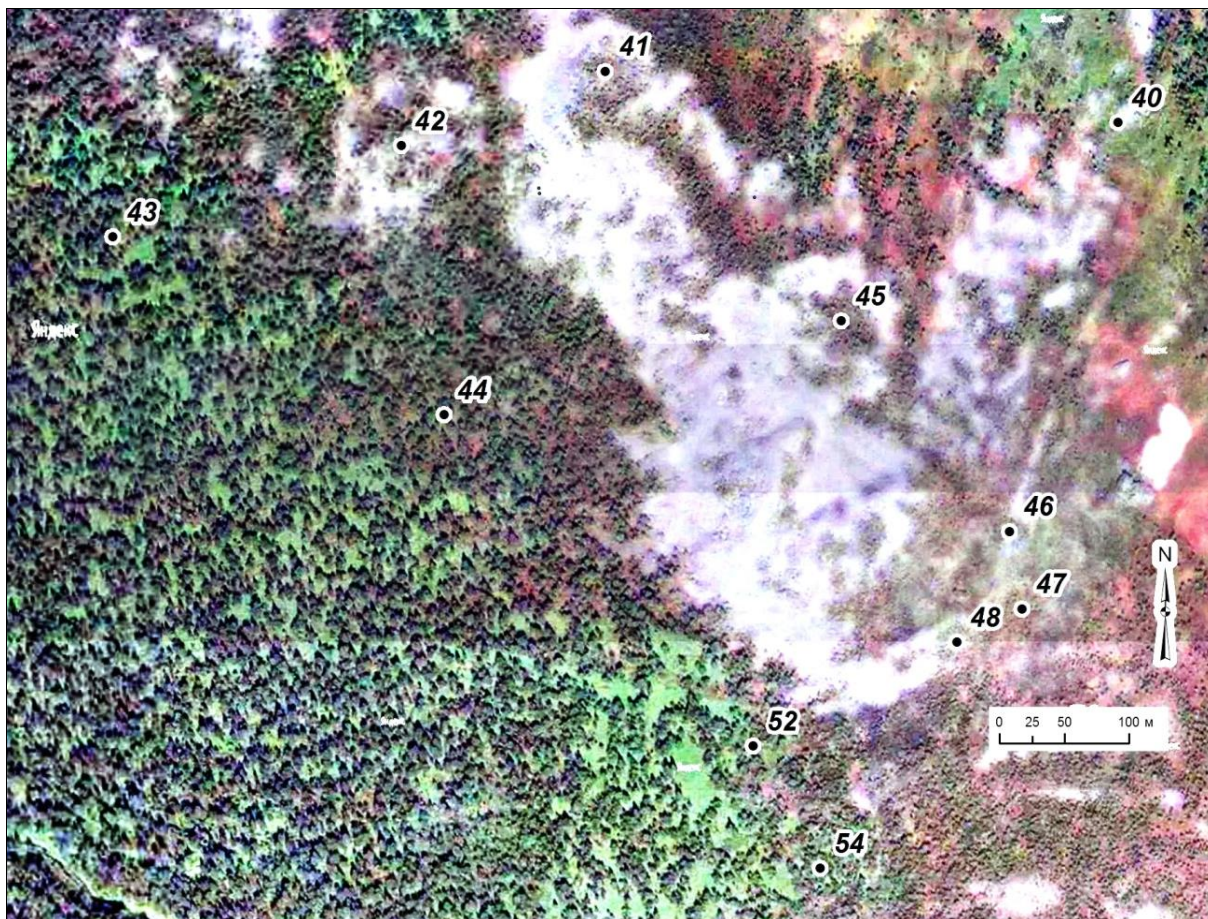


Рис. 2. Кольцевые структуры в северной части г. Муни-Тумп среди скальных обнажений (светлый фон) и в поясе редкостойных лесов (тёмный фон).  
 Координаты точки 45: N 59° 12' 25''; E 61 28' 47''.

По результатам полевых работ 2021 г. оказалось, что эти кольцевые структуры локализованы на геоактивных зонах размером 32, 55, 76, 110 и 220 м. Они подобны структурам Ю.И. Фивенского, однако их фрактальность, скорее всего, чисто внешняя, и они представляют собой особый класс глубинных энергий Земли, так как характер их излучений и размеры, определяемые биолокацией и фитоиндикацией по крупным деревьям, постоянны как в горах, так и на равнине [7].

Обычно их центры не заняты деревьями и кустарниками, но напочвенный покров там присутствует. Это похоже на пояс ингибирования роста деревьев, а так как с увеличением размера зон он увеличивается [8, с. 174], то следует ожидать его примерно в радиусе 3–5 м от центра для зон размером 55 м и более.

В этой же статье [7] была выдвинута гипотеза, что излучение энергий из недр Земли по таким кольцевым структурам происходит миллионы лет, и они скрепляют горные породы, препятствуя их разрушению, а у растений способствуют их лучшему росту и выживаемости. Так как в микросейсмомагнитных исследованиях существует проблема сильных помех [1], то на данный момент фито- и биоиндикация представляют собой пока более эффективные методы регистрации таких геоактивных зон.

## **Объекты и методика работ**

В настоящей работе мы покажем новые результаты, полученные при полевых исследованиях 2021 г. на южном склоне г. Полюд, которые проводили с целью подобрать объекты для будущей экологической тропы. Проводили не только поиск самых крупных деревьев, но и деревьев, поселившихся на скалах, их биогрупп и необычных композиций из растений, а также других феноменов, в том числе геологических. Обследовали территорию до 300 м по бокам от дороги, ведущей на вершину г. Полюд.

Всего обнаружено 25 перспективных биологических объектов. У каждого определяли координаты, описывали внешний вид, размеры, морфологические признаки, давали объекту рабочее название и фотографировали. Далее определяли уклон территории, тип почвы, тип леса, возраст и полноту древостоя, подлесок и подрост. Для точечных объектов (отдельные деревья, их биогруппы, экземпляры подроста кедра, центры крупных камней) определяли их расстояние до центров малых геоактивных зон с размерами 1, 3, 8, 16, 32, 55, 76 и 110 м, из которых последние два типа определяли впервые. Эти дискретные зоны находили биолокационным методом, детально описанным в нашей монографии [6].

## **Анализ и обсуждение результатов**

В качестве примера приведём описание некоторых объектов.

1. *Супер-ель диаметром 78 см в поясе редколесья* (рис. 1). Растет в поясах комфорта пяти геоактивных зон с размерами 1, 3, 8, 32 и 55 м. На южном склоне г. Полюд на площади до 10 км<sup>2</sup> таких деревьев ели сибирской больше не нашлось; деревья близких диаметров (79 и 85 см) ранее были найдены в заповеднике «Вишерский» в двух местах: на северном склоне г. Муни-Тумп и в урочище «Вороной»; остальные крупные деревья ели (10 шт. в 2016 г. и 8 шт. в 2019 г.) имели диаметр 48–76 см, но для них главным показателем была также высота [6]. Следует заметить, что их выделяли после обследования лесных массивов на десятках км<sup>2</sup> и статус этих трёх деревьев можно определить как деревья-феномены ели сибирской. Но самым поразительным с лесоводственной точки зрения оказалось их сравнение с самой крупной елью в Пермском крае, растущей намного южнее в лесах вблизи г. Пермь [5]: в 2017 г. её диаметр был равен 87 см, и это лишь на 2–8 см больше, чем у двух самых крупных елей в заповеднике и на 9 см меньше, чем у супер-ели на г. Полюд.

При этом следует отметить, что в месте обнаружения супер-ели вблизи вершины г. Полюд условия для деревьев весьма тяжелые, что связано с мощной снеговой нагрузкой на их кроны. В результате почти у всех деревьев их вершины периодически ломает налипающий на их кроны снег. Это происходит многократно, после чего часть деревьев погибает, а часть выживает и их кроны приобретают характерный «прижатый» вид (рис. 3 справа).

Благоннадёжный подрост кедра сибирского также оказался локализован в поясах комфорта нескольких типов малых геоактивных зон (рис. 4).





Рис. 3. Супер-ель диаметром 78 см в поясе редколесья на г. Полюд. Возраст 250 лет. У ствола внизу рулетка, растянутая на 1,0 м. Растет в поясах комфорта пяти геоактивных зон. Справа – вид с расстояния 50 м.



Рис. 4. Подрост кедра сибирского на склоне  $15^\circ$  в ельнике черничнике. Растёт в поясах комфорта трёх типов зон с расстоянием до их центров: до зоны 1 м – 38 см, до зоны 3 м – 45 см, до зоны 32 м – 880 см.

На МГА-зонах были обнаружены также и весьма необычные случаи успешного роста деревьев прямо на скалах на слое почвы всего лишь в 1–2 см; в горах Урала эти случаи отмечались нами ранее для многих деревьев, в том числе кедра сибирского [6].

При этом следует отметить, что если в прошлые годы (2016–2020 гг.) рядом с растительными феноменами, в том числе кольцевыми структурами из растений, мы не всегда определяли «старшие» МГА-зоны размером 16–110 м (тогда их лоцировали только вблизи деревьев кедра), то в 2021 г. это делали в обязательном порядке вблизи всех природных феноменов. И здесь обнаружилось много интересного.

После систематизации данных буквально все 25 объектов оказались локализованы на сочетании трёх – пяти типов МГА-зон в их поясах комфорта. Напомним, что пояса комфорта были определены нами ранее для зон размером от 1 до 32 м, а для более крупных зон определить их было затруднительно в связи с малым числом наблюдений. Систематизация новых данных приблизила возможность более точного определения параметров их поясов комфорта, а также поясов ингибирования и депрессии (табл.).

Несмотря на малые выборки, по данным таблицы можно сделать предварительное и весьма неожиданное заключение, что муравейники (объекты 18 и 21), из которых один был поистине громадных размеров, не нуждаются в энергии зон размером 1 м. В остальных случаях (23 объекта из 25) деревья, подрост кедра и папоротник предпочитали в первую очередь именно этот тип зон. С ним в комбинации наиболее часто встречались зоны 3, 8 и 32 м (19, 15 и 16 случаев), и только затем шли зоны 16, 55, 76 и 110 м (по 6–7 случаев). В последней графе показано число зон, в радиусе которых были обнаружены объекты-феномены.

Наиболее важный параметр – это расстояние от центра объекта-феномена до центра зоны, и здесь важны не столько средние, сколько минимальные величины. Это – радиусы, с которых начинается позитивное воздействие зоны. Они увеличиваются от 0,34 до 18,0 м, однако на последней самой старшей зоне размером 110 м этот радиус составил только 5,3 м. Сразу поясним, что сравнение этих 8 типов зон автором проводится впервые, и так как выборки малы, то ещё пока рано делать по ним точные выводы и находить закономерности. А они могут удивить нас даже в пределах одной зоны, где есть пояса ингибирования и комфорта и влияние с постепенным ослаблением интенсивности. С этим мы столкнулись, анализируя выборки на патогенных зонах [6], и диаграмма на рисунке 1 лишь в малой степени показывает их разнообразие, которое проявляет себя лишь при массовых наблюдениях на полях выстраиваемых корреляций.

Вместе с тем из таблицы можно взять несколько минимальных радиусов на МГА-зонах как ориентир для дальнейших поисковых исследований. Точные параметры поясов комфорта МГА-зон известны пока только для сосны обыкновенной и будут приведены в конце статьи.

Таблица

## Объекты-феномены на южном склоне г. Полюд и благоприятные геоактивные зоны вблизи них

Объект	Название объектов	Обозначение	Расстояние (м) от центров зон с размерами:								Итого зон
			1 м	3 м	8 м	16 м	32 м	55 м	76 м	110 м	
1	Ель высотой 27 м	Е 46	0,38	0,41	2,6		11,0				4
5	Папоротник-многоножка	Пап	0,50	0,50			7,8	16,0		24,0	5
9	Берёза «поднимает» камень	Б 42	0,42	0,55			10,5				3
11	Биогруппа 2Б1Е	Б 38	0,4	0,4	3,3			8,1			4
12	«Грот рябчиков»	Е 44	0,42		2,6	2,8					3
13	Кедр в ловушке из рябин	К	0,40	0,52		2,6			37,0	48,0	5
14	Геоактивная зона 110 м	Б 40	0,40	0,48		11,7			23,0	5,3	5
	от зоны на запад 30 м	Б 44	0,38	0,41			16,0		18,0	33,0	5
15	Две ели на камнях	Е 16	0,34		3,5		9,0				3
		Е 17	0,38		3,2		8,2				3
16	Кедр на краю камня	К 20	0,38	0,42		3,2			19,0		4
17	Кедр, подрост на скале 7м	К	0,41	0,45	3,4	6,1	10,4				5
18	Мирме-фито группа: муравейник Д=0,7 м и ель	Мурв		1,30	2,8		10,5				3
		Е 54	0,42		3,2		8,2				3
19	Подрост кедр на камне	К	0,40	0,56				10,1			3
20	Береза и ель, «наползающие» на камень	Е 28	0,40		3,6		5,3				3
		Б 34	0,35	0,44	3,4		4,7				4
21	Супер-муравейник 3,0 м	Мурв		1,5	2,7			6,5	36,0		4
22	Супер-ель 78 см, 16.6 м	Е 78	0,57	0,55	2,6		11,0	10,1			5
24	Подрост кедр	К	0,38	0,45			8,8				3
25	Биогруппа К+Е, между ними 64 см	К 38	0,4	0,48	2,56		5,6				4
		Е 39	0,42	0,50	2,5		4,9				4
27	Яма с плоскими камнями	Е 44	0,39		3,1	7,6			32,0	5,6	5
28	Кедр и вросшая в него ель	К 70	0,55	0,55		5,7		6,6		48,0	5
29	Красивый подрост кедр	К	0,40	0,46			10,8				3
	Статистические показатели:										
	число		23	19	15	7	16	6	6	6	98
	минимум		0,34	0,40	2,5	2,6	4,7	6,5	18,0	5,3	3
	среднее		0,41	0,58	3,0	5,7	8,9	9,6	27,5	27,3	3,9
	максимум		0,57	1,5	3,6	11,7	16,0	16,0	37,0	48,0	5

Примечание: Е – ель. К – кедр, Б – берёза, Пап - папоротник, Мурв – муравейник; рядом с индексом цифра указывает диаметр ствола дерева. а если её нет, то это подрост.

В горах Среднего Урала существует дефицит тепла и избыточное увлажнение и здесь болота формируются даже на пологих склонах. Поэтому, как мы предполагаем, растения подпитываются энергией МГА-зон и хорошо растут на внешних кольцах «старших» зон размером 16–110 м, но только там, где в обязательном порядке есть «младшие» зоны размером 1, 3 и 8 м. Именно на них мы находили самые крупные деревья и кольцевые структуры растений

диаметром 0,7–0,8 м из чемерицы Лобеля (*Verátrum lobeliánum* Bernh.) и кольца большего размера по 2,4–3,0 м из папоротника щитовника мужского (*Dryopteris filixmas* L.) [8, с. 68].

То есть кольца из растений на высотах 550 м и более образуются на «младших» зонах с размерами 1, 3 и 8 м, когда они встраиваются в кольца комфорта «старших» МГА-зон размером 16–110 м. Ранее было установлено [7, с. 90–95], что сети «младших» зон с ячейками от 3–5 до 14–20 м меняют ориентацию на разломах разного генезиса. Эти изменения как раз и объясняют неполное размещение растений на рисунке 2 по внешнему кольцу «старших» зон, когда «младшие» зоны выходят из него.

Такое их взаимодействие похоже на интерференцию, но её картины смазаны и осложнены линейными цепочками деревьев. Вместе с тем, на высотах ниже 500 м, в долинах рек и на равнине потребность растений в энергии от «старших» МГА-зон, по-видимому, ослабевает, так как деревья там растут в любых местах, и выделить «старшие» зоны по космоснимкам трудно. Но крупные деревья обязательно локализуются на их кольцах комфорта.

В практических целях можно применить знание о том, что зоны размером 1, 3 и 8 м встречаются обычно через 3–7 м, иногда – через 1–2 м. Каждая имеет пояс комфорта, расположенный от центра на следующих расстояниях (данные по сосне [Рогозин и др., 2020, с. 174]):

- зона 1 м – в радиусе 31–48 см (ослабленное влияние до 75 см);
- зона 3 м – в радиусе 31–48 см (ослабленное влияние до 150 см);
- зона 8 м – в радиусе 91–320 см;
- зона 16 м – в радиусе 145 см и далее;
- зона 32 м – в радиусе 175 см и далее;
- зона 55 м – начиная с радиуса 270 см (с учётом данных таблицы).

Здесь даны значения для «чистого» влияния зон, в которых росли только деревья, не находившиеся под влиянием других зон. Эти радиусы определяли на диаграммах с сотнями точек-деревьев, тогда как выше в таблице их лишь несколько, и их влияние сочетается с влиянием других зон.

«Старшие» зоны размером 16–55 м в поясах комфорта нейтральны для роста сосны, и на них она имела достоверно не отличающиеся от контроля диаметры. Однако если в эти зоны встраивалась комбинация сразу двух зон размером 1 и 3 м, то в поясах комфорта этих синергично действующих МГА-зон сосна увеличивала диаметр до 134 % при объёмах ствола в 1.9 раза больше, чем на контроле [8, с. 187].

Наиболее благоприятно на все виды растений действуют зоны размером 1 и 3 м. Однако на севере для ели сибирской необходимо дополнительно наличие зоны 8 м, а для кедра сибирского – обязательно хотя бы одной из «старших» зон размером 16 м и более, что и наблюдается выше в таблице. В связи с этим, например, при ландшафтном проектировании композиций из скал и деревьев необходимо сочетать пояса комфорта 3–5 зон: обязательно двух «младших» и одной-трёх «старших». Тогда успех будет обеспечен.

Эти же сочетания зон следует использовать и при поиске мест для проверки гипотезы о синергичности МГА-зон, а также второй её части, где

возможна их синергичность с излучением Солнца. Проверка гипотезы может быть представлена как термометрия почвы на глубине 2–5 см в течении нескольких суток на серии опытных точек, где сочетаются пояса комфорта 3–5 зон. Закладка контрольных точек возможна по нескольким вариантам: 1) отсутствие зон размером 1, 3 и 8 м; 2) отсутствие зон размером от 1 до 32 м; 3) отсутствие зон размером от 1 до 110 м. Последний вариант контроля найти труднее всего, так как свободные от влияния МГА-зон места занимают менее 3–5 % территории [8].

### **Заключение**

Таким образом, биотические феномены образуются в поясах комфорта 3–5 малых геоактивных зон размером от 1 до 110 м. Подтверждено выдвигание гипотезы, объясняющей появление таких феноменов действием энергий, излучаемых через эти зоны, когда при определенном положении их центров происходит их синергетика; излучения из недр Земли по ним происходят миллионы лет, и они скрепляют горные породы, препятствуя их разрушению, а у растений максимально улучшают их рост и выживаемость. Возможна и их синергетика с излучением Солнца. Эта часть гипотезы основана на том, что деревья успешно растут на плоских и наклонных скалах на слое почве всего 1–2 см. При синергетике возможно повышение температуры почвы и её минеральных включений, и для проверки гипотезы нужна термометрия в местах-аналогах. Так как в микросейсмомагнитных исследованиях существует проблема сильных помех, то пока фито- и биоиндикация более эффективны при регистрации и изучении таких зон и природных феноменов.

### **Библиографический список**

1. Гульельми А. В. Ультранизкочастотные электромагнитные волны в коре и в магнитосфере Земли // *Успехи физических наук*. 2007. Том 177. № 12. С. 1257–1276.
2. Копылов И. С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.
3. Копылов И. С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография*. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 152 с.
4. Копылов И. С. *Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
5. 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.
6. Рогозин М. В., Михалев В. В. *Высшие растения – фитоиндикаторы геоактивных зон в горах и на равнине // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. Том 20. № 1. 2021. С. 373–378. DOI : <https://doi.org/10.14258/pbssm.2021075>
7. Рогозин М. В., Михалев В. В. *Энергии Земли и их влияние на растительные сообщества // Фундаментальные и прикладные аспекты биоинформатики, биотехнологии и недропользования: Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием (Пермь, 18 – 20 октября 2021 г.)*. ПГНИУ: Пермь, 2021. С.124-127.
8. Рогозин М. В., Михалев В. В., Рыбальченко А. Я. *Лесные экосистемы и факторы неотектоники*. Пермь: ПГНИУ, 2020. 249 с. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/mono/rogozin-mikhalev-rybalchenko-lesnye-ekosisemy-i-factory-neotektoniki.pdf>
9. Фивенский Ю. И. *Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры / Научное открытие*. Диплом ОТП РАН № 02-д/02 от 22.10.2002.
10. Фивенский Ю. И. *Использование материалов аэрокосмических съёмок для изучения земной коры // Геодезия и картография*. 2006. №1. С. 44–52.

## **ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ПЕРМСКОГО ГОРОДСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ**

*В статье приведены результаты лесопатологических обследований насаждений Пермского городского лесничества, указаны основные вредители и болезни, а также степень их повреждения. Приведены графики распределения деревьев по категориям состояния, а также по фактическому объему заготовленной древесины. Рекомендованы мероприятия по улучшению санитарного состояния.*

*Ключевые слова: древесные насаждения, лесопатологическое обследование, санитарно-оздоровительные мероприятия, категории состояния, бурелом, ветровал, вредители, болезни, полнота насаждений, Пермский край.*

**A.V. Khamatova**

Perm State University, Perm, Russia

## **ASSESSMENT OF THE SANITARY STATE OF FORESTS OF THE PERM URBAN FORESTRY AND MEASURES FOR ITS IMPROVEMENT**

*The article presents the results of forest pathology surveys of plantings of the Perm city forestry, the main pests and diseases, as well as the degree of their damage. Graphs of the distribution of trees by categories of condition, as well as by the actual volume of harvested wood, are given. Measures to improve the sanitary condition are recommended.*

*Keywords: tree plantings, forest pathology examination, sanitary and health measures, categories of condition, windbreak, windbreak, pests, diseases, completeness of plantings, Perm Krai.*

### **Введение**

Лесонасаждения России активно подвержены комплексу неблагоприятных факторов, под воздействием которых лесные насаждения теряют устойчивость. Из-за влияния таких факторов происходят процессы дигрессии лесных насаждений, они теряют устойчивость, и более не способны сопротивляться патогенным организмам.

Понятие устойчивости и санитарного состояния на сегодняшний момент звучат как синонимы, некоторые авторы (А.А. Рожков, Ю.И. Дробышев), устойчивость определяют, как совокупность характеристик, а санитарное состояние – это взаимодействие этих характеристик [1, 16].

Пермский край имеет сложные природные и техногенные геоэкологические условия [2-8] и является одним из многолесных регионов Российской Федерации, площадь лесов составляет 71% от территории края.

Оценка санитарного и лесопатологического состояния лесов необходима для предотвращения возникновения очагов массового распространения вредителей, болезней, а также предотвращения пожаров и незаконных рубок.

При проведении лесопатологических обследований (далее – ЛПО) осуществляется комплекс мероприятий, включающий оценку санитарного состояния насаждений с нарушенной и утраченной устойчивостью и (или) обследование насаждений, поврежденных (пораженных) вредителями (болезнями) леса, проводимый визуальным (рекогносцировочным) и инструментальным (детальным) способами [1].

При проведении ЛПО руководствуются приказом № 480 Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [12].

По результатам ЛПО назначают санитарно-оздоровительные мероприятия (СОМ). Они проводятся с целью улучшения санитарного состояния лесных насаждений, уменьшения угрозы распространения вредных организмов, обеспечения лесными насаждениями своих целевых функций, а также снижения ущерба от воздействия неблагоприятных факторов (вредные организмы, воздействие огня, погодные условия, почвенно-климатические факторы и другие, биотические и абиотические факторы, наносящие ущерб устойчивости или целевой функции лесов) [14].

В настоящее время площадь городских лесов Перми составляет 37 972 га, что составляет почти половину площади города. Они находятся в ведении МКУ «Пермское городское лесничество», осуществляющего лесотехнические мероприятия и мероприятия по охране, защите и благоустройству лесов. В состав муниципального казенного учреждения «Пермское городское лесничество» входит более 379 км<sup>2</sup> лесных массивов, распределенные между пяти участковыми лесничествами: Верхне- Курьинским, Левшинским, Мотовилихинским, Нижне-Курьинским и Черняевским (табл. 1)

Таблица 1

Структура Пермского городского лесничества

№	Наименование участковых лесничеств	Административный район города Перми	Общая площадь, га
1	Верхне-Курьинское	Орджоникидзевский Дзержинский Ленинский Мотовилихинский	7743
2	Лёвшинское	Орджоникидзевский Свердловский	10451
3	Мотовилихинское	Мотовилихинский Свердловский	11677
4	Нижне-Курьинское	Кировский Дзержинский	7334
5	Черняевское	Дзержинский Индустриальный	767
<b>Всего по Пермскому городскому лесничеству</b>			<b>37972</b>

Пермское городское лесничество расположено в центральной части Пермского края на территории земель города Перми. МКУ зарегистрирована по адресу г. Пермь, ул. Советская, д. 22. МКУ «Пермское городское лесничество» находится в ведении управления по экологии и природопользованию. Основными его направлениями деятельности являются:

1. Реализация программы использования, охраны защиты и воспроизводства городских лесов;
2. Благоустройство городских лесов;
3. Осуществление мониторинга за санитарным состоянием городских лесов;
4. Организация и проведение первичных мер по профилактике лесных пожаров;
5. Обеспечение соблюдения режимов охраны и пользования особо охраняемых природных территорий;
6. Уборка рассеянного мусора в местах отдыха и вдоль дорожно-тропиночной сети;
7. Выдача заключений о земельных участках относительно городских лесов.

**Цель:** определение санитарного состояния лесных насаждений, видового состава вредителей и болезней Пермского городского лесничества.

**Задачи:**

1. Выявить основные виды вредителей и болезней древесных насаждений.
2. Провести лесопатологическое обследование.
3. Проанализировать полученные результаты.
4. Назначить лесохозяйственные мероприятия.

**Объект исследования:** Древесные насаждения Пермского лесничества.

**Предмет исследования:** Санитарное и лесопатологическое состояние Пермского лесничества.

В работе были использованы материалы, предоставленные МКУ «Пермское лесничество»: акты осмотра лесосеки, акты лесопатологического обследования, сведения об очагах вредителей и болезней леса, а также сведения о повреждении и гибели лесов; ежегодные доклады о качестве окружающей среды Пермского края.

### **Краткая характеристика природных условий**

Город Пермь расположен на восточной окраине Восточно-Европейской платформы (равнины), на берегах реки Камы, крупнейшего левого притока Волги, к югу от устья реки Чусовой.

Рельеф в черте города – всхолмленная равнина в долине реки Камы. Левый берег выше правого, сильнее расчленён логами и оврагами. Особенностью Перми является то, что в пределах города течёт множество малых рек, которые протекают преимущественно по многочисленным тектоническим нарушениям и городским оврагам.

Климат Перми – умеренно-континентальный. Близость Камского водохранилища вызывает повышенную влажность. Средняя годовая



температура в г. Перми + 1,8° С. Снежная продолжительная зима со средней температурой -15 -20 С. Умеренно-теплое лето в температурных границах +18 +23С. Среднегодовое количество осадков составляет 616-638 мм. Повышенная влажность обусловлена расположением на реке и близостью Камского водохранилища.

Согласно схеме ботанико-географического районирования (Овёсов, 1997) [11] г. Пермь расположен в районе широколиственно-елово-пихтовых (подтаёжных) лесов. Длительное антропогенное воздействие повлекло за собой значительное изменение естественного растительного покрова. Структура растительного покрова г. Перми складывается из естественных фитоценозов, искусственных насаждений, рудеральных ассоциаций и сельскохозяйственных угодий, что характерно и для других крупных городов).

Основным компонентом природного почвенного комплекса являются дерново-среднеподзолистые тяжелосуглинистые почвы, сформированные на терригенных породах уфимского яруса нижней перми [2-8]. В долинах рек широко распространены дерновые, дерново-глееватые, аллювиальные и торфяно-болотные почвы [10].

Схематическая карта Пермского городского лесничества представлена на рис 1.

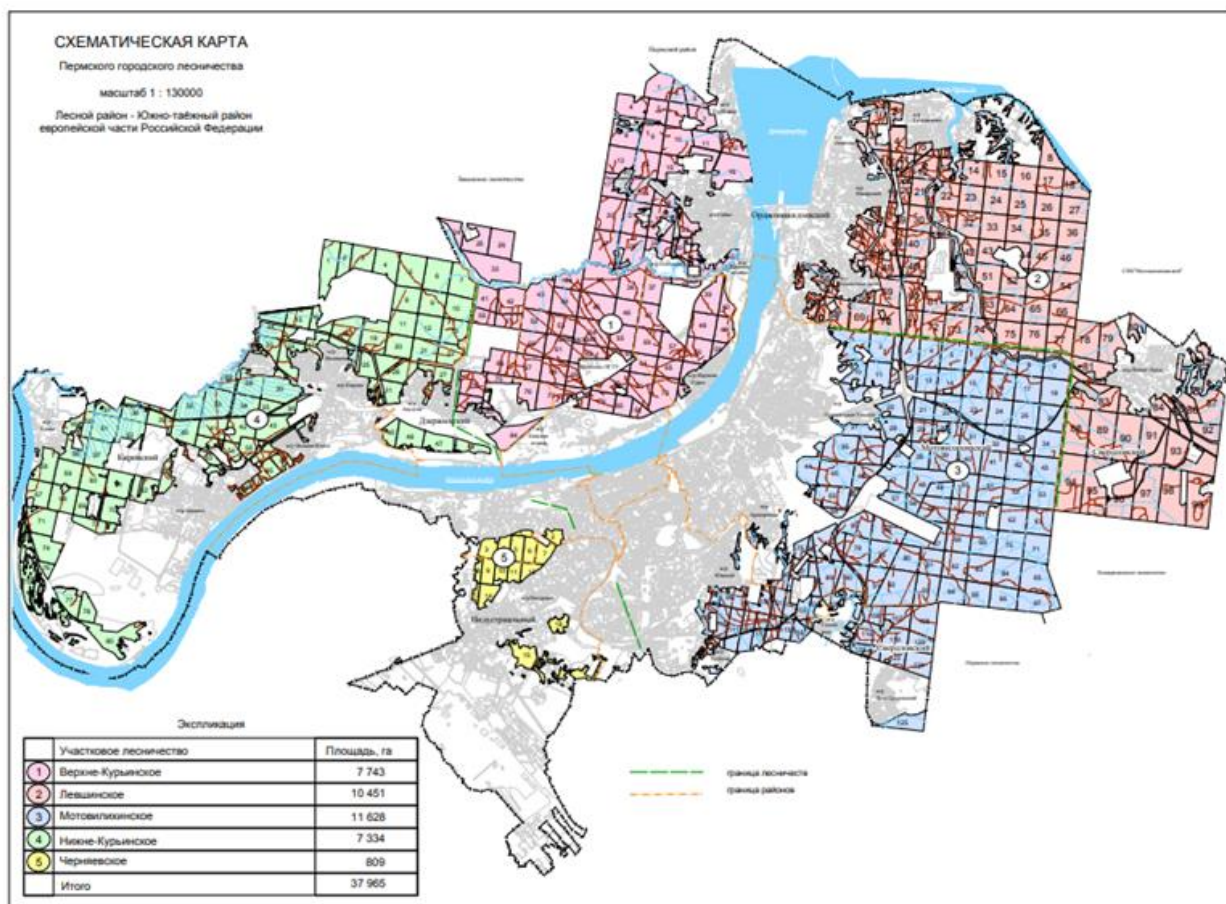


Рис.1. Схематическая карта Пермского городского лесничества [2]

## **Методика исследования**

Лесопатологическое обследование проводилось визуальным способом. ЛПО визуальным способом планируются на основе информации о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов, полученной в результате осуществления государственного лесопатологического мониторинга, государственного мониторинга воспроизводства лесов, мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров, а также информации, полученной от уполномоченных органов, граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей и юридических лиц.

В процессе ЛПО производятся: Определение причин повреждений (или гибели) лесных насаждений, а также выявление аварийных деревьев; определение местоположения и границ поврежденных лесных участков; определение текущего санитарного и лесопатологического состояния лесных участков; назначение мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов, в том числе профилактических мероприятий по защите лесов, а также агитационных мероприятий (далее - мероприятия) в первую очередь на лесных участках, предоставленных для осуществления рекреационной деятельности, в ценных лесах.

При лесопатологическом обследовании определяются таксационная характеристика по обследуемому лесотаксационному выделу, при необходимости по лесопатологическому выделу, причины ослабления и гибели насаждений, характер усыхания, распределение деревьев по категориям состояния или степени объедания (доля деревьев на поврежденном лесном участке с визуальными признаками повреждения, выраженная в процентах, или уровень повреждения отдельных частей дерева) в % от запаса насаждения, а также признаков повреждений деревьев и доли повреждённых деревьев с наличием этих признаков.

При проведении ЛПО визуальным способом определение санитарного и лесопатологического состояния лесных насаждений проводится путем глазомерной оценки. Глазомерная оценка проводится по состоянию крон деревьев в соответствии со шкалой категорий состояния деревьев, установленной Правилами санитарной безопасности в лесах.

При глазомерной оценке состояния лесных насаждений, повреждённых различными факторами, в акте лесопатологического обследования указываются: повреждения пожарами, ветрами, хвое-листогрызущими насекомыми, стволовыми вредителями и болезнями.

По результатам глазомерной оценки производится распределение деревьев по категориям состояния в процентах от общего запаса обследуемого лесного насаждения по древесным породам и в целом для обследуемого лесного насаждения.

По результатам ЛПО визуальным способом в акте лесопатологического обследования прогнозируется развитие очагов вредных организмов, изменение площади ослабленных и усыхающих лесных насаждений, указываются площади лесных насаждений с нарушенной и утраченной устойчивостью, а

также указываются назначенные профилактические мероприятия по защите лесов, агитационные мероприятия [15].

### Результаты и обсуждения

На начало 2019 года В Пермском городском лесничестве выявлено 3 га лесов, поврежденных стволовыми вредителями, а именно короедом-типографом. Данные насаждения требуют проведения санитарно-оздоровительных мероприятий: выборочных санитарных рубок, уборку ветровальных и буреломных деревьев, и т.п.

Болезнями леса на начало отчетного года было повреждено 142 га, в том числе 20 га – повреждены корневой губкой. Проведёнными санитарно-оздоровительными мероприятиями в течение года было ликвидировано 19 га поврежденных болезнями древесных насаждений.

Всего за отчетный период с января по декабрь 2019 года 96,3 га лесов было повреждено насекомыми-вредителями, погодными условиями и почвенно-климатическими факторами – 90,9 га. Самый большой ущерб причинили болезни – 1 193,8 га, в том числе по степени усыхания лесных насаждений 4,1 – 10% - 975,7 га, 10 – 40% - 218,1 га (рис. 2).



Рис.2. Проведенные лесопатологические обследования в участковых лесничествах Пермского городского лесничества и причины их ослабления

Лобановское участковое лесничество. В выделе 16 квартала 162 Лобановского участкового лесничества, площадью 18,7 га проводилось инструментальное обследование. Дата проведения обследования: 5.10.2019 г. Состояние насаждений – с нарушенной устойчивостью. Основной причиной является повреждение усачем черным пихтовым большим (*лат. Monochamus urusovi*) (рис. 3) и грибом – трутовиком ложным осиновым (*лат. Phellinus tremulae*) (рис. 4). Усач черный пихтовый большой повреждает разные породы:

пихты – в данном квартале со слабой степенью заселения, с площадью очагов – 4,7 га, и площадью отработанных насаждений – 11,8 га и ели – со средней степенью заселения. Площадь очагов вредителей на елях – 11,8 га, площадь отработанных деревьев данной породы – 23,5 га.

Трутовик ложный осиновый имеет слабую степень поражения и встречаемость 11,8 %. Также на березах можно встретить трутовик окаймленный (лат. *Fomitopsis pinicola*) (рис. 5) – со степенью встречаемости 1,8%.



Рис.3. Усач черный пихтовый большой (лат. *Monochamus urussovi*)



Рис.4. Трутовик ложный осиновый (лат. *Phellinus tremulae*)



Рис. 5. Трутовик окаймленный лат. *Fomitopsis pinicola*)

В результате ЛПО выборке подлежало 18,4% деревьев, в том числе 2,3% - сильно ослабленных; 1,8% - усыхающих; 1,4% - свежего сухостоя; свежего бурелома – 1,6%; старого бурелома – 6,7% и 0,4% - старого ветровала.

Распределение деревьев по категориям состояния представлены на рисунке 6.

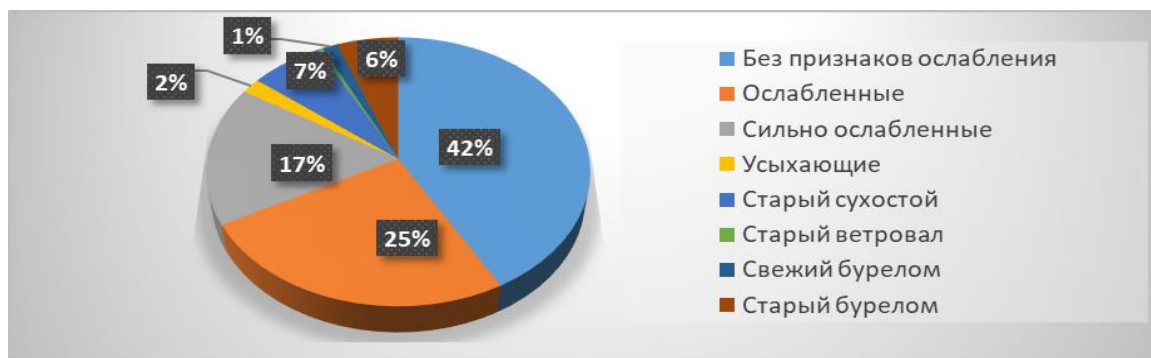


Рис.6. Распределение деревьев по категориям состояния в выделе 16 квартала 162 Лобановского участкового лесничества

Рекомендуется проведение выборочной санитарной рубки объемом 604 м<sup>3</sup>.

В выделе 13 квартала 161 Лобановского лесничества площадью 9,7 га. Сильная степень повреждения насаждений усачем черным пихтовым большим (лат. *Monochamus urussovi*) (Рис.2). Заселенность усача на насаждениях пихты – 3,6 %, отработанных деревьев – 30,9 %. Встречаемость вредителя на ели – 12,5%, отработанных деревьев- в 2,5 раза больше - 33,3%.

Среди болезней распространен трутовик ложный осиновый (лат. *Phellinus tremulae*) (рис.3) со средней степенью поражения и встречаемостью 21,7% и губка корневая (лат. *Heterobasidion annosum*) (Рис.7), повреждающая в основном еловые насаждения данного лесничества со степенью встречаемости в 3 раза меньше – 7,3%.



Рис.7. Губка корневая (лат. *Heterobasidion annosum*)

В результате ЛПО выборке подлежит 20,1% деревьев, из них 4,2% - сильно ослабленных, 1,6% - усыхающих, по 0,3% - свежего сухостоя и ветровала, 14% - старого сухостоя. Год образования старого сухостоя 2015 г. – 2018 г. Полнота лесного насаждения после уборки деревьев, подлежащих рубке, составит 0,69. критическая полнота для данной категории лесных насаждений составляет 0,3.

На рис. 8 представлена диаграмма по распределению деревьев по категориям состояния.

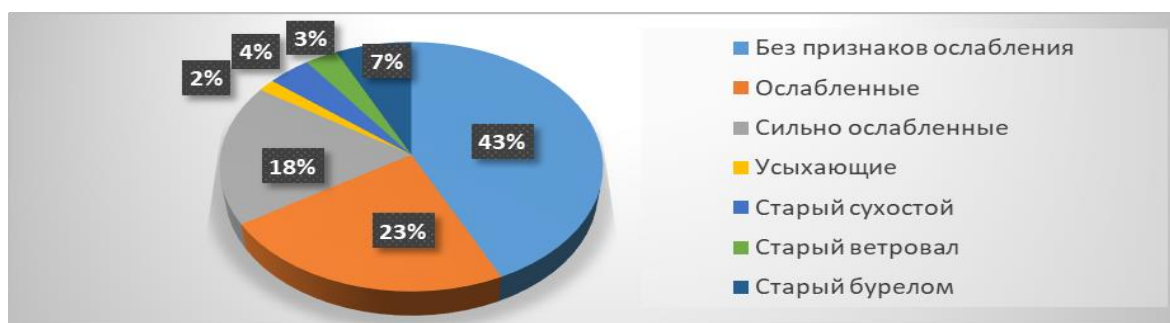


Рис. 8. Распределение деревьев по категориям состояния в выделе 13 квартала 161 Лобановского участкового лесничества

С целью предотвращения негативных процессов или снижения ущерба от их воздействия назначена выборочная санитарная рубка на всей площади выдела – 9,7 га с выбираемым запасом на выдел 546 м<sup>3</sup>.

В квартале 71 осмотр производился на общей площади лесосеки 40,2 га. На данной территории производились добровольные выборочные рубки (ДВР). Лесотаксационные выдела 9, 10 и 17 рубками не тронуты.

По всей площади квартала 161 – 3,2 га. была произведена выборочная рубка. Также производилась заготовка древесины. В соответствии со справкой о фактической заготовке древесины заготовлено 277 м<sup>3</sup> древесины, из них 69 м<sup>3</sup> деловой древесины: берёзы 63 м<sup>3</sup>, осины – 33 м<sup>3</sup>, ели -19 м<sup>3</sup>, липы -12 м<sup>3</sup> и 150 м<sup>3</sup> – дрова: осина – 69 м<sup>3</sup>, берёза - 59 м<sup>3</sup>, липа -16 м<sup>3</sup>, ель – 6 м<sup>3</sup>.

В квартале 147 также производилась выборочная рубка на общей площади 21,6 га. Рубкой были затронуты: 3, 4, 10 и 19 выдела. Фактическая заготовка древесины на данном участке – 685 м<sup>3</sup>, из них – на деловую древесину приходится 375 м<sup>3</sup>, для дров – 310 м<sup>3</sup>.

В квартале 117, на общей площади 9,4 га производились выборочная рубка ПРЖ (рубка прореживания). В результате проведения рубок ухода, полнота лесных насаждений с 0,8 снизилась до 0,7.

На рис. 9 представлен график о фактической заготовке древесины Лобановского участкового лесничества. Всего было заготовлено 3 907 м<sup>3</sup> леса.

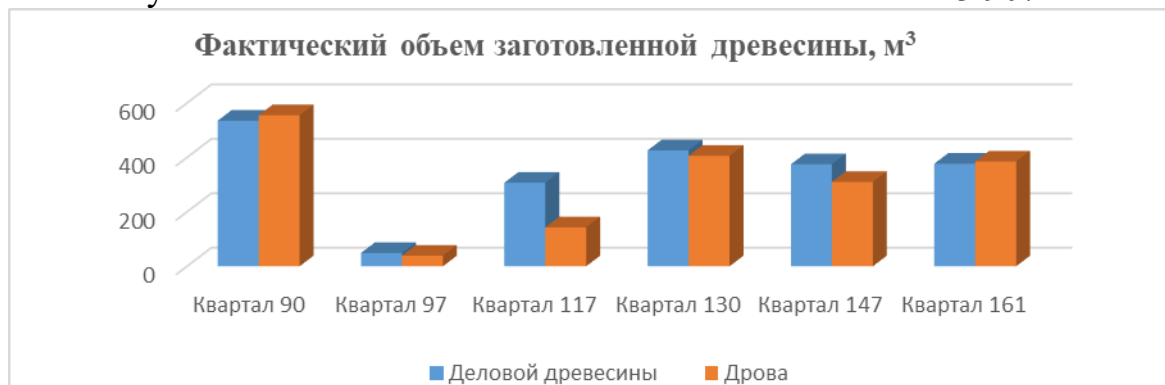


Рис.9. Фактический объем заготовленной древесины в кварталах Лобановского лесничества

Рождественское участковое лесничество. В Рождественском участковом лесничестве ЛПО проводилось в 68, 73, 106, 309 кварталах. Во всех выделах квартала 73 (8, 18, 25) осуществлялись сплошные рубки (СПР). Полнота лесных насаждений составила 0,3 - 0,4, что почти на половину меньше рекомендованной полноты 0,7.

В 106 квартале в основном проводилась добровольно-выборочная рубка (30%). Вырублено 0,5 га от всей площади 37,5 га. Общий объем заготовленной древесины равен 983 м<sup>3</sup>, из них 1 м<sup>3</sup> – для дров, остальные 982 м<sup>3</sup> – деловая древесина.

В квартале №68, имеющей полноту насаждений 0,6 и общую площадь лесосеки 19,9 га, также проводилась сплошная рубка. Объем заготовленной древесины – 2738 м<sup>3</sup> из 3819 м<sup>3</sup> предусмотренных лесной декларацией.

Равномерно-постепенная рубка (РПР 25%) осуществлялась в выделе 33 квартала № 309. Объем заготовленной древесины составляет 545 м<sup>3</sup> (100%). В выделе 28 этого же квартала так же осуществлялась равномерно-постепенная рубка (15%). Объемы заготовки древесины составили 100%, т.е. в полном объеме, предусмотренным лесной декларацией (149 м<sup>3</sup>).

Сплошная рубка проводилась также в 73 квартале, в 25, 18 и 8 выделах. В 18 и 25 выделах объемы заготовленной древесины примерно одинаковы 193 м<sup>3</sup> и 198 м<sup>3</sup>, в 25 выделе объем заготовленной древесины в 3,5 раза больше и составляет 675 м<sup>3</sup>. В основном, в 73 квартале заготавливают деловую древесину. Древесина на дрова заготавливается в 8 выделе: берёза 99 м<sup>3</sup> и осина 3 м<sup>3</sup>. Общий объем фактически заготовленной древесины в Рождественском лесничестве составляет 4 787 м<sup>3</sup>, из них 4 173 м<sup>3</sup> – деловой древесины и 614 м<sup>3</sup> – на дрова.

На рис. 10 представлены диаграммы соотношения объема заготовленной деловой древесины и остаточной древесины для дров по породам.

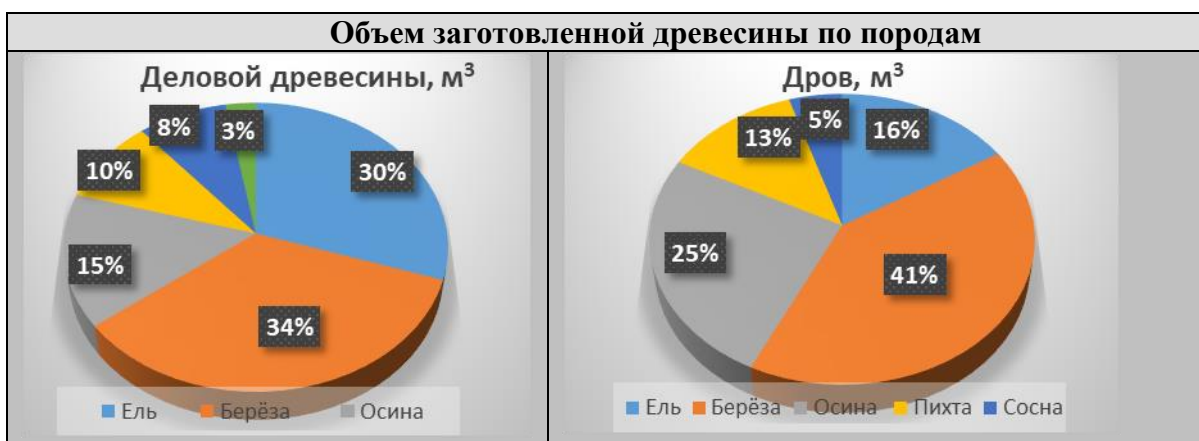


Рис.10. Объемы заготовленной древесины по породам

Кукуштанское участковое лесничество. В выделе № 3 квартала № 26 Кукуштанского участкового лесничества ЛПО назначены сплошные санитарные рубки на площади 10,8 га из общей площади выдела – 17,2 га, срок проведения 2020 -2023 гг.

Причины повреждения насаждения – буреломы, повреждение вредителями, такими как: короед-типограф (лат. *Ips typographus*) (рис. 11) и усач черный пихтовый большой (лат. *Monochamus urusovi*) (рис. 12).



Рис. 11. Короед-типограф (лат. *Ips typographus*)



Рис. 12. Усач черный пихтовый большой (лат. *Monochamus urusovi*)

На рис. 13 представлено соотношение деревьев выдела 3 квартала 26 по категориям состояния.



Рис.13. Соотношение деревьев выдела 3 квартала 26 Кукуштанского участкового лесничества по категориям состояния

На территории выдела 3 квартала 26 Кукуштанского участкового лесничества согласно акту, назначена сплошная санитарная рубка (ССР) на площади 12,4 га. Насаждение имеет признаки повреждения шквалистыми и ураганистыми ветрами, повлекших увеличение числа ветровальных и буреломных деревьев, повреждение стволовыми вредителями (короед-типограф, усач черный пихтовый большой), грибными болезнями.

На территории выдела 17, квартала № 87 Кукуштанского участкового лесничества, актом ЛПО назначены выборочные санитарные рубки на площади 8,4 га. Причиной повреждения насаждения являются стволовые вредители. Короед-типограф повреждает еловые насаждения, встречаемость его на территории квартала – 28% (средняя степень заселения лесного насаждения). Среди болезней здесь встречается губка корневая, поражающая ели и пихты



(39% пораженных деревьев), с сильной степенью поражения и трутовик окаймленный, распространяющийся в данном квартале на березах (9% пораженных деревьев). Тип очага вредных организмов: хронический. Назначается выборочная санитарная рубка на площади 8,4 га.

Выборке подлежит 27,1% деревьев, в том числе 1,6% - ослабленных, 7,7% - сильно ослабленных, свежего сухостоя и бурелома по 2,4%, старого сухостоя и ветровала – 15,4% и 1,6% соответственно и 5,1% старого бурелома. Полнота лесного насаждения после уборки деревьев, подлежащих рубке, составит 0,59 при критической полноте для данной категории лесных насаждений 0,5. Назначена ВСП на площади 8,4 га.

Актом ЛПО выдела №11, квартала № 213 Кукуштанского участкового лесничества назначено проведение ВСП на площади 26,7 га. Среди вредителей наибольший ущерб наносит короед-типограф (23% заселенных деревьев) со средней степенью заселения лесного насаждения. Среди болезней встречаются: губка корневая (лат. *Heterobasidion annosum*) (рис. 7) со средней степенью поражения и встречаемостью 25%, трутовик настоящий (лат. *Fomes fomentarius*) (рис. 14), повреждающий березу (8% пораженных деревьев). Сильную степень поражения имеет трутовик ложный осиновый (лат. *Phellinus tremulae*) (рис. 4) (35% встречаемость). Также причиной усыхания деревьев является повреждение стволов лосем.



Рис.14. Трутовик настоящий  
(лат. *Fomes fomentarius*)

Выборке подлежит 21,6% деревьев, в том числе сильно ослабленных – 15,3%, 1,3% - усыхающих, свежего и старого сухостоя 1,8% и 3,2% соответственно. Свежего бурелома 1,8%, старого- в 2 раза меньше – 0,9%. 0,2% составляет старый ветровал.

В целом, по Пермскому лесничеству по состоянию на 2 квартал 2020 года, из 200 га, планируемых к проведению ЛПО, фактически выполнено – 0 га. Из 358,29 га, планируемых для проведения санитарно-оздоровительных мероприятий выполнено 0%. Все насаждения лесничества, прошедших процедуру ЛПО, относятся к насаждениям с нарушенной устойчивостью.

### **Заключение**

В результате исследований установлено, что для профилактики возникновения очагов массового размножения вредителей, необходимо своевременно проводить рубки ухода, направленные на улучшение породного состава и качества лесов, повышение их устойчивости к негативным воздействиям и экологической роли. Также рубки ухода способствуют хорошему санитарному состоянию насаждения, так как в процессе уходов своевременно удаляют зараженные и больные деревья; предупреждают снеголом и снеговал деревьев, что часто наблюдается в загущенных насаждениях; усиливают водоохранные, водорегулирующие, почвозащитные и другие полезные свойства леса.

### **Библиографический список**

1. Дробышев Ю. И., Коротков С. А. Устойчивость древостоев: структурные аспекты / Реферативная информация. 2003. № 7. С: 2-11.
2. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. №1-2. С. 335-339.
3. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
4. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.
5. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
6. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
7. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ / LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Germany. 2012. 152 с.
8. 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.
9. Лесохозяйственный регламент Пермского городского лесничества. URL: <https://docs.cntd.ru/document/428691223>.
10. Материалы МКУ «Пермское лесничество».
11. Овеснов С.А. Местная флора. Флора Пермского края и ее анализ: учеб. пособие по спецкурсу. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. 171 с.; ил.
12. Приказ Минприроды России (Министерства природных ресурсов и экологии РФ) от 16 сентября 2016 года № 480. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420377904> (Дата обращения: 14.09.2021).

13. Приказ Минприроды России от 09.11.2020 N 910 "Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74998883/> (Дата обращения: 23.09.2021).

14. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 912 "Об утверждении Правил осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов" (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/71586764/> (Дата обращения: 3.10.2021 г.).

15. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 09.11.2020 № 910 "Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования.

16. Рожков А. А. Оценка устойчивости и состояния лесов // Лесоведение. 2003. № 1. С. 66-72.

17. Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Филькин Т.Г. Подходы к составлению картосхем почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. № 1. С. 1-10.

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСИНСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА**

*Проведены геоэкологическая и медико-демографическая оценка Осинского городского округа Пермского края. Приведены новые данные по состоянию почв, поверхностных и подземных вод и техногенной нагрузки территории. Проанализирована информация о заболеваемости и выявлена существенные риски для населения вблизи мест нефтедобычи. Составлена карта техногенной нагрузки и медико-демографическая карта.*

*Ключевые слова: окружающая среда, загрязняющие вещества, здоровье населения, нефтедобыча, Осинский район, Пермский край.*

**V.N. Chekmenev**

Perm State University, Perm, Russia

## **GEOECOLOGICAL AND MEDICAL AND DEMOGRAPHIC ASSESSMENT OF OSINSKY URBAN DISTRICT**

*A geoecological and medical-demographic assessment of the Osinsky urban district of the Perm Territory was carried out. New data on the state of soils, surface and underground waters and the technogenic load of the territory are presented. Information on morbidity was analyzed and significant risks for the population near oil production sites were identified. A map of the technogenic load and a medical and demographic map have been compiled.*

*Keywords: environment, pollutants, public health, oil production, Osinsky district, Perm region.*

### **Введение**

Осинский городской округ принадлежит к числу аграрно-индустриальных районов Пермского края. В округе представлены практически все виды экономической деятельности, основными из которых являются: добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, обрабатывающие производства, сельское хозяйство, строительство. Основу техногенной нагрузки составляет добыча нефти на Осинском месторождение нефти и на других месторождениях (Горское, Баклановское, Рассветное). В прилегающих к месторождению районах получила развитие нефтедобывающая промышленность. Основными источниками загрязнения окружающей среды на объектах нефтедобычи являются: установки подготовки нефти, дожимные насосные станции, установки предварительного сброса воды, кустовые насосные станции, факельные установки [8]. Осинский район является территорией, в которой непосредственно нефтедобыча формирует неблагоприятные санитарно-гигиенические условия проживания и создает риски для здоровья населения.

Цель исследования – геоэкологическая и медико-демографическая оценка Осинского городского округа.

Для этого необходимо: оценить состояние почв, поверхностных и подземных вод; исследовать здоровье населения; подготовить картографический материал и охарактеризовать геоэкологические и медико-демографические особенности территории.

### **Методика и материалы**

Для анализа состояния окружающей среды и медико-демографической информации был использован комплекс современных статистических санитарно-гигиенических и эпидемиологических данных.

Экологическая оценка базировалась на концепции регионального геоэкологического изучения и картографирования, основной методологической задачей является картографическое моделирование состояния природно-геологической среды. Информация для изучения объектов природной среды была получена из отчетов инженерно-экологических изысканий. Изыскания были выполнены на объектах нефтедобычи в 2020-2021 гг. в разных частях Осинского района вблизи населенных пунктов, что позволило провести комплексную геоэкологическую оценку территории. С целью изучения экологической обстановки на исследуемой территории (пробные площадки – П-1; П-2; П-3; П-4) были отобраны образцы почв, подземных и поверхностных вод на санитарно-химические показатели, проведена оценка радиационной обстановки.

### **Характеристика техногенной нагрузки и ее влияние на окружающую среду**

В Пермском крае, где ежегодно добывается порядка 16 млн тонн нефти, нефтедобывающие предприятия зачастую расположены в непосредственной близости к населенным пунктам [3]. Так, в зонах влияния объектов нефтедобычи находятся порядка 6 районов. Одним из таких районов является Осинский городской округ, большую часть которого занимает Осинское нефтяное месторождение, которое является одним из главных источников негативного воздействия на окружающую среду (рис. 1). На Осинском нефтяном месторождении в 1969 г. были проведены 2 подземных ядерных взрыва в водонасыщенной продуктивной части разреза карбонатных отложений [8]. В 2020-2021 гг. было выполнено определение мощности дозы гамма-излучения. Поверхностных радиационных аномалий на территории не обнаружено. Мощность дозы гамма-излучения на пробных площадках составила: максимальное значение –  $0,12 \pm 0,04$  мкЗв/ч; среднее значение –  $0,10$  мкЗв/ч.

Согласно анализу докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2016-2020 гг., по антропогенной нагрузке на атмосферный воздух относится к низкому (менее 8500 т/год), по уровню техногенной нагрузки, характеризующийся образованием отходов – умеренному (6000 т/год) [5].

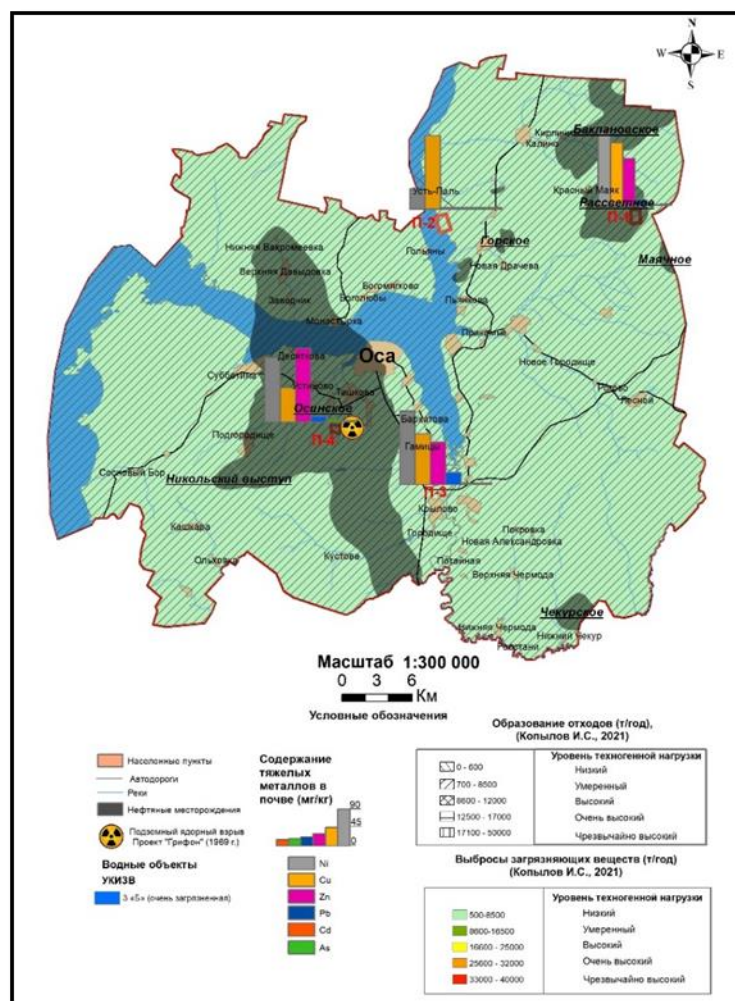


Рис. 5. Карта техногенной нагрузки Осинского района

## Геоэкологическая оценка

### Оценка состояния почв

По почвенному районированию Пермского края территория исследований относится к Осинско-Оханско-Пермскому району дерново-средне-, слабо- и сильноподзолистых тяжелосуглинистых почв. Главнейшие почвы данного района – дерново-средне- и сильноподзолистые, сформировавшиеся на элювиально-делювиальных глинах и тяжелых суглинках. Также техногенно-нарушенные почвы, т.е. почвы участков, лишенных растительного покрова (земли промплощадок, на участках переходов через существующие дороги).

В Пермском крае ранее проводились исследования почв на содержание тяжелых металлов (ТМ), в т.ч – на рассматриваемой территории. Наиболее основательные и комплексные работы по изучению геохимического состояния почв были проведены И.С. Копыловым и др. при проведении геоэкологического и ландшафтно-геохимического картографирования [8]. Согласно этим данным в юго-западной части района расположена Тулвинская геохимическая аномальная зона (АЗ). В ее пределах наблюдаются по геохимическим показателям следующие площадные и локальные аномалии по:

Ni (1-3,8 ПДК, 70% площади АЗ), Zn (1,4-1,8 ПДК, 40% площади АЗ), Cu (1-1,5 ПДК, 40% площади АЗ) [10, 11, 13, 14].

Наибольшую потенциальную опасность для здоровья населения в местах нефтедобычи, могут представлять ТМ и их соединения, относящиеся к чрезвычайно опасным и опасным химическим веществам (I и II класс опасности) и концентрирующиеся на поверхности почвы: свинец, хром, никель, медь, мышьяк, кадмий, а также нефтепродукты и бензапирен. Тяжелые металлы могут мигрировать по трофической цепочке «почва-растение-животное-человек». Опасность этих металлов определяется тем, что они обладают способностью накапливаться в организме, активно участвуют в метаболических процессах, быстро изменяют свою химическую форму при переходе из одной среды в другую, не подвергаются химическому разложению, могут обуславливать дефицит жизненно необходимых веществ, замещая их в металлосодержащий белок [6, 18].

По результатам анализа почв на содержание нефтепродуктов, бенз(а)пирена превышения ПДК на всех площадках не обнаружено. Наибольшие концентрации нефтепродуктов было выявлены вблизи д. Красный маяк, на территории Рассветного месторождения – 770 мг/кг (табл. 1).

Отмечается превышение ОДК по никелю (2 класс опасности) на участках рядом с д. Красный маяк, южнее пос. Усть-Паль и юго-западнее г. Осы. Превышение составило от 1,025 до 2,25 ОДК. Согласно приложению 1 СанПиН 2.1.7.1287-03 данные пробы почв относятся к категории опасная по содержанию никеля. Также наблюдается превышение фоновых концентраций на всех площадках по меди, никелю (вещества 2-го класса опасности) и цинка (1 класс опасности) в некоторых пробах вблизи д. Красный маяк (от 1,1 до 1,6 от фона) и юго-западнее г. Осы (1,26 от фона). Стоит отметить, что загрязнение почв никелем обнаруживается в некоторых пробах даже на глубине 0,3-1 м и 1,0-2,0 м. По остальным показателям превышений ПДК/ОДК не отмечается.

Можно констатировать, что полученные данные инженерно-экологических изысканий по содержанию ТМ сходятся с ранее проведенными исследованиями [8].

Согласно СанПиН 1.2.3685–21 (пункт 22) оценка степени загрязненности почв загрязняющими веществами проводится по суммарному показателю химического загрязнения  $Z_c$ , который определяется как сумма коэффициентов отдельных компонентов загрязнения. В пробах почв превышение содержания загрязняющих компонентов над фоновым значением минимально, величина суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) составляет  $<16$ .

В связи с тем, что Осинский район является сельскохозяйственным районом, возможна миграция ТМ по трофическим цепочкам. Мигрируя в литосфере, гидросфере и атмосфере, они поступают в среду обитания человека, и в дальнейшем в его организм с питьевой водой, продуктами питания, атмосферным воздухом. В условиях превышения безопасных уровней воздействия эти металлы могут проявлять свою канцерогенную активность [16].

Таблица 1

## Результаты геохимического опробования почв

Место отбора	№ пробы	Определяемые показатели										Zc	
		pH <sub>со</sub> л	БП*, мг/кг	НП*, мг/кг	Валовое содержание, мг/кг								
					Cd	Cu	As	Ni	Hg	Pb	Zn		
	П-1 (0,0-0,2м)	5,1	0,007	744	<1	35	1,24	<b>90</b>	0,027	4,9	51	4,5	
Красный Маяк, в 2,5 км северо-западнее района исследования	П-2 (0,0-0,3м)	6,3	0,008	703	<1	60	1,39	70	0,016	4,8	39	5,3	
	П-3 (0,0-0,3м)	5,8	0,008	707	<1	50	1,61	73	0,046	5,8	43	4,7	
	П-4 (0,0-0,3м)	4,9	0,009	674	<1	67	1,58	<b>69</b>	0,056	4,7	53	5,9	
	П-5 (0,0-0,3м)	5,4	0,008	574	<1	62	1,32	<b>69</b>	0,019	4,7	44	5,4	
	П-1.3 (1,0-2,0м)	5,2	0,006	553	<1	24	<1	<b>46</b>	0,007	5,7	72	2,7	
	П-2.2 (0,3-1,0м)	5,4	0,006	594	<1	41	<1	<b>48</b>	0,066	4,3	50	3,4	
	П-2.3 (1,0-2,0м)	6,0	0,006	770	<1	39	<1	45	0,012	4,6	42	3,1	
	П-5.2 (0,3-1,0м)	5,3	0,006	716	<1	26	<1	<b>58</b>	0,053	5,2	43	2,3	
	П-5.3 (1,0-2,0м)	5,4	0,006	600	<1	24	<1	<b>41</b>	0,018	4,2	44	2,0	
	в 2,7 км южнее п. Усть-Паль.	П-1 (0,0-0,3м)	5,7	<0,005	<50	<1	<b>47</b>	11,5	<b>13,4</b>	0,006	<1	<1	7,1
Вблизи с. Крылово	П-1, 0,0-0,3 м	6,2	<0,005	<50	<1	42	<1	61	0,015	9,5	35	3,8	
	П-1,1 0,3-1 м	6,3	<0,005	<50	<1	54	<1	65	0,031	10,4	45	4,7	
	П-1,2 1,0-2,0 м	6,0	<0,005	<50	<1	23	<1	37	0,011	4,3	34	1,7	
7 км юго-западнее г. Осы.	П-3(0,0-0,3м)	5,5	<0,005	185	<1	23	2,04	<b>66</b>	0,011	4,0	57	3,0	
	П-4(0,0-0,3м)	4,9	<0,005	181	<1	22	1,95	<b>20</b>	0,034	4,0	41	1,5	
	Фоновые значения			-	0,12	15	2,2	30	0,10	15	45	-	
	Фоновые значения**				0,05	8	1,5	6	0,05	6	28	-	
	ПДК		0,02	1000	-	-	2	-	2,1	-	-	-	
	ОДК (рН КСl<5,5)		-	-	1	66	5	40	-	65	110	-	
	ОДК (рН КСl>5,5)		-	-	2	132	10	80	-	130	220	-	

Повышенное содержание тяжелых металлов в продуктах питания влияют на шанс развития ряда заболеваний. Средние коэффициенты корреляции имеют место для меди при болезнях органов дыхания, костно-мышечной системы; для



цинка – болезни органов дыхания, артритами юношеским и ревматоидным; никеля – врожденные аномалии, дерматиты, системы кровообращения. Также Ni и Pb обладают канцерогенным эффектом [17, 18].

### ***Подземные воды***

Территория Осинского района располагается в пределах Камско-Тулвинского бассейна Восточно-Русского бассейна подземных вод. На территории имеют распространение уфимский (шешминский), казанский (белебеевский) и четвертичный аллювиальный водоносные комплексы терригенных отложений [8, 12]. Рассматриваемую территорию полностью охватывает Тулвинская гидрогеохимическая АЗ с минерализацией подземных вод 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>; с площадным распространением: В, Br, Ва, Mn с локальным: Sb, Pb, Ti, Sr, V, а также нефтепродуктов В пределах данной АЗ установлены геохимические аномалии урана в подземных и поверхностных водах [9, 15].

На участках изысканий были отобраны пробы воды из геологических скважин. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные и сульфатные магниевые-кальциевые с общей минерализацией от 511,8 до 968 мг/л. Наибольшей минерализацией характеризуется проба с площадки П-4, там же обнаружено превышение по фенолам в 17 раз. В пробе из скважины вблизи с. Крылово было зафиксировано превышение ПДК по нитрат-ионам в 1,1 раз;

Работы, посвященные изучению здоровья населения в нефтедобывающих районах, связанных с использованием питьевых вод, свидетельствуют о том, что для жителей изучаемой территории существует опасность развития патологии со стороны сердечно-сосудистой системы, системы крови. Основным компонентом, формирующим повышенные риски, являются нитраты. Следует отметить, что проведенные исследования выявили также достаточно высокие (сигнальные) показатели риска развития патологии со стороны костной системы [1, 20].

Нитраты в пищеварительном тракте могут частично восстанавливаться до нитритов, которые обладают токсичностью, до 20 раз превышающую исходную. Нитраты вызывают метгемоглобинемию, накапливаясь в организме человека, что приводит к кислородному голоданию клеток в первую очередь нервной, сердечно-сосудистой систем и желудочно-кишечного тракта. Нитраты, поступая с питьевой водой, оказывают негативное влияние на обменные процессы, окислительно-восстановительные реакции [19]. Загрязнение подземных вод фенолами повышают риски распространенности таких заболеваний населения как: новообразования, врожденные пороки развития, болезни крови и кроветворных органов [21].

Источники загрязнения грунтовых вод многообразны, к ним относятся промышленные предприятия (нефтехимические, минеральных удобрений), склады химических удобрений, сельскохозяйственные объекты (внесение азотных удобрений, животноводческие комплексы) и свалки твердых бытовых отходов, содержащих химические компоненты различных классов опасности [7].

Таблица 2

Результаты исследований подземных вод (инженерно-геологические скважины)

Определяемый компонент	Единицы измерения	ПДК	Место отбора пробы			
			Вблизи с. Крылово	Вблизи д. Красный Маяк	в 2,7 км южнее пос. Усть-Паль	в 7 км юго-западнее г. Оса.
Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5	7,21	7,86	7,78	7,2900
Гидрокарбонат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	-	319,12	200,0	128,14	401,0
Ионы аммония	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	0,46	-	0,6	0,48
Нитрат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	45	<b>46,54</b>	-	1,44	1,60
Нитрит-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	3,3	0,10	-	0,04	0,02
Хлорид-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	350	67,71	151	22,69	310,0
Сульфат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	500	26,25	27,5	43,62	40,0
Натрий+калий	мг/дм <sup>3</sup>	-	23,59	7,4900	5,28	49,02
Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	-	84,37	104	48,10	189,0
Магний	мг/дм <sup>3</sup>	50	37,94	21,8	12,16	37,0
Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,038	-	-	-
Кадмий	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	<0,003	-	-	-
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	1	<0,005	-	-	-
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	1	<0,01	-	-	-
Ртуть	мг/дм <sup>3</sup>	0,0005	<0,1	-	-	-
Мышьяк	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	<2	-	-	-
Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,02	<0,02	-	-	-
Массовая концентрация нефтепродуктов	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	<0,02	0,087	-	0,048
Массовая концентрация летучих с водяным паром фенолов	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	<0,0005	-	-	<b>0,017</b>
Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	1000	607,53	511,79	-	968,0200

### ***Поверхностные воды***

Анализ проб воды был произведен на рр. Кама, Черемушкин, Сидяха.

Вода в реке Кама в районе водозабора «Ерково» ультрапресная, гидрокарбонатная сульфатно-кальциевая, с содержанием сухого остатка 0,157 г/л.

В поверхностных водах отмечается превышение ПДКр.х. по следующим показателям: железо (1,35 ПДК), марганец (1,9 ПДК). Содержание остальных определяемых показателей находится в пределах установленных нормативов.

Характеристика уровня загрязнения поверхностных водных объектов также основывалась на значениях УКИЗВ крупной водной артерии

Воткинского водохранилища. В районе г. Осы, в Воткинском водохранилище вода относится к 3 «Б» классу (очень загрязненная) [5].

Поверхностные воды р. Черемушкин и р. Сидяха гидрокарбонатно-кальциевого состава. Воды данных водотоков относятся к слабощелочным. Превышений ПДК по контролируемым показателям не обнаружено, за исключением марганца в р. Черемушкин. Повышенные значения загрязняющих веществ в поверхностной воде, помимо природных особенностей региона, связаны с хозяйственной деятельностью.

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками.

**Таблица 3**

**Результаты исследований поверхностных вод**

Определяемая характеристика, единицы измерения	ПДК р.х.	р. Кама	р. Черемушкин	р. Сидяха
Водородный показатель, ед. рН	6,5-8,5	6,9	7,8	7,8
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,045	<0,02	<0,02
Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005
СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,031	<0,015	0,015
Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	–	79	304	301
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	40,0	0,34	2,86	2,61
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	0,08	0,028	0,031	0,026
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,01	<0,1	<0,1
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	300,0	13,9	86	88
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	100,0	26	53	52
Железо в раствор. форме, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	<b>0,135</b>	–	–
Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	0,006	<0,05	–	–
Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>	0,005	<0,003	<0,003	<0,003
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	<0,01	0,001	<0,01
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	<0,02	<0,02	<0,02
Ртуть, мкг/дм <sup>3</sup>	0,1	<0,1	<0,0001	<0,0001
Мышьяк, мкг/дм <sup>3</sup>	50	<2	<0,002	<0,002
Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	<b>0,019</b>	<b>0,011</b>	<0,01

Высокое содержание в природных водах железа и марганца обусловлено сочетанием техногенного загрязнения и естественных условий формирования, которые связаны, прежде всего, с литологическим и петрографическим составом слагающих водосбор пород, а также климатическими особенностями территории [4].

### **Влияние на здоровье человека**

По данным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» (2016-2020 гг.) рождаемость в Осинском районе составляет – 13 на 1000 населения (в Пермском крае – 11 на 1000 населения); смертность – 14 на 1000 населения (в Пермском крае – 13 на 1000 населения) [2]. Согласно этим данным, в районе складывается относительно благополучная обстановка по рождаемости, но при этом наблюдается повышенная смертность по сравнению среднекраевыми данными. Также в районе существуют риски, связанные с повышенной заболеваемостью органов дыхания у детского населения, с превышением среднекраевого показателя в 1,4 раза, но у взрослого населения этот показатель находится на уровне среднекраевых значений. Уровень заболеваемости детей бронхиальной астмой превышал среднекраевой уровень от 1,1 до 2,7 раз (рис. 2). Установлено, что острые реакции у населения могут проявляться только в связи с загрязнением атмосферы бензолом.

Повышенная заболеваемость у детей может объясняться тем, что у них не до конца сформирована иммунная система и они более чувствительно реагируют на загрязнение атмосферного воздуха [2].

Анализ статистики по заболеваниям системы кровообращения, болезням с повышенным кровяным давлением, позволил установить, что в Осинском районе формируется неблагоприятная обстановка. Заболеваемость с повышенным кровяным давлением выше среднекраевого уровня в 3,6 раза; сердечнососудистая заболеваемость выше в 1,5 раза. Повышенное кровяное давление является одним из факторов риска развития ишемической болезни сердца, сердечной и почечной недостаточности, приводит к развитию нарушений зрения и к тяжелым цереброваскулярным последствиям.

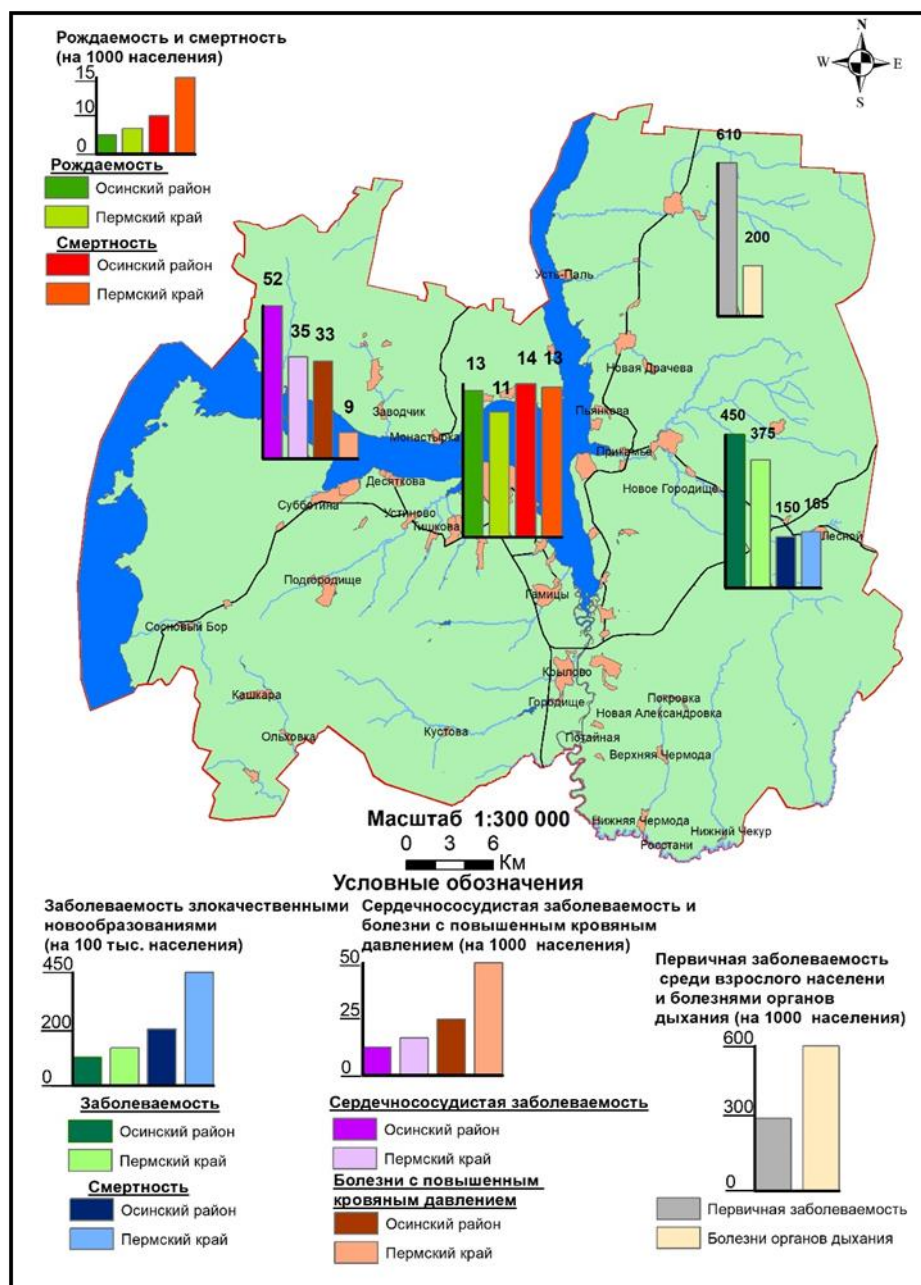


Рис. 6. Медико-демографическая карта Осинского района по данным за 2016-2020 гг.

Работы, посвященные изучению здоровья населения в нефтедобывающих районах, связанных с использованием питьевых вод, свидетельствуют о том, что для жителей изучаемой территории существует опасность развития патологии со стороны сердечно-сосудистой системы, системы крови. Следует отметить, что проведенные исследования выявили также достаточно высокие (сигнальные) показатели риска развития патологии со стороны костной системы. У работников, занятых добычей и переработкой нефти, в современных условиях распространенность артериальной гипертензии может составлять 43,2%; ишемической болезни сердца – 1,1%; [1, 20].

Ретроспективный анализ распространенности новообразований среди всего населения показал, что Осинский район входит в число регионов

Пермского края, в которых уровень заболеваемости превышает среднекраевой, кратность превышения составляет 1,2 раза. При этом смертность находится на значениях ниже среднекраевого уровня. Повышенная заболеваемость может быть связана с загрязнением окружающей среды в зонах размещения мощностей по добыче и первичной переработке нефти комплексом органических соединений, в том числе алифатическими углеводородами, бензолом, фенолом, формальдегидом, ацетальдегидом, которое формирует неприемлемые риски для здоровья населения и более высокие существующие и прогнозируемые уровни заболеваемости новообразованиям.

### **Выводы**

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о том, что в Осинском районе формируется неблагоприятная медико-экологическая обстановка по некоторым показателям, которая выражается в повышенном уровне заболеваемости органов дыхания, заболеваниях системы кровообращения, болезнями связанных с повышенным кровяным давлением и новообразованиями и загрязнением отдельных компонентов окружающей среды. Реализация комплекса санитарно-гигиенических мероприятий, включающих снижение выбросов и сбросов на источниках воздействия, улучшение качества среды обитания и медико-профилактические программы для населения, подвергающегося длительному негативному влиянию, позволяют минимизировать риски для здоровья до допустимых, (приемлемых) уровней.

### **Библиографический список**

1. Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Бакиров А.Б., Гимранова Г.Г., Даукаев Р.А., Аллаярова Г.Р., Рахматуллин Н.Р., Егорова Н.Н., Бактыбаева З.Б. Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения нефтедобывающих территорий, связанного с употреблением питьевых вод // Медицина труда и экология человека. 2016. №2 (6). С. 25-31.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2016-2020 гг. / Официальный сайт «Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю». URL: <http://59.rospotrebnadzor.ru>.
3. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов в Российской Федерации в 2019 году. М., 2020. 494 с.
4. Двинских С.А., Китаев А.Б. Особенности формирования химического состава поверхностных вод гумидной зоны (на примере Пермского края) // БОНЦ УрО РАН. 2011. №2. С. 1-7.
5. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2016-2020 гг. / Официальный сайт «Природа Пермского края». URL: <http://www.permecology.ru>
6. Землянова М.А., Тарантин А. В. Нарушения белкового профиля человека в условиях воздействия тяжелых металлов // Экология человека. 2012. №7. С. 7-14.
7. Клецкина О.В., Минькевич И.И. Азотное загрязнение подземных вод и управление их качеством в промышленных районах // Вестник Пермского университета. 2013. №4(21). С. 8-14.
8. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
9. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья

*// Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.*

10. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. №. 4.

11. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология.* 2012. №. 2 (15). С. 16-34.

12. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания.* 2014. № 9-2. С. 105-110.

13. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология.* Пермь, 2011. №. 1. С. 26-37.

14. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.

15. 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

16. Май И.В., Клейн С.В., Вековичина С.А. Гигиеническая оценка канцерогенного риска и онкологической заболеваемости населения, проживающего в зоне влияния мест складирования отходов горнорудного комбината // *Здоровье населения и среда обитания.* ЗНиСО. 2018. № 5(302). С. 40-47.

17. Морковкин Г.Г., Панова Е.В. Оценка влияния содержания химических элементов в продуктах питания на проявление заболеваний сельского населения Алтайского края // *Вестник АГАУ.* 2003. №2. С. 140-144.

18. Терехина Е.А., Горбачев В.Н., Климентова Е.Г. Влияние загрязнения почв тяжелыми металлами на здоровье населения Ульяновской области // *ВНМТ.* 2013. №3. С. 66-69.

19. Толмачева О.Г., Устинова О.Ю., Маклакова О.А., Ивашова Ю.А, Вандышева А.Ю. Особенности формирования билиарных дисфункций у детей, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием нитратов // *Пермский медицинский журнал.* 2019. №5. С. 65-70.

20. Уразаева Э.Р., Гимранова Г.Г., Гимаева З.Ф., Каримова Л.К., Бакирова А.Э. Состояние сердечно-сосудистой системы у работников, занятых добычей и переработкой нефти, по результатам функциональных методов исследования // *Медицина труда и экология человека.* 2015. №4. С. 218-223.

21. Чиркова А.А. Обоснование системы санитарно-гигиенических мероприятий по снижению рисков здоровью населения в районах интенсивной нефтедобычи / автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. мед. наук. Пермь, 2012. 25 с.

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY

---

УДК 551.3

**Д.А. Балахнин, С.А. Волков, Т.Г. Ковалёва**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

## **ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕРМИ**

*Одними из самых распространенных опасных инженерно-геологических процессов, осложняющим условия хозяйственного освоения территории, являются оползни, под которыми понимают деформацию грунтов, оседание и перемещение вниз по склону горных пород вследствие обводнения. Оползневые процессы широко распространены на территории Пермского края, как и в целом по территории России. Они представляют огромную опасность для жизнедеятельности человека, поэтому их исследования и оценка очень важна. В особенности при строительстве на склонах долин крупных и малых рек, оврагов и т.д. В статье приведена опасность оползневых процессов при строительстве на примере г. Перми. Также выделены оползневые районы и описаны наиболее выделяющиеся оползни.*

*Ключевые слова: оползень, суффозия, опасные процессы, Пермь*

**D.A. Balakhnin, S.A. Volkov, T.G. Kovalova**

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

## **MAIN CAUSES AND CONSEQUENCES OF SLIDES IN THE TERRITORY OF THE CITY OF PERM**

*One of the most common dangerous engineering-geological processes that complicate the conditions of economic development of the territory are landslides, which are understood as deformation of soils, subsidence and movement of rocks down the slope due to flooding [7]. Landslide processes are widespread in the Perm Territory, as well as in Russia as a whole. They pose a huge danger to human life, so their research and evaluation is very important. Especially when building on the slopes of valleys of large and small rivers, ravines, etc. The article presents the danger of landslide processes during construction on the example of Perm. Landslide areas are also highlighted and the most prominent landslides are described.*

*Key words: landslide, suffusion, hazardous processes, Perm*

Под оползневыми процессами понимается медленное или быстрое перемещение земляных масс на склонах рельефа, происходящее под действием силы тяжести при участии поверхностных и подземных вод и при наличии поверхности скольжения [6].

---

© Д.А. Балахнин, С.А. Волков, Т.Г. Ковалёва, 2022



На склонах оползание чаще всего проявляются в рыхлых слабосцементированных породах вследствие того, что крутой и высокий склон по мере подрезания его рекой или временным водотоком, теряет свою устойчивость, и значительные горные массы крупными блоками начинают смещаться вниз по склону.

Часто причиной возникновения оползней является бесконтрольная эксплуатация земельных участков, сопровождающаяся беспорядочной отсыпкой бытовых отходов, засыпка естественных выходов подземных вод, плохая организация стоков поверхностных вод.

Под условиями образования оползней, следует понимать всю совокупность природных и искусственных условий, нарушающих равновесие грунтовых масс:

- климатические особенности;
- гидрологический и гидрогеологический режим поверхностных и подземных вод;
- геоморфологические особенности;
- геологическое строение;
- современные и новейшие тектонические движения;
- сейсмическая активность;
- развитие сопутствующих экзогенных геологических процессов и явлений;
- особенности физико-механических свойств грунтов;
- инженерно-хозяйственная деятельность человека.

Кроме того, есть специфические признаки проявления оползневых процессов на склонах среди них можно выделить:

- оползневые трещины, которые в начальной стадии формирования оползня едва заметны, но по мере развития процесса постепенно расширяются, удлиняются и, соединяясь друг с другом, создают сплошную линию отчленения оползневого тела;
- оползневые цирки, представляющие собой выемки, образующиеся в склоне в результате оползания части грунтового массива;
- плоскости срыва, формирующиеся при отрыве массы оползающих пород;
- валы, образующиеся у подножия склона в результате клиновидного выпора пород, расположенных у подножия склона;
- оползневые уступы – площадки, наклоненные обычно в сторону склона и образующиеся в результате скольжения оползневого тела по криволинейной поверхности;
- «пьяный лес» – искривленные деревья, произрастающие на оползневом склоне и принимающие наклонное положение в результате оползневых подвижек;
- бугры на теле оползня, образованные сглаживанием поверхности оползневых уступов эрозионными процессами;

- несовпадение высот залегания пластов одних пород и изменение наклона пластов. В массиве склона может быть горизонтальное залегание пластов пород, а в теле оползня – с наклоном в сторону коренного склона;
- нарушение нормального состояния различных сооружений, находящихся на оползневом теле, образование трещин, разломов, смещений в конструкциях, разрушение труб и т. п. [9].

Территория города Перми расположена в долине реки Камы, которая осложнена многочисленными малыми притоками. Кроме того, территория города обладает сложными инженерно-геологическими и гидрологическими условиями, которые присущи только этому региону. В настоящий момент происходит активная застройка города, которая зачастую является точечной, так как в центральной части города остается все меньше и меньше свободных участков, а строительство именно в центральной части города с финансовой точки зрения более привлекательно, под застройку отдаются и присклоновые участки долин малых рек, следовательно, техногенная нагрузка в этих местах растет. При росте нагрузки активно начинают развиваться негативные геодинамические процессы, в том числе, оползневые. В связи с этим на территории города Перми можно выделить четыре оползневых района:

1. территория Ленинского и Свердловского административных районов – долина реки Данилихи;
2. территория Мотовилихинского административного района – долины рек Егошиха, Ива, Малая Язовая, Толожанка, Большая Мотовилиха;
3. территория Дзержинского административного района – устье реки Мулянки и долина реки Пермьки;
4. территория Индустриального административного района – долины рек Мулянка и Пыж [5] (рис.1).

Каждый район характеризуется определенными геоморфологическими, геологическими и гидрогеологическими условиями.

**Первый оползневой район**, расположен на территории Ленинского и южной части Свердловского административных районов в долине реки Данилиха.

На всем протяжении Данилиха протекает по застроенной части Перми. Следовательно, естественное состояние берегов нарушено. Средний угол наклона склонов составляет 14-25 градусов при этом правобережные склоны – более крутые, левые – пологие, но и те, и другие подвержены склоновым процессам. Длина склона и высота составляет в среднем 100,6 и 44,8 метров соответственно. В геологическом плане район реки сложен аллювиальными, аллювиально-делювиальными глинистыми отложениями и гравийным грунтом. Также сверху разреза присутствует насыпной грунт, состоящий из строительного мусора и уплотненный суглинком. Грунтовые воды появляются примерно на глубине 8,0 м от поверхности [2] (рис. 2).

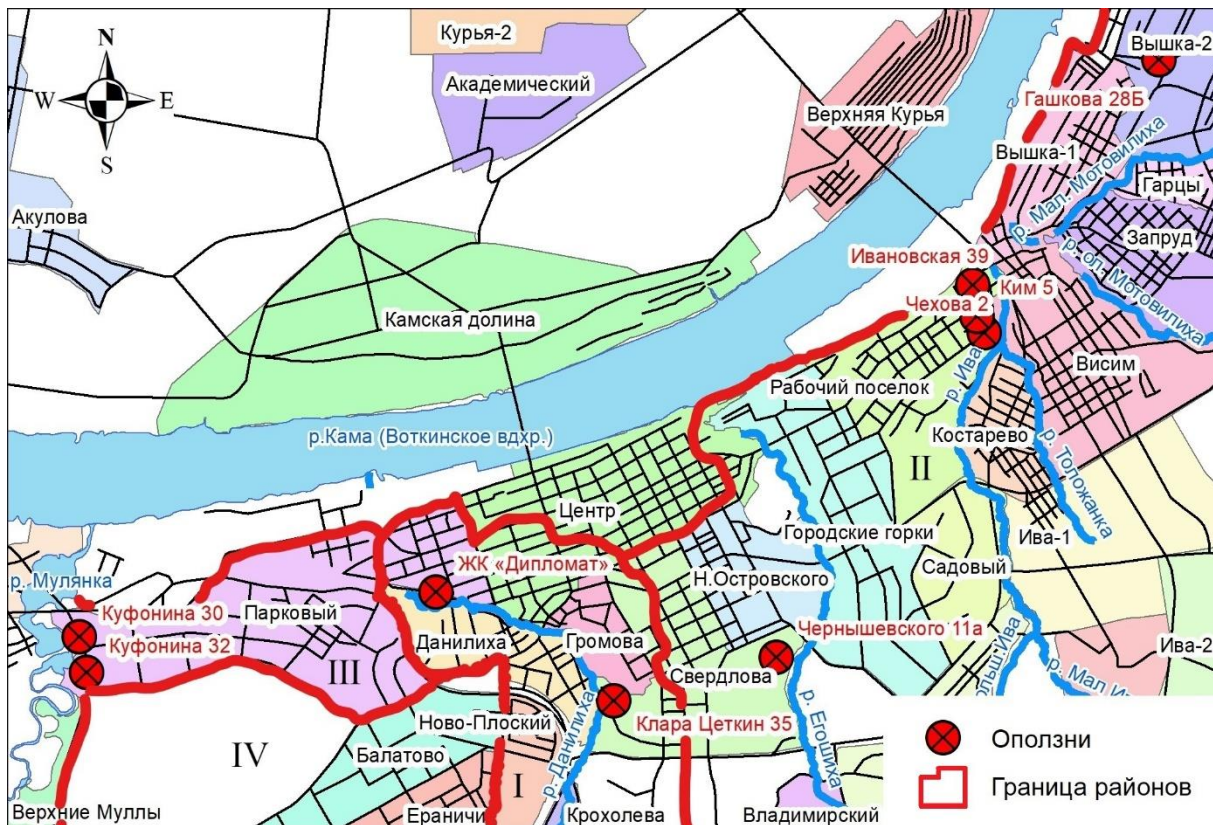


Рис. 1. Схема расположения основных оползней и границ оползневых районов Перми

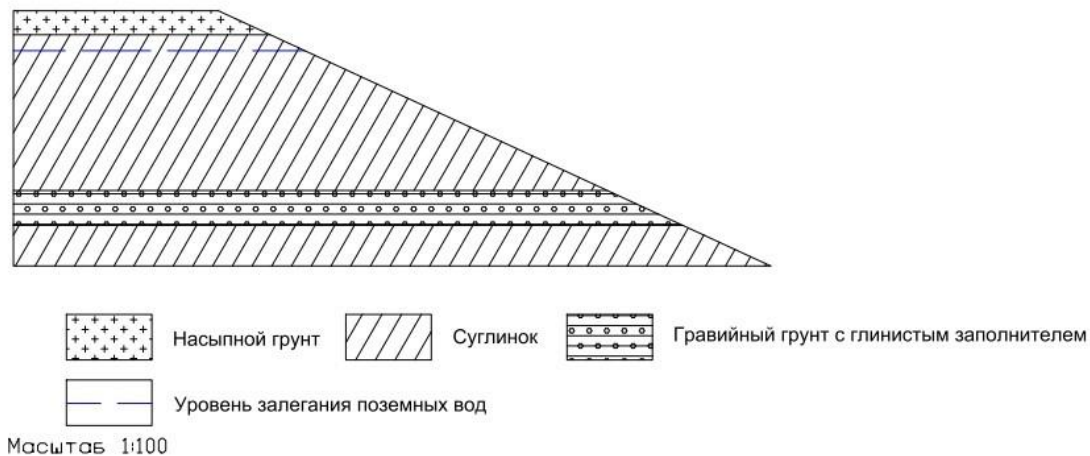


Рис. 2. Схематичный геологический разрез долины реки Данилихи

**Второй оползневой район**, расположен на территории Мотовилихинского административного района в долине рек Егошиха, Ива, Малая Язовая, Толожанка, Большая Мотовилиха. Он является самым опасным из данных районов так как на его территории протекает наибольшее количество малых рек.

Средний угол наклона склонов здешних долин рек составляет 19-36 градусов. Длина 136,4 м, а средняя высота – 46,9 м. Отложения в долинах рек Мотовилихинского административного района представлены различными по

генезису образованиями – аллювиальными, аллювиально-делювиальными, делювиальными, озерно-болотными. С поверхности на отдельных участках отмечаются планомерно возведенные насыпи. В разрезе присутствуют бурые суглинки, глины, песчаники с включением щебня, гальки и гравия, а также супеси и выветренные аргиллиты. Грунтовые воды встречаются до глубины 2,0 м (рис.3). На протяжении всех рек протекают эрозионные процессы в виде линейной эрозии, плоскостного смыва и оползневых явлений [1,3].

В данном оползневом районе можно выделить три наиболее опасных долины рек по числу оползней:

1. Долина реки Егошиха;
2. Долина реки Ива;
3. Долина реки малая Язовая.

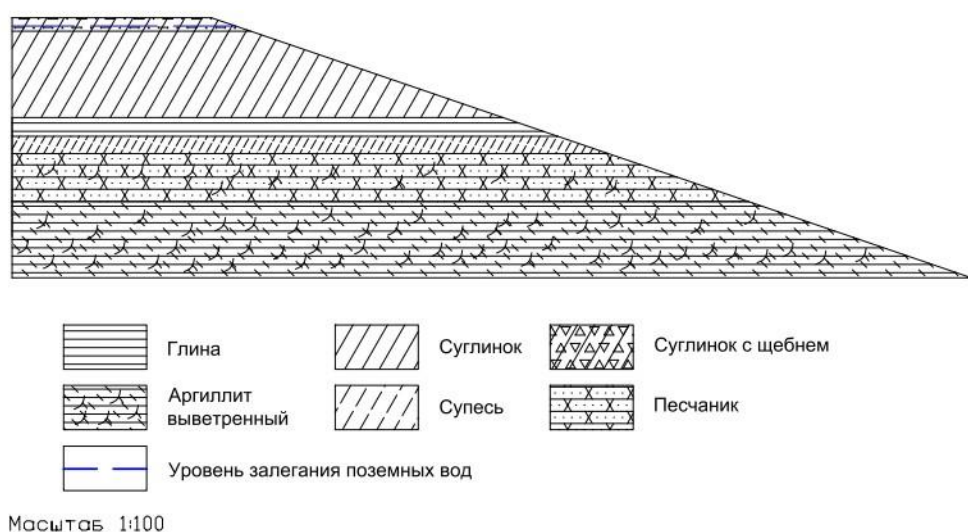


Рис. 3. Схематический геологический разрез долины реки Егошиха

**Третий оползневой район**, расположен на территории Дзержинского административного района в устье реки Мулянки и долины реки Пермьки.

Средний угол наклона склона речной долины равен 64 градуса, длина 27,0 м, а высота – 54,9 м. В геологическом плане район представлен красновато-желтыми песчаными глинами и суглинками, желтыми песками с мелкой галькой и гравием относящимися к антропогенным отложениям. Среди них встречаются водно-ледниковые, озёрно-аллювиальные, эоловые и делювиальные отложения. Сверху разреза также, как и в других районах присутствует строительный мусор, уплотнённый глиной. Гидрогеологические условия участка характеризуются наличием водоносного горизонта на глубинах 2,0 – 2,8 м [4] (рис. 4).

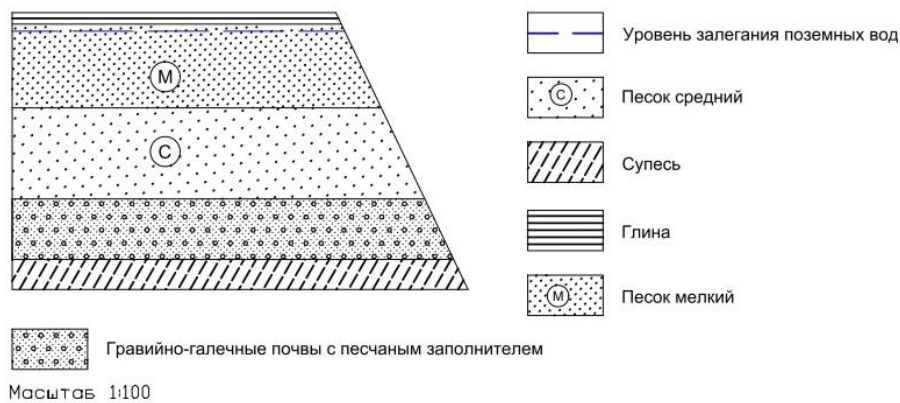


Рис. 4. Схематичный геологический разрез устья реки Мулянки

**Четвертый оползневой район**, расположен на территории Индустриального административного района в долинах рек Мулянка и Пыж.

Геоморфология территории представлена следующими данными: средний угол наклона склонов долин рек составляет 23 градуса, их длина составляет в среднем 99,2 м, средняя высота равна 42,1 м. В геологическом строении участка принимают участие аллювиальные, аллювиально-озерные, эоловые и делювиальные мелкозернистые пески, гравийно-галечные отложения, суглинки и коренные глинистые породы казанского яруса пермской системы. Грунтовые воды фиксируются на глубинах 6,0 – 6,5 м от поверхности земли [4] (рис. 5).

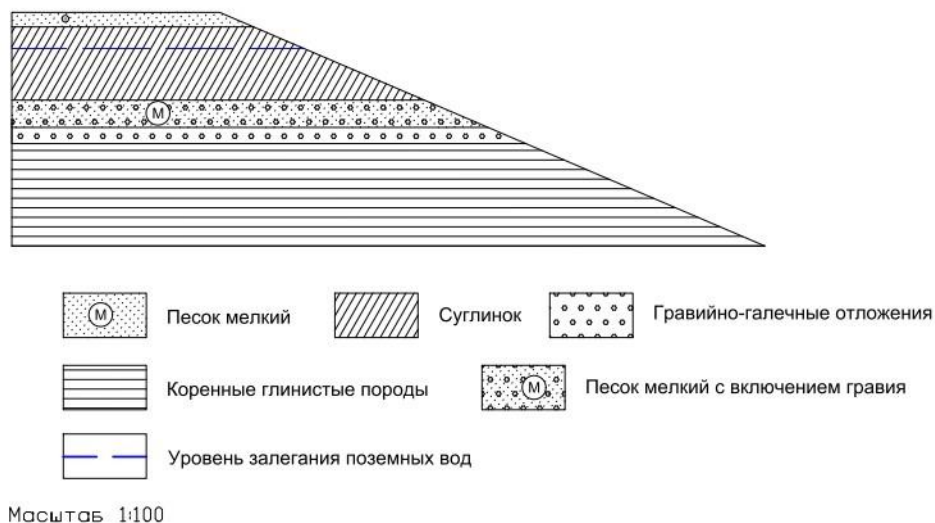


Рис. 5. Схематичный геологический разрез долины реки Мулянки

Изучив все 4 оползневых района, можно выделить некоторые закономерности, а именно: преобладание аллювиального и аллювиально-делювиального генезиса и глинистых грунтов в верхней части разреза, наличии грунтовых вод, залегающих близко к поверхности, склоны средней крутизны.

Среди всех оползней города Перми в целом, можно выделить несколько ярких примеров полного игнорирования геологического строения участка застройки (табл. 1).

Примеры наиболее ярких проявлений оползневых процессов на территории г. Перми

Оползневой район	Место нахождения известного оползня
I	ЖК «Дипломат»
	ул. Клары Цеткин 35
II	ул. Ким 5
	ул. Ивановской 39
	ул. Чехова 2
	ул. Гашкова 28Б
III	ул. Куфонины 30
	ул. Куфонины 32
	ЖК «Ольховский»
IV	Малозастроенная местность

В зоне устья реки Мулянка наиболее ярким примером неправильного обустройства территории являются многоквартирные дома на улице Куфонины, а именно Куфонины 30 и 32, где в 2015 году произошло обрушение берега реки Мулянка в нескольких метрах от многоэтажек, грунтовые воды подмыли асфальт, часть придомовой территории начала сползать в реку, а также жилой комплекс «Ольховский», который построен в 20 метрах от склона реки, и в период весеннего половодья река подмывает «защитную» стену здания.

На территории долины реки Ива три наиболее известных случая оползневых процессов находятся на улицах Ким 5, Ивановской 39 и Чехова 2, где многоквартирные дома расположены на склоне оврага высотой порядка 40 метров. Весной 2007 года здесь произошел оползень. Тогда к обрыву съехали гаражи, сарай и одноэтажный дом, многолетние деревья вырвало с корнем. Проведенное тогда же обследование констатировало, что на доме образовались трещины по стыкам стеновых панелей, фасадам и стенам лестничных клеток, в плитах перекрытия над подвалом, в железобетонных оголовках свай, а также потерю устойчивости склона и тот факт, что поверхность скольжения затрагивает фундаменты жилого дома.

В долине реки Данилиха на данный момент есть два наиболее ярких участка, где близлежащем времени возможно возникновения оползневых процессов – это ЖК «Дипломат» на Екатерининской, 177 и строящейся многоквартирный дом на Клары Цеткин, 35. Эти участки, на которых ведётся строительство, находятся в границах береговой полосы реки Данилихи и соответственно близ склонов, все эти факторы указывают на то, что в скором времени на данных территориях возможно возникновение оползней.

И, наверное, самым ярким примером оползня в городе Перми является оползень находящейся в Мотовилихинском районе, по адресу Гашкова 28Б. Оползень находится на правом берегу р. Малая Язовая, перед некогда аварийным пятиэтажным домом, а ныне уже разрушенным, путем метода

разбора всей конструкции. Этот дом был построен в 1998 году, а уже в 2005-м признан аварийным. Большинство жителей выехали в 2006-2008 годах, но только в 2010-м он был полностью расселен. Причиной всего этого было множество нарушений, допущенных во время проектировки и строительства здания:

1. Желание проектировщика сэкономить на производстве инженерно-геологических изысканий, минимальное количество пробуренных скважин;
2. Ошибка проектирования, сооружение расположено близко к склону;
3. Отсутствие мероприятий по укреплению склона;
4. Недостаточная глубина заложения свайного фундамента, не все сваи уперлись в коренные отложения.

Кроме того, итоговая крупная авария также связана с накоплением под зданием в рыхлых суффозионно-неустойчивых отложениях подземных вод и вод коммуникаций. Так как долина реки Малая Язовая имеет достаточно крутые склоны, которые являются естественными местами разгрузки подземных вод, в результате перегрузки склона, устройством свайных фундаментов, образовался барражный эффект, подземные воды начали копиться под домом и в один момент напор достиг критических размеров, в следствие чего склон «прорвало», песчано-водяная масса вылилась вниз по склону, под домом произошло разуплотнение грунтов в следствие чего и активизировался оползень. В результате этого подвалы дома были затоплены грунтовыми водами, которых на данном участке предостаточно, из-за чего были размывы грунты под домом, что повлекло за собой образование трещин на стенах дома и повреждения канализационной системы, затем была построена 4-х метровая упорная дамба для устранения оползня, но оползень обошёл ее под низом при помощи большого количества канализационных вод в грунтах (рис. 6).

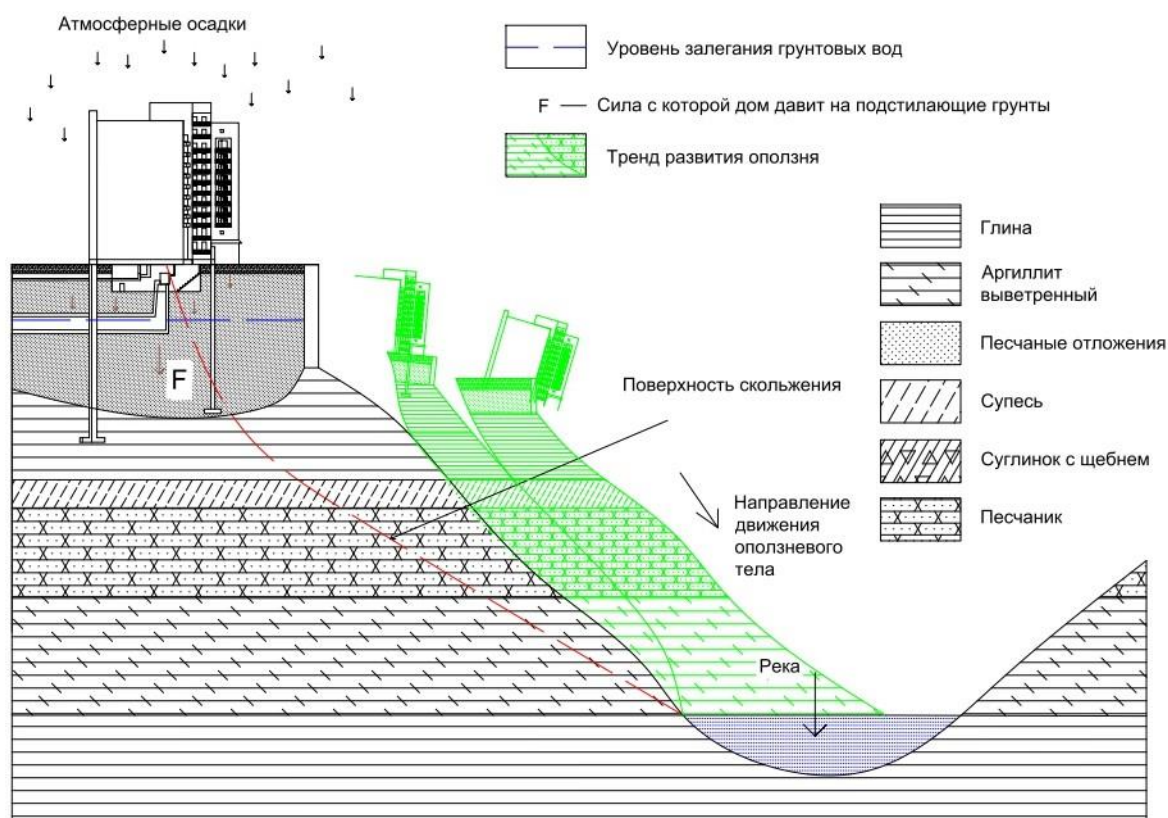


Рис. 6. Механизм образования оползня на ул. Гашкова 28Б

В итоге дом был расселён и долгое время стоял заброшенным, являясь объектом практики студентов геологов ПГНИУ, как образец участка застройки с полным игнорированием геологического строения территории, грубых ошибок проектирования и строительства (рис. 7,8). В 2019 году был снесён.



Рис. 7. Аварийный дом на ул.Гашкова 28Б.



Рис. 8. Упорная дамба на ул. Гашкова, 28Б



Из всего вышеперечисленного следует, что склоновые процессы, а именно оползневые на территории городов, представляют огромную опасность для жизнедеятельности человека. Но при этом в большинстве случаев именно техногенное воздействие на массив является тем фактором, из-за которого оползень начинает развиваться.

Вследствие того, что на территории города Перми протекает большое количество малых рек и ведется их активная застройка хотя несомненно, долины рек являются наиболее неблагоприятными участками для любых видов строительства, особенно многоэтажного. Ведь долина реки это, как правило, крутой склон или овраг, который способен двигаться. Кроме того, из-за этого на их склонах часто возникают различные опасные геологические процессы, в том числе и оползни. И все же их активная застройка в настоящий момент идет, зачастую с игнорированием геологического строения участка застройки. Следовательно, это дополнительно способствует развитию оползневых процессов и в дальнейшем в этих районах будут требоваться профилактические работы для сдерживания данных процессов.

К профилактическим работам для сдерживания склоновых процессов, а именно оползневых относятся:

- анкерное крепление склонов;
- инъекция укрепляющих растворов;
- фиксация склонов с помощью свай;
- строительство подпорных стенок (плотин, дамб, бетонных плит) [8].

Но наиболее действенной защитой от оползней является их первоначальное предупреждение т.е. процесс избегания сползания до начала и в период строительных работ, для этого нельзя допускать:

- 1) перегрузки верхней части склона (оползня);
- 2) подрезания основания (рекой, водохранилищем, инженерными мероприятиями);
- 3) дополнительного увлажнения всего косогора.

Кроме того, первым этапом охранительных работ должно быть собирание и отведение поверхностных вод так как вода часто является инициатором оползания [8].

### ***Библиографический список***

1. Кулакова С.А., Зайцев А.А., Мишланова Ю.Л., Гатина Е.Л., Харин Р.В., Колодкин М.В. *Бюллетень долины малой реки Егошихи. Пермь, 2019.*
2. Кулакова С.А., Мишланова Ю.Л., Гатина Е.Л., Харин Р.В., Колодкин М.В. *Бюллетень долины малой реки Данилихи. Пермь, 2019.*
3. Кулакова С.А., Зайцев А.А., Мишланова Ю.Л., Гатина Е.Л., Харин Р.В., Колодкин М.В. *Бюллетень долины малой реки Ивы. Пермь, 2019.*
4. Кулакова С.А., Мишланова Ю.Л., Гатина Е.Л., Харин Р.В., Колодкин М.В. *Бюллетень долины малой реки Мулянки. Пермь, 2019.*
5. Мандрыгина А.А. *Анализ оползневых районов г. Перми / Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. Пенза, 2018. С. 17-20.*

6. Мусаев В.К., Суцев С.П., Попов А.А. Условий и причины образования оползней // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. Российский университет дружбы народов. Москва. 2007. С. 73-76.

7. Пронько Н.А., Корсак В.В., Семькина Л.В. Решение проблемы оползней в Саратовской области // *Аграрный научный журнал*. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. 2020. С. 68-73.

8. Сборник презентаций, связанных с деятельностью гравитационных сил. URL: <https://slide-share.ru/processi-svyazannie-s-deyatelnostyu-gravitacionnikh-sil-gravitaciya-obedinyayet-136285/> (дата обращения 04.11.21).

**Д.Р. Золотарев, Е.В. Дробинина**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия  
ООО «Противокарстовая и береговая защита», г. Пермь, Россия  
e-mail: zolotarevdr@mail.ru, alenadrobina@yandex.ru

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ РАЗВИТИЯ МЕЛОВОГО КАРСТА**

*В статье приводится комплексная оценка карстовой опасности территории в районе развития мелового типа карста. Описаны ключевые особенности развития карстового процесса в меловых отложениях. Детально рассмотрены условия и факторы развития карстового процесса в конкретной геологической обстановке. На основании изложенного материала даны выводы по карстовой и суффозионной опасности территории и рекомендованы противокарстовые мероприятия.*

*Ключевые слова: меловой карст, оценка карстовой опасности, противокарстовые мероприятия*

**D.R. Zolotarev, E.V. Drobinina**

Perm State University, Perm, Russia  
LLC «Karst-Control and Bank Protection», Perm, Russia

## **COMPREHENSIVE KARST HAZARD ASSESSMENT OF THE TERRITORY IN THE CHALK KARST AREA**

*Comprehensive karst hazard assessment of the territory in the chalk karst area is carried out. The key features of the karst process development in the area of Cretaceous deposits are described. The conditions and factors of the karst process development in a specific geological environment are considered in detail. On the basis of the presented material, conclusions on the karst and suffusion hazard assessment are given and anti-karst measures are recommended.*

*Key words: chalk karst, karst hazard assessment, anti-karst measures*

Развитие карстового процесса, в частности его проявления, являются одним из осложняющих и неблагоприятных факторов при проектировании и строительстве. От адекватной оценки карстовой опасности территории зависит стоимость и, следовательно, рентабельность того или иного строительства. Комплексная оценка карстовой опасности заключается не только в оценке в разрезе и по площади распространения проявлений процесса растворения, но и условий и факторов его развития в конкретных условиях изучаемой площадки. Оценка карстовой опасности в районе развития мелового карста отличается своей спецификой, связанной со свойством, мела значительно снижать прочность при водонасыщении и подвергаться суффозионному выносу в случае наличия трещинно-полостного пространства, аккумулирующего дисперсный материал.

При глубоком положении под водоупорными толщами и наличии приемника дисперсного материала значительного размера – карстовой полости, трещин – развитие суффозии в меле может приводить к формированию крупных карстовых провалов (пос. Вышков, Брянской области). В рамках данной работы с целью выбора объективных противокарстовых мер проводится комплексная оценка карстовой опасности для территории мелового карста, где провалообразование маловероятно (на участке прохождения проектируемой трассы в Самарской области).

Особенности развития карстового процесса в меловых отложениях. Мел представляет собой монодисперсную породу, на 80–85% сложенную частицами пылеватой фракции, и характеризуется весьма высокой пористостью – от 30 до 50 % и более. Для мела характерна легкая размываемость, значительное снижение несущей способности при увлажнении и возможность перехода обводненного мела в разжиженное состояние при динамическом воздействии [6].

Мел – типичная карбонатная порода, однако в результате своеобразия литологических свойств химический процесс ее растворения происходит быстрее и более полно, чем иных карбонатных пород. Меловые породы благодаря своему рыхлому сложению при растворении сравнительно легко разрушаются под воздействием циркулирующей по трещинам воды, что в свою очередь активизирует процессы диффузионного выщелачивания карбоната кальция из меловых пород.

В отличие от известняков и доломитов, в толще которых растворение и механическое разрушение имеет примерно одинаковую интенсивность, для мела механическое разрушение проявляется интенсивнее, чем растворение, вследствие ослабления цементации между слагающими его пылеватыми частицами кальцита при взаимодействии с водой [4]. В.А. Приклонский (1952) отмечает, что механическое разрушение мела водой в 4–6 раз интенсивнее, чем растворение [5]. В ряде случаев это может способствовать заилению трещин [3].

В строении территорий развития так называемого брекчиевидного мела часто в верхних горизонтах меловых отложений принимают участие не только мелкие обломки мела, но и тонкодисперсные частицы меловой «муки», которая при увлажнении разжижается и переходит от разновидности пластичного мела в текучий, с резким снижением несущей способности.

В образовании меловой «муки» большую роль играет химическое растворение, протекающее в небольших по размерам несообщающихся трещинах, где происходит разупрочнение карбоната кальция, который после испарения воды оседает в этих трещинах в виде тонкодисперсной мучнистой массы. Меловой элювий частично бронирует меловые массивы вне основных систем трещиноватости, тем самым препятствуя их химическому растворению. На это указывает то, что меловые обнажения, покрытые меловым элювием, практически лишены карстовых форм рельефа. Например, карры характерны для известняков, отмечены в гипсах и солях, но не свойственны отложениям доломита и мела [1].

Объясняется это тем, что меловой элювий и прежде всего меловая «мука» кольматируют трещины меловых массивов и, таким образом, препятствуют инфильтрации поверхностных и циркуляции подземных вод. Такой тип разреза мела характерен для долинно-балочных систем рельефа.

Условия активной фильтрации сохраняются в зонах тектонических нарушений, создаваемых сопряженными структурами с резкой активностью восходящих движений и в условиях региональных горизонтальных напряжений растяжения и сжатия по системе трещиноватости, ориентированной по направлению или перпендикулярно к направлению сжимаемых напряжений.

Краткая характеристика района работ. В административном отношении изучаемая территория находится в пределах Сызранского и Шигонского районов Самарской области. Ближайшие крупные населенные пункты – г. Сызрань, расположенный в 25 км южнее участка автодороги, и г. Тольятти, расположенный в 58 км восточнее. Территория относится к хорошо освоенным регионам, с развитой сетью автомобильных и железных дорог общего пользования разных технических категорий.

Участок относится к геоморфологической области восточного склона Приволжской возвышенности, представляющей собой обширное приподнятое плато, имеющее крутой и короткий восточный склон и пологий длинный западный. В локальном геоморфологическом отношении участок проходит по долинам двух рек: Тишерек – на западе и Усы – востоке, и их водораздельному пространству. Абсолютные отметки рельефа варьируются от 50–60 м в русловой и пойменной частях долины р. Усы и ее притоков до 190–200 м на междуречье рек Усы и Тишерек.

Долина реки Тишерек характеризуется развитием овражно-балочной сети (рис. 1). Русло реки сильно меандрирует, что может свидетельствовать о нисходящем характере неотектонических движений на территории.



Рис. 1. Балка на левобережье реки Тишерек, являющаяся руслом временного водотока

Долина реки Усы выражена в рельефе поймой в современных аллювиальных отложениях, третьей надпойменной террасой в среднечетвертичных (хазарских) аллювиальных отложениях и высоким коренным берегом в меловых породах. Также характеризуется широким проявлением овражно-балочной деятельности.

По региональным данным в структурно-тектоническом отношении район изысканий расположен в пределах Волго-Уральской антеклизы, осложняющей восточную часть Восточно-Европейской платформы. Участок прохождения трассы проектируемой автодороги находится в пределах Мелекесской впадины, неглубокого понижения фундамента, разделяющего Токмовский, Южно-Татарский и Жигулевско-Пугачевский своды. Амплитуда погружения Мелекесской впадины относительно границ Жигулевско-Пугачевского и Южно-Татарского сводов составляет до 1 км. По поверхности фундамента впадина в общем виде имеет меридиональное простирание.

Юго-западная часть впадины (Ставропольская депрессия), к которой приурочена изыскиваемая территория, вытянута в широтном направлении вдоль северного борта Жигулевско-Пугачевского свода, с севера и юга ограничена разломами. По отложениям мезо-кайнозойского возраста Ставропольская депрессия характеризуется развитием значительных мощностей палеогеновых, а центральная часть впадины неогеновых отложений. Для Ставропольской депрессии характерны зоны меридиональных разломов, выраженных в рельефе фундамента.

В геологическом строении принимают участие породы меловой, палеогеновой и четвертичной систем (рис. 2). Отложения меловой системы представлены сверху вниз породами маастрихского, кампанского и сантонского ярусов верхнего отдела: писчим мелом, мергелем, глинами – в основании системы, мергелем и писчим мелом, глауконито-кварцевыми песками и песчаниками, реже опоками – в средней, песками и песчаниками, опоками, мергелями и писчим мелом – в верхней. Мощность меловых отложений достигает 95-110 м. В долинах реки Усы меловые породы залегают под четвертичными отложениями аллювиальных террас и выходят на поверхность на высоких коренных берегах реки.

Палеогеновая система представлена отложениями зеландского яруса палеоцена: в нижней части кварц-глауконитовыми мелкозернистыми кремнистыми песчаниками, глинами, выше – опоками с прослоями трепелов и песчаников, в верхней части разреза встречаются кварцевые и кварц-глауконитовые пески с прослоями песчаника. Мощность – от 60 до 80-100 м.

Породы четвертичной системы участками имеют ограниченное распространение: аллювиальные отложения приурочены к долине р. Усы и ее притоков, элювиально-делювиальные отложения покрывают склоны речных долин (р. Тишерек, р. Уса) и водораздельные склоны.

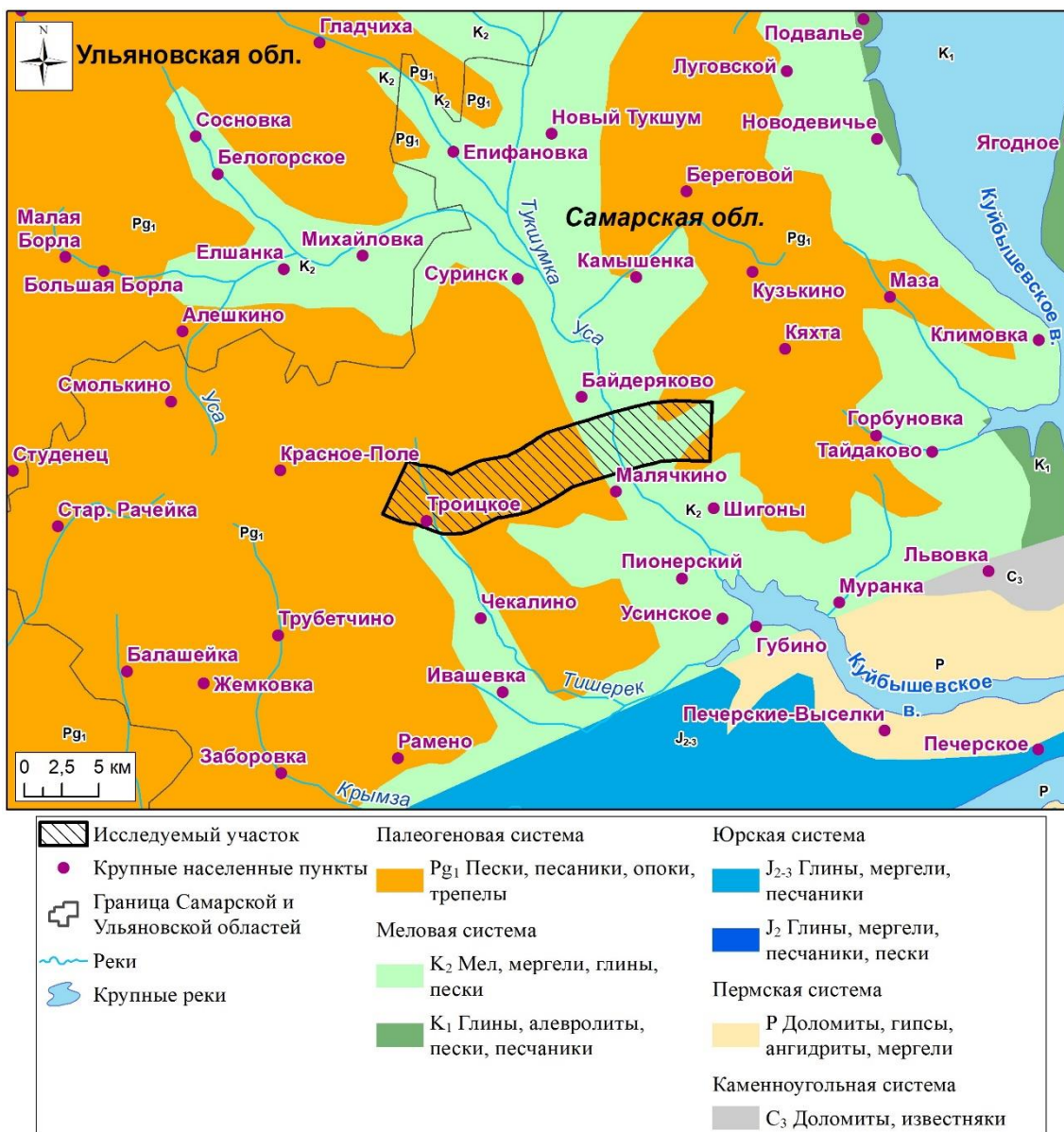


Рис. 2. Фрагмент геологической карты масштаба 1:1000000 (Лист N-39)

Элювиально-делювиальные отложения представлены глинами и суглинками коричневато-серого, желтовато-коричневого цвета с лессовидной структурой, со щебнем местных коренных пород в основании склонов, с прослоями серых алевролитистых глин. Мощность таких образований изменяется от 0,5 м на водоразделах до 25,0 м у оснований склонов.

Среднечетвертичные (хазарские) аллювиальные отложения выделяются в долинах р. Усы, где образуют третью надпойменную террасу, сложены преимущественно песками мелкими, с гравием и галькой, реже – суглинками и глинами. Мощность отложений достигает 15–20 м.

Аллювиальные отложения пойменной террасы присутствуют в долинах всех рек, слагают высокую и низкую пойму в крупных долинах. Строение аллювия двучленное, в русловой части преобладают мелкие, реже средней крупности пески с прослоями глин, в пойменной части – суглинки и глины с линзами песков, с прослоями торфа. Мощность аллювиальных отложений у

крупной р. Волги до 20,0 м, в других более мелких реках (р. Уса, р. Тишерек) – от первых метров до 10,0 м [2].

Гидрогеологические условия территории весьма сложны и разнообразны, что обуславливается геологическим строением и геоморфологическими особенностями. В гидрогеологическом отношении территория, по которой проходит проектируемая трасса, расположена в северо-восточной части Сурско-Хоперского артезианского бассейна, в пределах Ульяновско-Саратовского гидрогеологического района. Подземные воды приурочены к различным по составу отложениям четвертичного, палеогенового и мелового возраста. По данным инженерно-геологического и карстологического бурения в сентябре-октябре 2019 г, на участке встречено два водоносных горизонта – грунтовые воды в аллювиальных отложениях в долине р. Усы и трещинно-карстовые воды в меловых породах верхнего мела.

Горизонт грунтовых вод приурочен к четвертичным пескам. На левом склоне р. Усы образует единое зеркало с трещинно-карстовыми водами верхнемелового горизонта. Глубина установившегося уровня от 2 м на вершине коренного склона долины реки до 2,3–7,6 м в пойменной части. Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод, а также за счет речных вод. По химическому составу грунтовые воды пресные, сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, натриево-кальциевые. В единичных скважинах отмечается повышенное содержание сульфатов, вследствие чего увеличивается минерализация вод до 0,828-1,649 г/дм<sup>3</sup>. Повышение содержания сульфатов обуславливается, вероятно, техногенным фактором: близостью железной и автомобильной дорог, населенных пунктов выше по течению реки Усы, которая может определять режим горизонта грунтовых вод. Воды неагрессивные к мелу, агрессивные – к доломитам.

Горизонт трещинно-карстовых вод характеризуется спорадическим распространением, вскрыт единичными карстологическими скважинами, установился на глубинах от 14,0 до 45,5 м. Горизонт обладает локальным напором.

Оценка карстовой опасности. Основными карстующимися породами на участках проектируемой трассы являются карбонатные породы: мел, в меньшей степени доломиты. Согласно СП 11-105-97, ч. II (п. 5.1.5) мел и доломиты являются труднорастворимыми породами.

Поверхностная закарстованность оценена по результатам полевого рекогносцировочного обследования, анализа топографических карт масштаба 1:25000, статических космоснимков земли Google, Yandex, Bing Maps и ArcGIS Imaginary. В радиусе 1,0 км от оси проектируемой трассы автодороги отрицательных форм карстового и карстово-суффозионного происхождения не встречено.

Ближайшие поверхностные формы отмечены в 2,6 км западнее. В 2016 г. в 3,2 км западнее с. Троицкое (к западу от п. Пердовой) зарегистрирован провал, образовавшийся вследствие обрушения грунтов в суффозионную полость, сформированную в песчаниках саратовской свиты танетского яруса



палеоцена. Развитие суффозии с формированием крупных подземных полостей в палеогеновых песчаниках регистрируется к западу от п. Передовой, в окрестностях сел Смолькино, Черемуховка, д. Красное Поле.

Подземная закарстованность. Согласно данным инженерно-геологических и карстологических скважин, пробуренных на исследуемом участке, карстующаяся толща представлена породами меловой системы: мелом, выветрелым до состояния супеси пластичной с дресвой и щебнем до 30–40%, и доломитом слоистым (распространен ограничено). В ходе бурения карстологических скважин, а также по результатам геофизических исследований методами ВЭЗ, установлено, что карстующиеся карбонатные породы на исследуемой территории залегают преимущественно под толщей четвертичных и палеогеновых некарстующихся отложений на глубине 28,0–50,5 м, в долине р. Тишерек от 5,0 м до 20–30 м, в долине р. Усы, отмечаются выходы меловых пород на поверхность.

Методом ВЭЗ был построен геоэлектрический разрез, позволяющий оценить геоэлектрическую структуру пород до глубины ~ 60 м. УЭС пород по всем профилям выдержаны и не дают оснований для выделения в толще каких-либо аномалий, связанных с зонами развития опасных геологических процессов – карстовых и вторичных полостей.

Согласно полевому описанию керна и лабораторным исследованиям мел представляет собой преимущественно мучинистую массу с дресвой и щебнем, встречаются редкие прослои слаботрещиноватого средней до пониженной прочности мела. Доломит, вскрытый одной карстологической скважиной, слабо трещиноватый, разрушенный до щебня в кровле, с прослоями глины и налетом ожелезнения. Карстовых полостей, каверн в ходе бурения не зафиксировано.

Выводы по карстовой и суффозионной опасности территории. Характерной особенностью карбонатного карста является то, что вследствие относительно низкой скорости растворения пород карстовые формы (полости, понижения кровли пород и др.), непосредственно связанные с растворением в естественных условиях, развиваются чрезвычайно медленно. С учетом этого можно считать, что за срок службы инженерных сооружений расширение карстовых форм может составить от нескольких до первых десятков сантиметров. При расширении карстовой полости за счет растворения такое увеличение размеров в большинстве случаев не приводит к обрушению кровли полости, т.е. в этом случае карст можно считать практически «неразвивающимся» [7].

Принимая во внимание особенность развития карстового процесса в меловых породах, для которых интенсивность механической суффозии превышает химическую (собственно карст), и состояние и свойства мела на изыскиваемом участке, в частности распространение меловой муки с редкими прослоями в ней целиковых пород низкой прочности, трещиноватых, можно предположить, что формирование карстовых полостей на изыскиваемом участке возможно только при наличии крупной системы сообщающихся трещин и полостей, в которую будет выноситься карбонатный материал. Отсутствие до глубины 60 м на изыскиваемой территории подобных зон

разуплотнения карстового массива подтверждается данными геофизических исследований. Кроме того, приуроченность в структурно-тектоническом плане к Ставропольской депрессии, отрицательной тектонической структуре, тоже не способствует развитию карстового процесса; благоприятными в тектоническом отношении обычно служат осевые зоны положительных структур (например, валов) вследствие интенсификации водообмена с поверхностными водами.

Значительная мощность перекрывающей песчано-глинистой толщи, в частности палеогеновых глин, обуславливает ограниченный доступ пресных атмосферных осадков в карстующиеся отложения, тем самым, ингибируя карстовый процесс. Мощность песчано-глинистой толщи на большей части изучаемой территории обеспечивает защиту от возможности проявления карста на земной поверхности (п.5.1.7 СП 11-105-97 ч.II) и составляет 28,0–50,5 м. На западе участка в составе перекрывающей толщи развита палеогеновая глина мощностью до 33,5 м и более, за исключением локального участка, где на протяжении 400 м перекрывающая мел толща представлена маломощным (до 5,0 м) песком. На междуречье р. Усы и р. Тишерек мощность палеогеновых глин составляет до 17,0–29,0 м, в восточном направлении, к руслу р. Усы, мощность перекрывающей толщи в целом увеличивается за счет аллювиальных отложений реки. Здесь по данным геофизических исследований до глубины 60,0 м, кровля карстующихся отложений не вскрывается. На левом берегу р. Усы на высоких склонах мощность перекрывающей отложений составляет 50,5 м, при мощности палеогеновых глин от 32,4 м.

На двух участках: на правом берегу р. Усы, в 3,4 км западнее от ее русла на протяжении 1,7 км, и в 2,9 км восточнее русла р. Усы на протяжении 1,5 км зафиксированы выходы мела на поверхность. Формирование карстовых провалов исключается. В толще мела, выветрелого до супесчаного состояния, инфильтрация поверхностных и циркуляция подземных вод, а следовательно и суффозия, вне основных систем трещиноватости затруднена вследствие кольматации трещин в массиве мукой карбонатных пород. Иными словами, так называемый меловой элювий препятствует формированию карстовых форм. Кроме того, в ходе рекогносцировочного обследования поверхностных карстопроявлений на данных участках трассы не обнаружено.

Песчаники, развитые на востоке и способные проявлять суффозионные свойства, подстилаются мощной толщей палеогеновых слаботрещиноватых глин, препятствующей суффозионному выносу частиц грунта. Также маловероятно формирование крупных систем трещин и полостей в толще мелового элювия, где трещины кольматируются мукой. Кроме того, развитие суффозии в естественных условиях здесь также маловероятно вследствие необходимости песчаников.

Принимая во внимание проведенную комплексную оценку карстовой опасности: анализ поверхностной закарстованности, данные инженерно-геологического бурения, геофизических исследований, карбонатный тип разреза карстующихся отложений и их состояние в виде муки (супесь пластичная) с редкими прослоями мела низкой прочности трещиноватого и значительную мощность песчано-глинистой перекрывающей толщи (кроме

перечисленных выше участков), можно оценить изучаемую территорию VI категорией устойчивости относительно интенсивности образования карстовых провалов (провалообразование исключается).

Однако с целью исключения возможной техногенной активизации карстового процесса и регулирования его течения на исследуемой территории рекомендуется предусмотреть водозащитные и противофильтрационные мероприятия по регулированию поверхностного стока согласно п. 8.3.3 СП 116.13330.2012 и табл. 6.17 СП 22.13330.2016 на всем протяжении проектируемых объектов. Рекомендуется тщательная планировка земной поверхности и устройство отвода поверхностных вод. Необходимо предотвращение сброса в грунт промышленных, бытовых вод. Данный вид мероприятий является ключевым в виду особенностей мела при водонасыщении размокать, существенно снижать несущую способность и переходить в разжиженное состояние при динамическом воздействии. Также для всей территории необходим периодический визуальный контроль над состоянием проектируемых объектов.

### ***Библиографический список***

- 1. Горбунова К.А. Карстоведение. Вопросы типологии и морфологии карста: Учебное пособие по спецкурсу. Пермь, 1985. 88 с.*
- 2. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Объяснительная записка к листу N-39-XIX (Сенгилей). М., 1954. 39 с.*
- 3. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т.2. Пермь, 1969. 529 с.*
- 4. Носов Г.И. Состав некарбонатной примеси в пясч. меле и ее влияние на физико-механические свойства породы // ДАН СССР. 1957. Т.113. №1. С.170-182.*
- 5. Приклонский В.А. Грунтоведение. Ч.2. М.: Госгеоллиздат, 1952. 372 с.*
- 6. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. М.: ПНИИИС, 1995.*
- 7. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. М.: Недра, 1990. 151 с.*

## **ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ КАРСТА И КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ СКОРОСТНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ МУРОМ – АРЗАМАС**

*Рассмотрены факторы формирования карстологических условий территории проектируемой скоростной автодороги «Муром-Арзамас». Изучены карстологические условия, влияющие на строительство и эксплуатацию автомобильной дороги.*

*Ключевые слова: карстологические условия, карст, автомобильная дорога «Муром-Арзамас», Нижегородская область РФ.*

**D.V. Kozlov**

LLC «Karst-Control and Bank Protection», Perm, Russia

## **STUDYING THE FACTORS OF KARST FORMATION AND THE KARSTOLOGICAL CONDITIONS OF THE TERRITORY OF THE MOUROM-ARZAMAS FAST ROAD**

*The factors of formation of karstological conditions of the territory of the projected high-speed highway "Murom-Arzamas" are considered. The karstological conditions affecting the construction and operation of the highway have been studied.*

*Key words: karstological conditions, karst, Murom-Arzamas highway, Nizhny Novgorod region of the Russian Federation.*

### **Введение**

Для обоснования проектной подготовки строительства автодорог на территориях развития процессов карста, для предотвращения на них разрушений и аварий при дальнейшей эксплуатации, необходимо проведение карстологических и инженерно-геологических изысканий, а также общий анализ, оценка территории по степени сложности карстологических и инженерно-геологических условий.

Исследуемый объект находится на территории Навашинского, Ардатовского и Арзамасского районов Нижегородской области РФ (рис. 1).

Наименование объекта: «М-12 «Строящаяся скоростная автомобильная дорога Москва - Нижний Новгород – Казань», 4 этап км 224 – км 347» [13].

Цель исследований: получение карстологических данных для обоснования категории устойчивости по интенсивности провалообразования и средним диаметрам провалов изыскиваемой территории; установление карстоопасных зон, получение материалов, необходимых для обоснования проведения мероприятий по инженерной подготовке, защите и благоустройству территории от развития карстовых и карстово-суффозионных процессов.

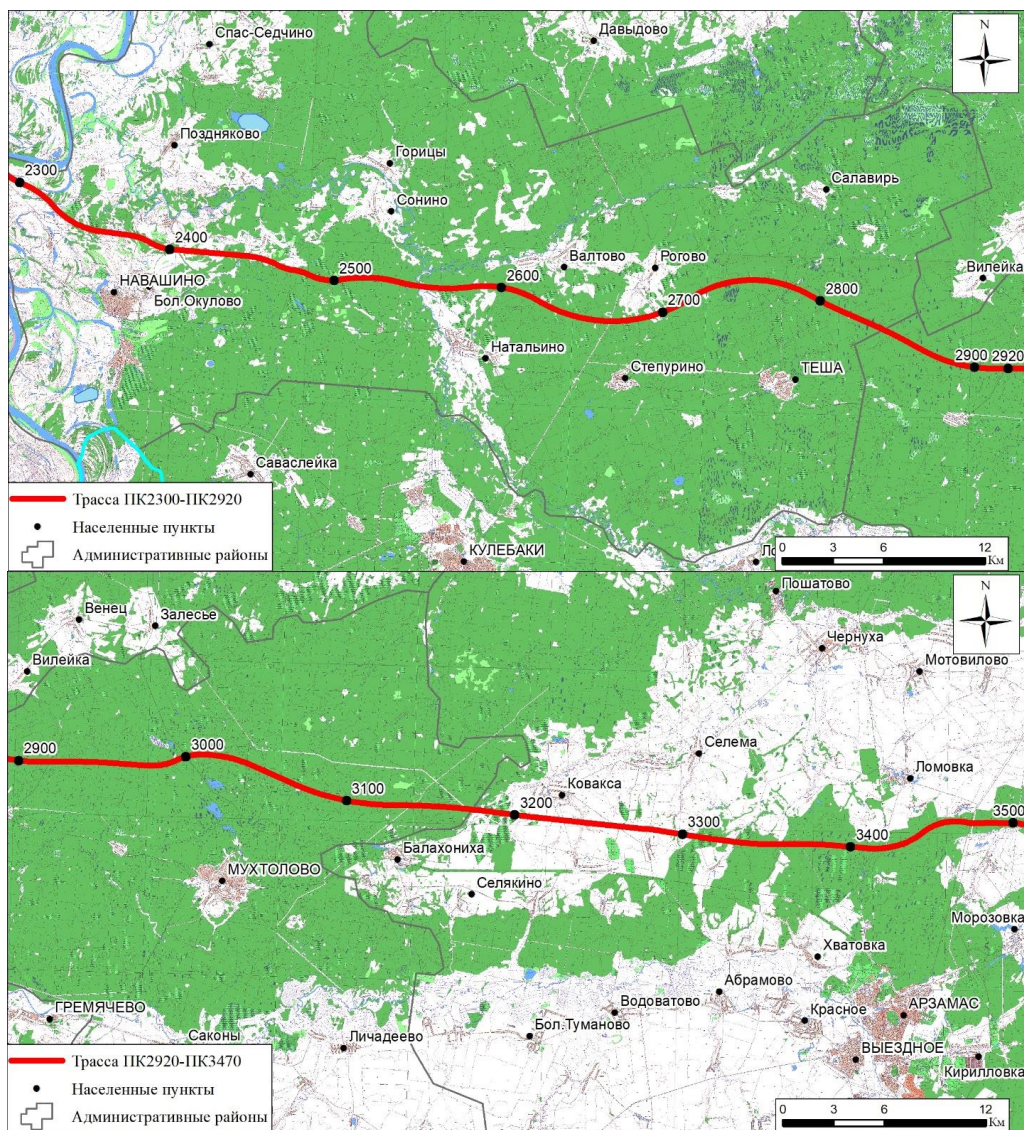


Рис.1. Обзорная карта района исследования

### Физико-географические условия

Изыскиваемая территория приурочена к центральной части Русской платформы. В геоморфологическом отношении исследуемая территория представляет собой среднечетвертичную флювиогляциальную равнину, слаборасчлененную речной и овражно-балочной сетью. Абсолютные отметки рельефа в пределах изыскиваемой трассы варьируют в диапазоне 70-200 м, уменьшаясь в поймах водотоков.

Климат исследуемой территории умеренно-континентальный, характеризующийся неравномерностью выпадаемых осадков по временам года, умеренно-холодной зимой и жарким летом. В соответствии со схемой климатического районирования для строительства, приведенной в СП 131.13330.2012, участок изысканий расположен в строительно-климатической зоне II-B.

Наиболее крупной речной артерией с широкой долиной и комплексом террас является река Ока, расположенная в 1,6 км северо-западнее исследуемого участка.

## Геологические и гидрогеологические условия

В тектоническом отношении территория трассы расположена в восточной части Русской платформы (структура 1 порядка), западной части Волго-Камской антеклизы (структура 2 порядка). Здесь выделяются два структурных этажа: нижний, сложенный сильно дислоцированными метаморфическими и изверженными породами архея и нижнего протерозоя, и верхний, состоящий из залегающих почти горизонтально верхнепротерозойских, палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений, образовавшихся в платформенных условиях.

Трасса на рассматриваемом участке пересекает две структурно-тектонические структуры третьего порядка – Вачскую седловину, которая на 290 км сменяется Арзамасской депрессией (рис. 2). Данные структурные особенности предопределили развитие карстующихся пород в геологическом разрезе приповерхностной части района прохождения трассы практически на всем ее протяжении.

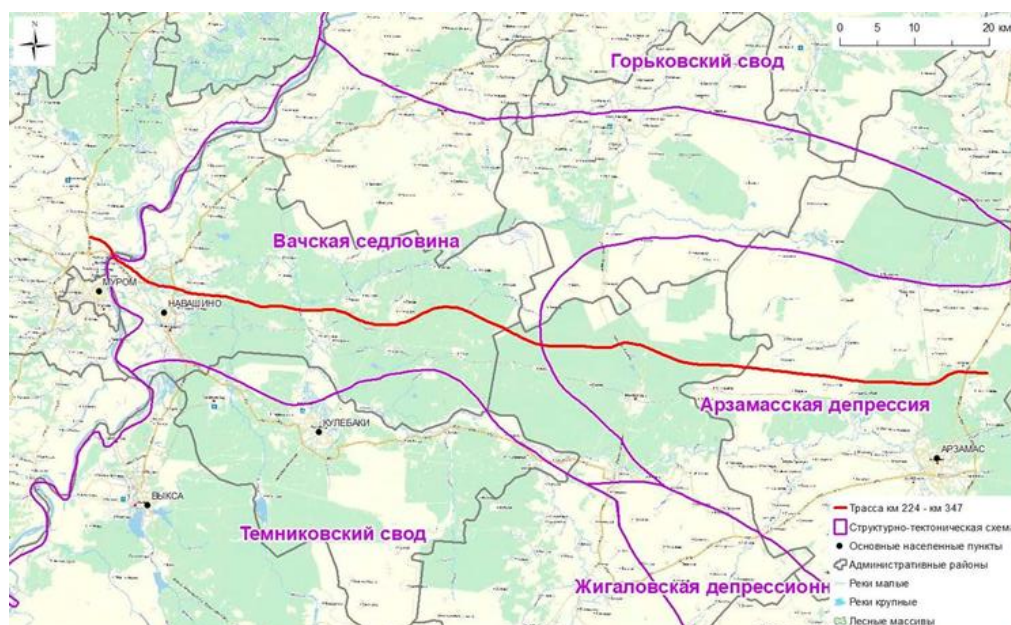


Рис. 2. Структурно-тектонические условия

На рассматриваемой территории выделяется большое количество разнонаправленных тектонических нарушений – линеаментов, выделенных по аэрокосмогеологическим исследованиям [6, 9]. В местах их скоплений формируются геодинамические активные зоны. Выделенные локальные геодинамические активные зоны являются потенциально опасными участками для размещения строительных объектов в т.ч. – проектируемой скоростной автодороги [4-9].

Карстующаяся толща представлена в основном карбонатно-сульфатными отложениями – известняками и доломитами казанского яруса средней перми  $P_2kz$ , а также гипсами и ангидритами сакмарского яруса нижней перми  $P_{1s}$ . Глубина залегания карстующихся пород различная и может варьировать в интервале 20-70 м. Нередко карстующиеся породы перекрыты толщей

уржумских среднепермских  $P_{2ur}$  глин, аргиллитов, песчаников, общей мощностью до 15-20 м и более. Следует иметь в виду, что такая мощность уржумских отложений ввиду их структурно неоднородности и широкому наличию трещиноватости не является абсолютным гарантом отсутствия развития карста в отношении образования деформаций на поверхности земли. С поверхности в районе прохождения трассы практически повсеместно развиты четвертичными образованиями, включающими: аллювиальные (aQ) и флювиогляциальные (flgQ) пески, супеси и суглинки в различных пропорциях, реже биогенные (bQ) и техногенные (tQ) отложения. [1-2, 13].

*В гидрогеологическом отношении территория, принадлежит к Восточно-Европейской артезианской области, Волго-Сурскому артезианскому бассейну.*

На участках проектирования трассы широко развиты 3 водоносных горизонта – четвертичный грунтовый, уржумский трещинно-пластовый и казанско-сакмарский трещинно-карстовый. На участках с малой мощностью уржумско-северодвинских преимущественно глинистых отложений при полном отсутствии юрско-мелового водоупора между выше отмеченными водоносными горизонтами нередко наблюдается прямая связь и единство уровней [13].

### **Карстологические условия**

Согласно карте карстоопасности Нижегородской области (рис. 3), составленной в ООО «Противокарстовая и береговая защита» в 2011 г. [3], а также результатам предварительной оценки устойчивости территории к карстообразованию согласно СП 11-105-97, ч. II, на протяжении трассы выделяются следующие категории устойчивости (карстоопасности) (табл.).

Таблица

Категории устойчивости (карстоопасности) исследуемой территории

Категория	Интенсивность образования провалов, шт./год·км <sup>2</sup>	Доля на исследуемом участке, %
VI – неопасная, вероятность образования провалов отсутствует	-	5,3
IV-VI – низкая опасность	< 0,05	60,6
III-V – пониженная опасность	0,01-0,1	34,1

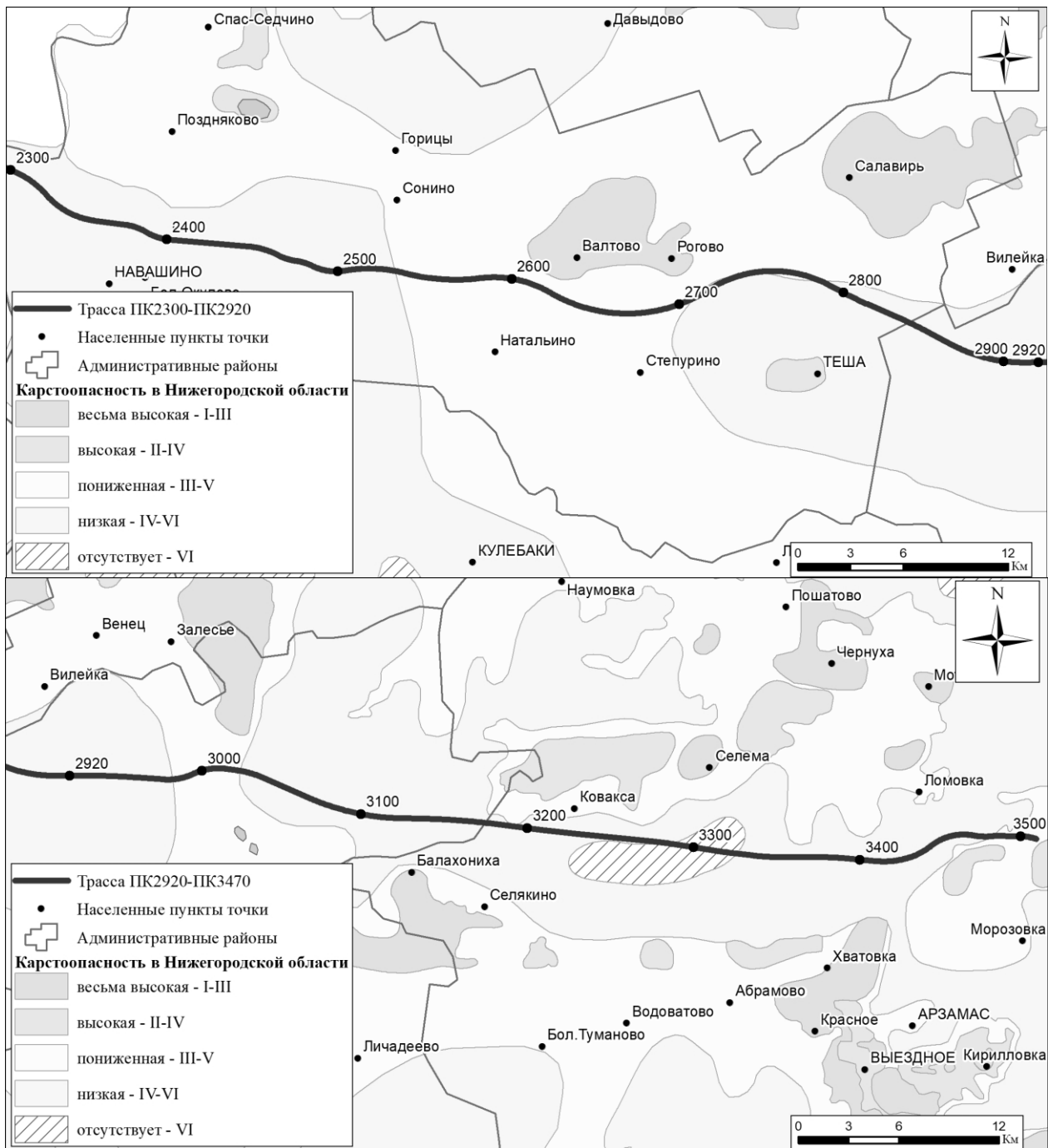


Рис. 3. Карстоопасность территории прохождения проектируемой трассы скоростной автомобильной дороги «Муром - Арзамас»

Интенсивное развитие современного карста на данной территории объясняется тектонической приподнятостью артинских гипсов и залеганием на них сильно трещиноватых органогенных известняков, имеющих небольшую мощность, известковистых доломитов и доломитов нижнеказанского возраста. Карст на исследуемой территории покрытый, карбонатный, карбонатно-сульфатный, карстующимися породами являются труднорастворимые согласно известняки и доломиты, и среднерастворимые - гипсы и ангидриты. Активнее процесс карста происходит в гипсах и ангидритах. Механизм развития деформаций на земной поверхности преимущественно карстово-



суффозионный. По времени образования карст современный, так как проявляет себя на поверхности в виде новых провальных форм [13].

### **Заключение**

С целью оптимизации противокарстовых мероприятий, снижения активности процессов карстообразования, а также регулирования их течения на исследуемой территории с учетом проведенного районирования и выделенных категорий устойчивости рекомендуется:

- эксплуатационные мероприятия, применяемые с целью контроля возможной активизации карстово-суффозионных процессов;

- водозащитные и противодиффузионные мероприятия, применяемые с целью предотвращения активизации карстово-суффозионных процессов за счет изменения гидрогеологических условий;

- геотехнические мероприятия, применяемые с целью изменения физико-механических характеристик основания сооружения, исключающих образования карстовых деформаций или обеспечивающих прочность и устойчивость сооружения с учетом расчетных параметров карстовых деформаций;

- конструктивные мероприятия, применяемые отдельно или в комплексе с геотехническими мероприятиями. Конструктивные мероприятия обеспечивают прочность и устойчивость сооружения с учетом расчетных параметров карстовых деформаций [10-12].

- на участках геодинамической активности в условиях карстовой опасности необходимо осуществление постоянно действующего дистанционного мониторинга за состоянием геологической среды с целью инженерно-геологической безопасности [4-9].

### **Библиографический список**

1. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Карта дочетверичных образований. Серия средневолжская. Лист N-38-I.

2. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Карта дочетверичных образований. Лист N-38-II.

3. Карта развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов территории Нижегородской области масштаба 1:1000000, ОАО «Противокарстовая и береговая защита», 2011.

4. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

5. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.

6. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.

7. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.

8. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.

9. Копылов И.С., Хлебникова Е.В. Инженерно-геологическая и геодинамическая оценка территории высокоскоростной железнодорожной магистрали в пределах Владимирской и Нижегородской областей // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С.290-305.

10. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: Госстрой России, 2001.

11. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 (с Изменением N 1) М.: Минрегион России, 2012

12. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

13. Техническая документация по результатам инженерных изысканий для подготовки проектной документации на объекте: «М-12 «Строящаяся скоростная автомобильная дорога Москва - Нижний Новгород – Казань», 4 этап км 224 – км 347, Владимирская, Нижегородская области (от пересечения с автомобильной дорогой регионального значения 17К-2 «Муром – М-7 «Волга» до пересечения с автомобильной дорогой федерального значения Р-158 «Нижний Новгород – Арзамас – Саранск – Исса – Пенза – Саратов»)». Этап 3. Участок строительства км 230 – км 347». Пермь: ООО «Противокарстовая и береговая защита», 2021.

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ УСТЬ-ЯЙВИНСКОГО УЧАСТКА ВКМКС И ОСНОВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ**

*Рассмотрены инженерно-геологические условия территории Усть-Яйвинского участка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Разработана методика проведения детального инженерно-геологического районирования на основе общих принципов и критериев и конкретных инженерно-геологических условий района строительства. Проведено инженерно-геологическое районирование основной промышленной площадки и составлены специальные карты масштаба 1:5 000.*

*Ключевые слова: инженерная геология, грунты, районирование, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей.*

**I.S. Kopylov, A.V. Konoplev**

Perm State University, Perm, Russia

## **ENGINEERING AND GEOLOGICAL ZONING TERRITORIES OF THE UST-YAYVINSKY SITE OF THE VERKHNEKAMSKOYE POTASSIUM-MAGNESIUM SALT DEPOSIT AND THE MAIN INDUSTRIAL SITE**

*The engineering-geological conditions of the territory of the Ust-Yayvinsky area of the Verkhnekamskoye potassium-magnesium salt deposit are considered. A technique has been developed for carrying out detailed engineering-geological zoning based on general principles and criteria and specific engineering-geological conditions of the construction area. An engineering-geological zoning of the main industrial site was carried out and special maps were drawn up at a scale of 1:5,000.*

*Key words: engineering geology, soils, zoning, Verkhnekamskoe deposit of potassium-magnesium salts.*

### **Введение**

Усть-Яйвинский участок расположен в юго-западной части Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС), на территории, подчиненной городу Березники Пермского края. Шахтное поле Усть-Яйвинского рудника находится в юго-западной части ВКМКС, на площади Усть-Яйвинского участка. В границах территории шахтного поля населенных пунктов нет, ближайшими являются п. Легино (д. Яйвинский рейд), расположенный на расстоянии 3,8 км к юго-западу от площадки Усть-Яйвинского рудника. Усть-Яйвинский рудник является самым эффективным проектом по строительству новых мощностей в мировой калийной отрасли. Мощность рудника примерно 10 млн. тонн руды в год [41].



Рис. 1. Местоположение Усть-Яйвинского участка на современном космоснимке (Landsat-8, 2020)

В настоящее время для восполнения сырьевой базы БКПРУ-3 на промплощадке Усть-Яйвинского рудника ведется строительство поверхностного комплекса рудника, подъездных путей автомобильного транспорта и т.д., а также строительство магистрального конвейера до промплощадки БКПРУ-3, по ранее разработанной проектной документации, предусмотренной для доставки сильвинитовой руды. Переработка сильвинитовой руды предусматривается на существующей СОФ БКПРУ-3 [1].

### **Задачи и методика исследований**

Целью исследований являлось инженерно-геологическое районирование территории Усть-Уйвинского участка ВКМКС и основной промышленной площадки для информационного обеспечения строительства объектов и рационального размещения инфраструктуры Усть-Уйвинского рудника.

Основными задачами являлись:

- сбор инженерно-геологической изученности и информации по району исследований;
- разработка методики проведения детального инженерно-геологического районирования на основе общих принципов и критериев инженерно-геологического районирования и конкретных инженерно-геологических условий района строительства;
- составление карт инженерно-геологического районирования и условий:
  - территории Усть-Яйвинского участка масштаба 1:50 000;
  - территории основной промышленной площадки масштаба 1:5 000.

## **Общие инженерно-геологические условия Усть-Яйвинского участка и его положение в региональных схемах инженерно-геологического районирования**

На территорию Пермского края существует несколько вариантов инженерно-геологического районирования. Принципы инженерно-геологического картирования и районирования наиболее полно разработаны И.В. Поповым (1961), который предложил выделять в качестве самостоятельных таксономических единиц инженерно-геологические регионы (по структурно-тектоническому принципу), области (по геоморфологическому принципу), районы (по литолого-генетическому принципу) и подрайоны разного порядка. Обзорное инженерно-геологическое районирование Урала и Приуралья проведено Ф.А. Асинкритовым [2] и Г.А. Голодковской [3], где в пределах Пермского края выделено два региона первого порядка – Русская платформа и Урало-Новоземельская горная страна, в которых выделено несколько регионов второго порядка. Детализируя эти работы авторами на основе собственных и ранее проведенных исследований (табл. 1), [5, 11, 16, 35] выполнено инженерно-геологическое районирование территории Пермского края в масштабе 1:500 000 (рис. 1) [11, 30, 36].

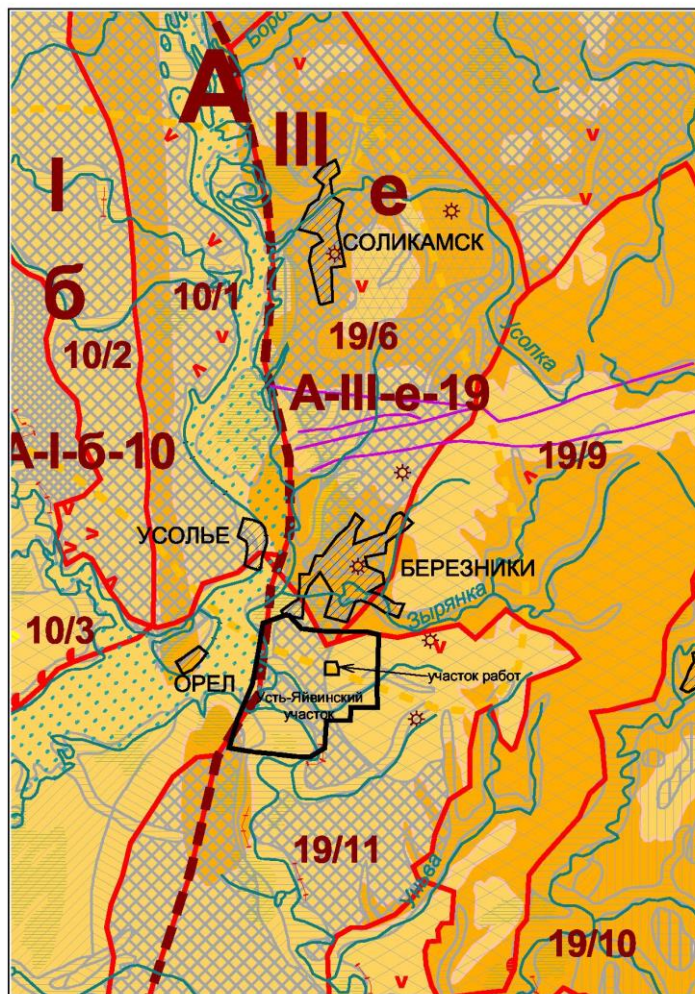
Для оценки инженерно-геологических условий строительства рудников важнейшее значение имеет **геодинамическая обстановка** – степень геодинамической (неотектонической) активности, наличие тектонических нарушений, зон трещиноватости [4, 10, 15, 22, 23, 28, 33, 34, 40]. Для оценки тектонических и геодинамических условий использованы материалы геолого-геофизических исследований, обобщенных А.И.Кудряшовым и др. (2004) (рис. 2) [39], материалы аэрокосмогеологических исследований (Копылов, Хурсик и др.) [17-20, 23].

Геологической и инженерно-геологической основой послужили материалы ПГГСП «Геокарта» (Харитонов и др., 1993ф) и Сылвинской ГПП (Балдин и др, 1996) (рис. 3).

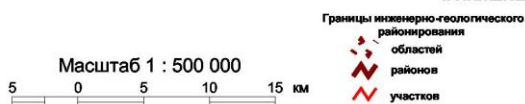
Таким образом, по современному инженерно-геологическому районированию территория Усть-Яйвинского участка расположена в пределах инженерно-геологического региона первого порядка – Восточно-Европейской (Русской) платформы, включающей два региона второго порядка – Волго-Уральский и Предуральский (рис.1).

**Основные источники составления карт инженерно-геологического районирования и условий территории Усть-Яйвинского участка**

	Название карт, масштаб	Авторы, отчеты, год
1	Геологическая карта и карта четвертичных отложений Верхнекамской площади. М. 1:50 000	Харитонов Т.В. и др. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:50000 Верхнекамской площади (листы 0-40-6-В - в.п., Г; 0-40-7-В - ю-з.ч.; 0-40-18-А - в.п.; Б, В - в.п.; Г; 0-40-19-А - с.-з.ч.; В - ю.з.ч.; 0-40-30-А - в.п.; Б; 0-40-31-А - с.-з.ч.) с общими поисками в Соликамском, Усольском и Березниковском районах Пермской области, выполненном в 1988-1992 гг. ПГГСП «Геокарта», Пермь, 1993
2	Инженерно-геологическая карта Верхнекамской Площади. М. 1:50 000	Балдин В.А. и др. Информационный отчет о комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 Верхнекамской площади на территории действующих горнодобывающих предприятий. ГП «Запуралгидрогеология». п. Сылва, 1996
3	Карты геоэкологических и инженерно-геологических условий Пермской области. М. 1:500 000	Копылов И.С. др. Составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет Геоэкологической партии ПГГСП «Геокарта» по результатам геоэкологических исследований на территории Пермской области в 1998-2000 гг.). ПГГСП «Геокарта», Пермь, 2001
4	Карта районирования по степени риска возникновения ЧС природного и техногенного характера Березниковско-Соликамского промузла. М. 1:200 000	Пьянков С.В., Михалев В.В., Копылов И.С. Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями: районирование территории; создание банка данных для геоинформационной системы органов государственной власти (ГИС ОГВ) (этап 2 - Березниковско-Соликамский промузел). ПГУ, Пермь, 2003
5	Схема разломов в интервале разреза ВКМС	Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Г.С. Фон-дер-Флаасс и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И.Кудряшова. Пермь: Ги УрО РАН, 2004
6	Карта неотектонической активности Пермского края. М. 1:500 000	Копылов И.С. и др. Составление карты неотектонической активности Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет Геоэкологической партии ФГУП «Геокарта-Пермь». Пермь, 2004
7	Карта инженерно-геологических условий Пермской области. М. 1:500 000	Коноплев А.В., Копылов И.С. и др. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые / Отчет по госконтракту № 162 от 09.06. 2005 г. ФГНУ ЕНИ, Пермь, 2005
8	Карта геодинамических активных зон территории Верхнекамского месторождения калийных солей. М. 1:100 000	Копылов И.С., Хурсик В.З. Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования / Отчёт ООО «Пермской геолого-геофизической компании» по государственному контракту №155 от 28 июля 2008 г. Министерства природных ресурсов Пермского края». Пермь, 2010
9	Карты инженерно-геологического районирования территории Усть-Яйвинского участка и основной промышленной площадки	Коноплев А.В., Копылов И.С. Инженерно-геологическое районирование территории Усть-Яйвинского участка и основной промышленной площадки / Отчет по договору с ООО «Урал-стройизыскания». ЕНИ ПГУ, Пермь, 2010



**I. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ**



- A - Восточно-Европейский регион первого порядка
- I - Волго-Уральский регион второго порядка
- б - область денудационной равнины Среднего Прикамья  
10 - район Среднекамской низменной равнины
- III - Предуральский регион второго порядка
- е - область денудационной равнины Предуралья  
19 - район Соликамской равнины

**II. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КОРЕННЫХ ПОРОД**

Карбонатно-терригенная формация верхней перми	
P2b1	Каваловская (Белебеевская) терригенная подформация. Глины, аргилиты, алевролиты, песчаники
P2sa	Верхнеуфимская (ижевская) карбонатно-терригенная подформация. Песчаники, алевролиты, аргилиты, прослои мергелей, известняков, гипсов
P2sa	Нижнеуфимская (соликамская) терригенно-карбонатная подформация. Известняки, доломиты, мергели, песчаники, алевролиты; на юге - прослои гипсов

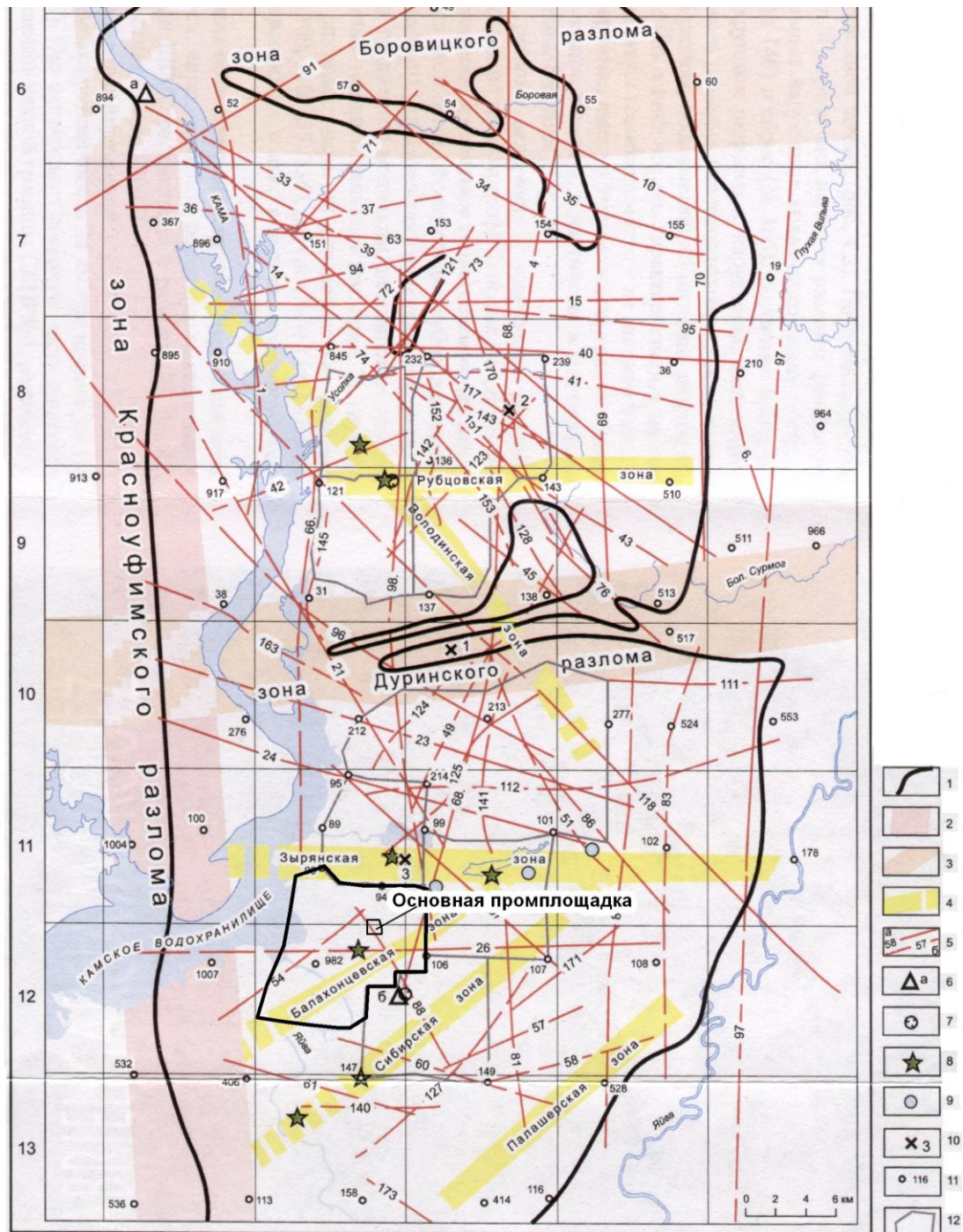
**III. ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

b-IV	Болотные отложения. Торф, торфотуф, гумусированные глины
a IV	Аллювиальные отложения поймы и русел. Галечники, гравий, пески, суглинки, глины
a III	Аллювиальные отложения 1 и 2 надпойменных террас. Пески, суглинки, глины, гравий, галечник
a II	Аллювиальные отложения 3, 4 и высоких надпойменных террас. Пески, суглинки, глины, гравий, галечник
sd IV	Кодловально-делювиальные отложения. Суглинки с глинами и щебнем склоновых пород, щебнистый мелкозем, щебнево-глибовые осыпи
es II-IV	Элювиально-делювиальные отложения. Глины и суглинки с дресовой, щебнем и глинами подстилающих пород
c III-IV	Делювиальные отложения. Глины и суглинки с дресовой, щебнем и глинами
sd III	Солифлюкционно-делювиальные отложения. Песчано-глинистый мелкозем с щебнем и глинами местных пород
pg III	Полугенетические отложения. Суглинки лессовидные, супеси с тонкими прослоями песков, иногда с репиктами погребенных почв
e III	Элювиальные отложения. Глины, суглинки, щебень, глыбы, галечник
lg II-III	Озерно-ледниковые отложения. Пески, супеси, глины, суглинки ритмично-слоистые (лепточные)
fl-III	Флювиогляциальные отложения. Окатанные валуны, галечник, гравий, пески
lg-III	Ледниковые отложения. Валуны, галечники, гравий, щебень, супеси, суглинки

**IV. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (ЭКЗОГЕННЫЕ - ЭНДОГЕННЫЕ)**

4.1. Группа ЭТП связанная с действием геоморфологического (гравитационного) фактора:	
□	Оползни в коренных породах
□	Оползни в рыхлых отложениях
4.2. Группа ЭТП связанная с действием подземных вод:	
□	Суффозия
□	Торфяные болота, заболоченность
4.3. Группа ЭТП связанная с эрозирующим действием поверхностных вод:	
□	Речная (боковая) эрозия
□	Скелетная эрозия
□	Сравная эрозия
4.4. Эндогенные процессы и элементы	
□	Контуры сейсмоопасных узлов первой категории опасности
□	Тектонические разломы имеющее инженерно-геологическое значение
4.5. Техногенные процессы и элементы техногенного рельефа	
□	Терриконы, отвалы
□	Шахты
□	Крупные карьеры
□	Водоохранилища

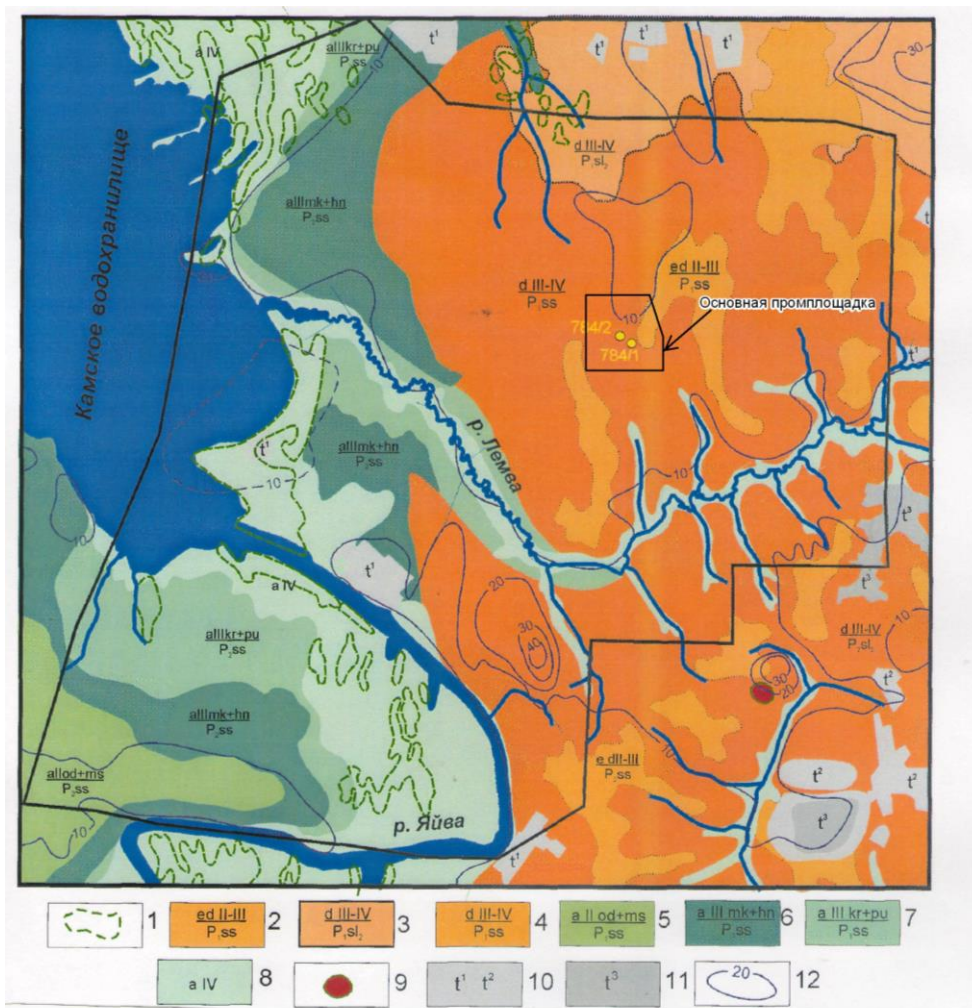
Рис. 1. Обзорная карта инженерно-геологических условий района работ (по материалам И.С.Копылова, А.В.Коноплева)



1 - контур калийной залежи; зоны разломов: 2 - Красноуфимского, 3 - Боровицкого и Дуринского, 4 - локальные зоны; 5 - одиночные разломы: достоверные (а) и предполагаемые (б); 6 - участки прямых наблюдений разрывных нарушений в породах надсолевого комплекса: в районе д. Тюлькино (а) и на участке аварии на БКПРУ-3 (б); 7 - участки аварийного обрушения пород; 8 - эпицентры землетрясений и сейсмоопасные зоны; 9 - пункты повышенного содержания гелия в подземных водах; 10 - центры участков детальных исследований: подсолевого комплекса (1), соляного комплекса (2), надсолевого комплекса (3); 11 - солеразведочные скважины и их номера; 12 - контуры шахтных полей.

Рис. 2. Схема разломов в интервале разреза ВКМС (по А.И.Кудряшову и др., 2004 [39])





1 – участки развития обводненных торфяников; 2 – средне-верхнеплейстоценовые элювиально-делювиальные отложения на красноцветных алевролитах, аргиллитах, песчаниках, гравелитах и конгломератах шешминской свиты; 3, 4 – верхнеплейстоценовые делювиальные отложения на известняках, мергелях с прослоями доломитов терригенно-карбонатной толщи соликамской свиты и красноцветах шешминской свиты; 5 – среднеплейстоценовые (одинцовский и московский) аллювиальные отложения III надпойменной террасы; 6 – верхнеплейстоценовые (микулинский и ханмейский горизонты) аллювиальные отложения II надпойменной террасы; 7 – верхнеплейстоценовые (каргинский и полярноуральский горизонты) аллювиальные отложения I надпойменной террасы; 8 – голоценовые аллювиальные отложения поймы; 9 – техногенный провал на площади БКПРУ-3; 10,11 – техногенные грунты под городской застройкой ( $t_1$ ), промышленными объектами ( $t_2$ ), шламохранилищами и отвалами ( $t_3$ ); 12 – изопахиты кайнозойских отложений

Рис. 3. Инженерно-геологическая карта Усть-Яйвинского участка (по материалам Т.В.Харитонов, 1993; В.А.Балдина, 1996)

В западной части рассматриваемой территории выделяется Волго-Уральский инженерно-геологический регион второго порядка (А-I) с распространением терригенной красноцветной и карбонатно-терригенной формаций верхней перми, с преобладанием делювиальных суглинков и глин, элювиально-делювиальных супесей и суглинков. В пределах этого региона выделяется инженерно-геологическая область денудационной равнины Среднего Прикамья (А-I-б), в пределах которой выделяется инженерно-геологический район слабых дифференцированных поднятий Среднекамской низменной равнины (А-I-б-10).

Основная часть территории располагается в пределах Предуральского региона второго порядка (А-III) с распространением карбонатно-терригенной и галогенно-карбонатной формаций перми с покровом песчаных и глинистых делювиальных и элювиально-делювиальных отложений.

В пределах этого региона выделяется инженерно-геологическая область денудационной равнины Предуралья (А-III-е), в пределах которой выделяется инженерно-геологический район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Соликамской равнины (А-III-е-19) – Соликамский инженерно-геологический район.

По литолого-генетическому принципу инженерно-геологические районы подразделены на крупные участки (участки первого порядка). При выделении их учитывались (в порядке приоритета): формации и подформации пород коренной основы, геолого-генетические комплексы четвертичных отложений, комплексы почво-грунтов, орографические уровни рельефа [2, 3, 13, 26, 27, 29, 36].

В пределах Соликамского инженерно-геологического района выделено 12 крупных инженерно-геологических участков первого порядка, 3 из которых (19-6, 19-9, 19-11) находятся в пределах рассматриваемой территории, при этом, подавляющую часть площади занимает инженерно-геологический участок первого порядка 19-11.

*Усть-Яйвинский участок в соответствии с картой инженерно-геологического районирования* (рис. 4) расположен практически полностью в пределах инженерно-геологического участка первого порядка 19-11. Данный участок по комплексу геологических, геоморфологических и литологических критериев разделен на два инженерно-геологических участка второго порядка (19-11-1 и 19-11-2).

Инженерно-геологический участок второго порядка 19-11-1 занимает западную часть Усть-Яйвинского участка – устьевую часть р. Яйвы и нижнее течение р. Ленвы с развитием средне и верхнеплейстоценовых аллювиальных отложений I, II, III надпойменных террас этих рек. Для этого участка характерна сильная заболоченность.

Инженерно-геологический участок второго порядка 19-11-2 занимает восточную часть Усть-Яйвинского участка, охватывает бассейн среднего и верхнего течения р. Ленвы, склоны и водораздельные пространства с развитием средне и верхнеплейстоценовых делювиальных и элювиально-делювиальных отложений и локально – элювиальных отложений на терригенных красноцветах шешминской свиты перми.

### **Инженерно-геологическое районирование территории основной промышленной площадки**

Территория основной промышленной площадки полностью располагается в пределах инженерно-геологического участка второго порядка 19-11-2, описанного выше.

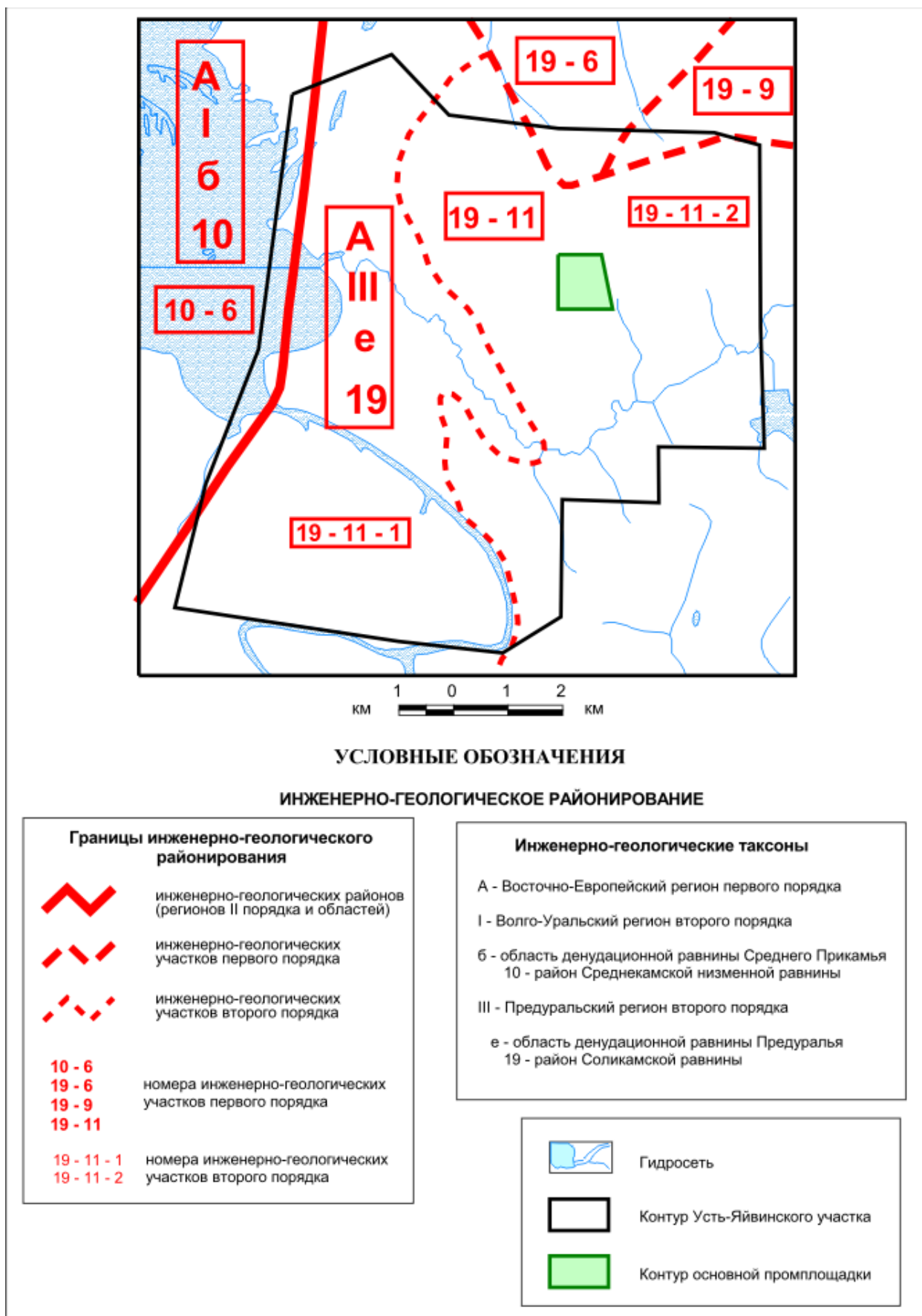


Рис. 3. Карта инженерно-геологического районирования  
Усть-Яйвинского участка

На основе комплекса геологических, геоморфологических, литологических, гидрогеологических критериев [11-14, 21-25, 29] проведено следующее инженерно-геологическое районирование территории основной промышленной площадки. Выделены три инженерно-геологических участка третьего порядка. Участок I занимает положение в южной части района (Сухарев лог). Участок III расположен в северо-восточной части района на водораздельной части и прилегающих склонах (преобладающие отметки рельефа 180-190 и более м). Участок II занимает промежуточное положение между I и II участками в центральной, западной и восточных частях района, в средних частях склонов (рис. 5). Характеристика условий приводится в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика условий инженерно-геологических участков  
в пределах основной промышленной площадки

№ и/г участка	Инженерно-геологические критерии						Относительная степень благоприятности инженерно-геологических условий
	Геоморфологическое положение	Мощность рыхлых отложений, м	Комплекс четвертичных отложений	Наличие разломов и зон тектонической трещиноватости	Наличие мягко- и текуче-пластичных грунтов	Условия по подтопляемости территорий	
<b>I</b>	Нижняя часть склона, тальвег лога	6-10 и более	ad Q, d Q	Предположительный разлом	есть	Постоянно подтопляемые в естественных условиях	пониженная (наименее благоприятная)
<b>II</b>	Средняя часть склона	4-6	d Q, ad Q, ed Q	Предположительный разлом	есть	Потенциально подтопляемые в результате ожидаемых техногенных воздействий	средняя
<b>III</b>	Верхняя часть склона, водораздел	3-4 и менее	ed Q, e Q	Не установлены	нет		повышенная (наиболее благоприятная)

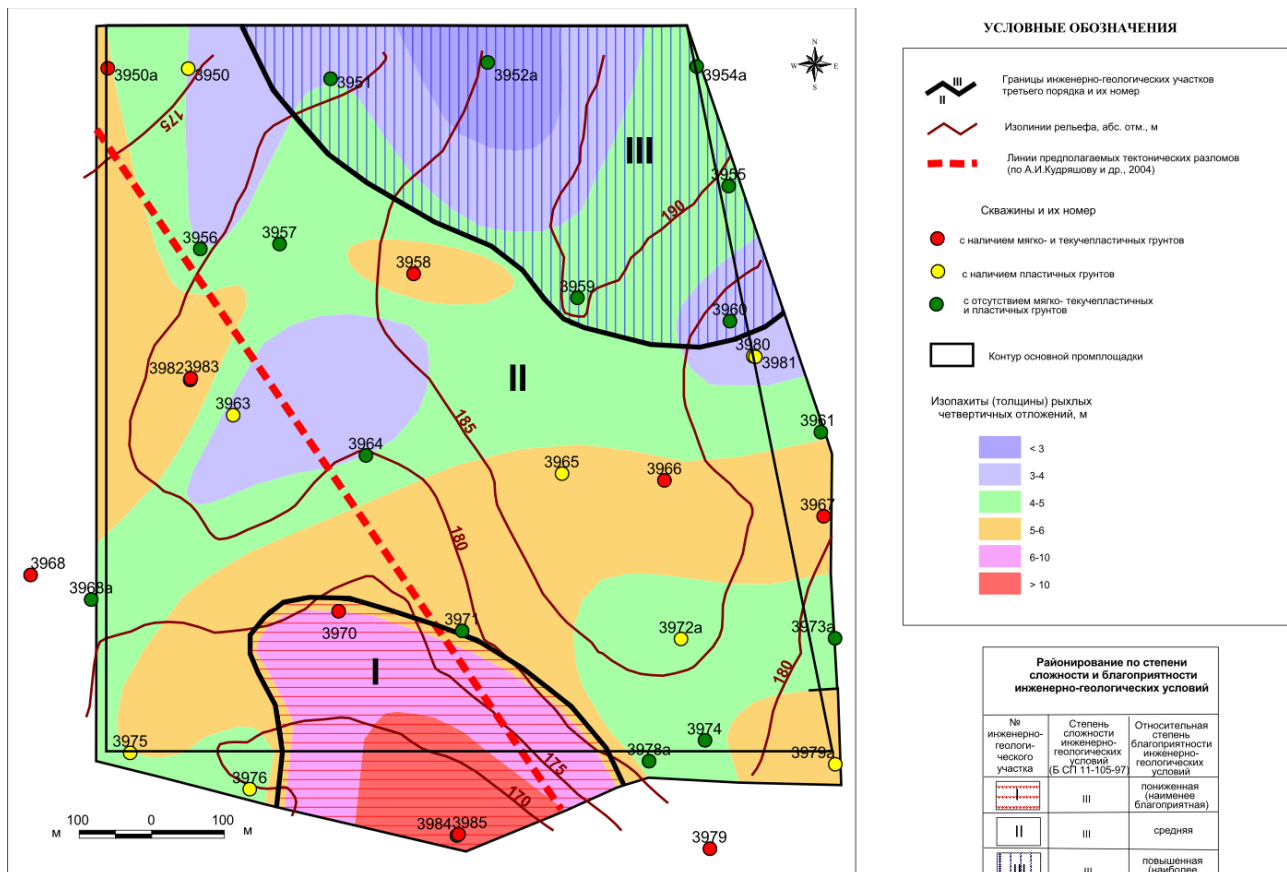


Рис. 5. Карта инженерно-геологического районирования основной промышленной площадки [7]

В пределах района основной промплощадки А.И.Кудряшовым и др. [39] установлен разлом № 88 (рис. 5). «Это крупное разрывное нарушение длиной более 40 км выявлено в 1991 году в результате геологической интерпретации результатов детальных гравиметрических и магнитных съемок (Кассин и др., 1991) и определено как «разлом, проявленный в строении верхнепермских и более глубоких горизонтов». Повторный анализ этих геофизических полей показал, что обсуждаемый разлом довольно четко отражается в структуре гравиметрического поля, но не подтверждается в магнитном поле. Следовательно, исходя из принятой методики оценки достоверности разлом № 88 должен классифицироваться как маловероятный (не подтвердившийся). Однако в плане этот разлом находится в непосредственной близости (в 350 м) от провала дневной поверхности на руднике БКПРУ-3. Если учесть среднюю ширину зоны влияния разломов на ВКМС, которая составляет около 2 км (на рисунке показана лишь его осевая линия), небольшую разницу азимутов ( $7^\circ$ ) простирания разлома № 88 и линейную аномалию электрического поля, отождествляемую с крутопадающими обводненными зонами повышенной трещиноватости пород надсолевой толщи, возможность неперпендикулярного падения разлома и некоторую ошибку при его переносе с мелкого масштаба на крупный, то можно предположить, что это одно и то же разрывное нарушение. В связи с этим средняя часть этого разрывного нарушения была идентифицирована как предполагаемая» [7, 39].

Вся территория промплощадки находится в пределах крупной геодинамической активной зоны, выделенной по материалам региональных аэрокосмогеологических исследований (масштаб 1:500 000) [9, 18]. Однако при более детальном дешифрировании космоснимков (масштаб 1:100 000) и их обработке, установлено, что эта геодинамическая активная зона, имеет мозаичное строение, «разбивается» на ряд мелких аномалий [7, 8]. В пределах района промплощадки фиксируется фон, установлен лишь 1 локальный линеамент северо-западного простирания в центральной части района, вблизи разлома № 88 [7, 39].

По карте районирования по степени риска возникновения ЧС природного и техногенного характера Березниковско-Соликамского промузла территория промплощадки находится в зоне повышенного уровня вероятности развития опасных техно-природных процессов [32, 38]. Подготовлена основа геоинформационного обеспечения для проектирования разработки калийных месторождений [6, 31, 37].

### **Заключение**

Таким образом, проведен анализ инженерно-геологических условий территории Усть-Яйвинского участка ВКМКС. Разработана методика проведения детального инженерно-геологического районирования на основе общих принципов и критериев и конкретных инженерно-геологических условий района строительства. Проведено инженерно-геологическое районирование основной промышленной площадки и составлены специальные карты масштаба 1:5 000.

По степени сложности инженерно-геологических условий вся территория согласно прил. Б СП 11-105-97 относится к III категории сложности, однако некоторые различия условий в их пределах позволяют дифференцировать их и определить относительную степень благоприятности инженерно-геологических условий. Наиболее благоприятные инженерно-геологические условия имеет участок III; наименее благоприятные условия – участок I.

### **Библиографический список**

1. Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей. Усть-Яйвинский рудник. Поверхностный комплекс. Корректировка. Корпус дробления руды оценка воздействия на окружающую среду Часть I. Текстовая часть. Начало 05.019-ОВОС I Том I. АО «ВНИИ Галургии». 2020. 183 с. <https://adnbrk.ru/wp-content/uploads/2020/09/OVOS-chast-1.pdf>.
2. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / Под ред. И.К.Зайцева. М.: Недра, 1972. 648 с.
3. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977.
4. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.
5. Коноплев А.В., Копылов И.С. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермского края для рационального недропользования при освоении минерально-сырьевых ресурсов // Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов. Пермь: ФГНУ «ЕНИ» и др. 2005. С. 174-175.
6. Коноплев, А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное

обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермь, 2012. С. 5-14.

7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.

8. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 165-167.

9. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.

10. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.

11. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.

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. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4.

14. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.

15. Копылов И.С. Картографическое моделирование геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы и формирование полезных ископаемых // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2013. С. 145-147.

16. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. Тамбов, 2011. № 8 (23). С. 126-129.

17. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.

18. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

19. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 38-43.

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. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.

23. Копылов И.С. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // В сборнике: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. 2015. С. 189-193.

24. 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.

25. 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.

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. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
29. 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.
30. Копылов И.С., Коноплев А.В. Инженерно-геологическое картографирование и районирование территории Пермского края на основе ГИС-технологий // *Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ*. Пермь, 2008. С. 160-168.
31. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология геоинформационного картографирования геологической среды для создания ГИС-атласа «Геологическое строение и ресурсы недр Пермского края» // В сборнике: *Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края*. Пермь, 2012. С. 62-70.
32. 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.
33. 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.
34. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-2. С. 355-359.
35. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.
36. 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.
37. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 63-76.
38. Копылов И.С., Пьянков С.В., Михалев В.В., Коноплев А.В. Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями // *Состояние и охрана окружающей среды Пермского края в 2006 году*. Пермь: Изд-во ОАО ИПК «Соликамск», 2007. С. 229-231, ил.-238.
39. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер-Флаасс Г.С. и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И. Кудряшова. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. 194 с.
40. 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. P. 16-22.
41. <https://uestroy.ru/projects/ust-yayvinskiy-rudnik/> Дата обращения 05.12.2021.



## **ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ НА ПЛОЩАДКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ХВОСТОХРАНИЛИЩА СВЕТЛИНСКОЙ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ**

*Проведены инженерно-геологические изыскания для капитального строительства хвостохранилища Светлинской золотоизвлекательной фабрики. Изучены физико-механические свойства грунтов, сделано определение степени пучинистости.*

*Ключевые слова: Инженерно-геологические изыскания, характеристика грунтов, золотоизвлекательная фабрика.*

**K.A. Kurochkin**

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

## **CHARACTERISTIC OF SOILS AT THE CONSTRUCTION SITE OF THE TAILING DUMP OF THE SVETLINSKAYA GOLD EXTRACTION FACTORY**

*Engineering and geological surveys were carried out for the capital construction of the tailing dump of the Svetlinskaya gold recovery plant. The physical and mechanical properties of soils have been studied, their degree of heaving has been determined.*

*Key words: Engineering and geological surveys, soil characteristics, gold recovery plant.*

### **Введение**

Проведено инженерно-геологическое изучение на площадке строительства хвостохранилища Светлинской золотоизвлекательной фабрики. Работы выполнялись в составе инженерно-геологических изысканий, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, ГОСТ 25100-2020 «грунты. Классификация» [1], СНиП 2.02.01-83 «основания зданий и сооружений» [10]. В ходе исследований проводились геоморфологические, сейсмологические и гидрологические исследования, изучались геологические процессы, состав и строение грунтов, составлялись прогнозы возможных изменений геологических условий после возведения планируемых объектов на территории.

Светлинское месторождение золота расположено в 30 км к юго-западу от города Пласт, на территории Пластовского районного муниципального образования Челябинской области. В 67 км юго-западнее участка проходит железнодорожная магистраль. Местоположение исследуемой территории показано на рис. 1.



Рис 1. Обзорная схема района исследований (пос. Светлый)

### **Природные условия**

Район месторождения находится в пределах Восточной части Южного Урала (на восточном склоне) и пределах окраины Предтургайской равнины в лесостепной зоне с пенебленизированным рельефом типичной холмисто-увалистой равнины. Абсолютные отметки в районе месторождения составляют 350-400 м, превышение водоразделов над долинами – 45-50 м, естественные коренные породы практически отсутствуют. Средняя абсолютная отметка рельефа в районе месторождения – 360 м. Склоны речных долин очень пологие, сами долины заболочены. Месторождение расположено в водораздельной зоне истоков рек Санарка и Каменка, являющихся частью Тобольской гидросети.

По природным зонам территория района исследования относится к ландшафтам лесостепей. Район отличается определенным сочетанием физико-географических условий. Земная поверхность водосборной площади реки имеет здесь общий уклон с севера на юго-запад. Понижения заболочены.

Непосредственно участок работ находится на восточной границе карьера месторождения «Светлинское». Абсолютные отметки поверхности участка исследований колеблются от 348,0 м до 367,0 м.

### **Геологические условия**

Светлинское месторождение расположено на северной окраине пос. Светлый, открыто в 1979 г. Э.И. Мецнером и разведано Кочкарской ГРП.

Изучалось многими исследователями, по материалам которых получен обширный материал по геологическому строению

В геологическом отношении месторождение расположено в зоне влияния Косаргинско-Куликовского глубинного разлома и локализовано в плагиосланцах светлинской толщи (R3 ?) вблизи тектонического контакта с мраморами кучинской толщи (R3 ?). Толща находится в тектоническом блоке между образованиями кучинской и александровской толщ. Контакт с кучинской толщей тектонический, надвигового характера. Мощность толщи от 250 до 1000 м. (рис. 2). По геолого-геофизическим данным, в пределах площади месторождения установлены тектонические нарушения субмеридионального, северо-западного и субширотного простирания [9]. По линеаментно-геодинамическому анализу и дешифрированию современных космических снимков территорию Светлинского месторождения пересекает геоактивная зона, обусловленная локальными тектоническими линеаментами, которые могут влиять на инженерно-геологические и геоэкологические условия при разработке месторождения [2-6].



Рис. 2. Геологическая карта Светлинского месторождения [8, 9]

### Характеристика грунтов

Основной целью исследований является – определение физико-механических свойств грунтов в пределах активной зоны сооружений (нормативные и расчетные физико – механические характеристики), определение пучинистости грунтов.

Под пучинистостью пород понимается способность их деформироваться как при промерзании, так и в мерзлом состоянии, увеличивая свой объем в результате замерзания влаги, ее миграции ильдонакопления. Пучинистые

свойства пород зависят от их начальной влажности, плотности, степени заполнения пор, засоленности, заторфованности внешних условий промерзания. Наибольшую опасность для инженерных сооружений с точки зрения морозной пучинистости пород представляют влажные пылеватые глинистые разновидности [7].

Установлены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ).

ИГС-1. Почвенно-растительный слой (hQ). Грунт подлежит выборке и как ИГЭ не рассматривается.

ИГЭ-1. Делювиальная глина твердая легкая пылеватая просадочная (dQ). По лабораторным данным грунт – глина твердой консистенции. По гранулометрическому составу и числу пластичности, в соответствии с ГОСТ 25100-2020 [1], - легкая, по относительной деформации просадочности  $e_{sl}$  определенной методом двух кривых – просадочный. Грунт находится в зоне сезонного промерзания. По показателю  $R_{\phi}$  в соответствии с п. 2.137 Пособия к СНиП 2.02.01-83\* Актуализированная редакция [10] грунт относится к слабопучинистому. Значения основных физико-механических характеристик грунта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунта ИГЭ-1

Наименование показателя	Нормативное значение	Коэффициент вариации	Коэффициент надежности		Расчетные значения	
			При доверительной вероятности			
			0,85	0,95	0,85	0,95
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,95	0,0157	1,0037	1,0064	1,94	1,94
Угол внутреннего трения, град.	11	0,0910	1,0336	1,0591	10,2	10,0
Удельное сцепление, кПа	60,7	0,1043	1,0387	1,0684	58,5	56,8
Модуль деформации, МПа	20,79	-	-	-	-	-

Нормативные и расчетные значения плотности грунтов и основных прочностных и деформационных характеристик приняты по результатам статистической обработки лабораторных данных и приведены в табл. 2. Значения угла внутреннего трения и удельного сцепления, в водонасыщенном состоянии соответственно - 1 град. и 15,4 кПа. Нормативный модуль деформации получен путем корректировки среднего компрессионного значения по полевым испытаниям радиальным прессиометром (рис. 3).

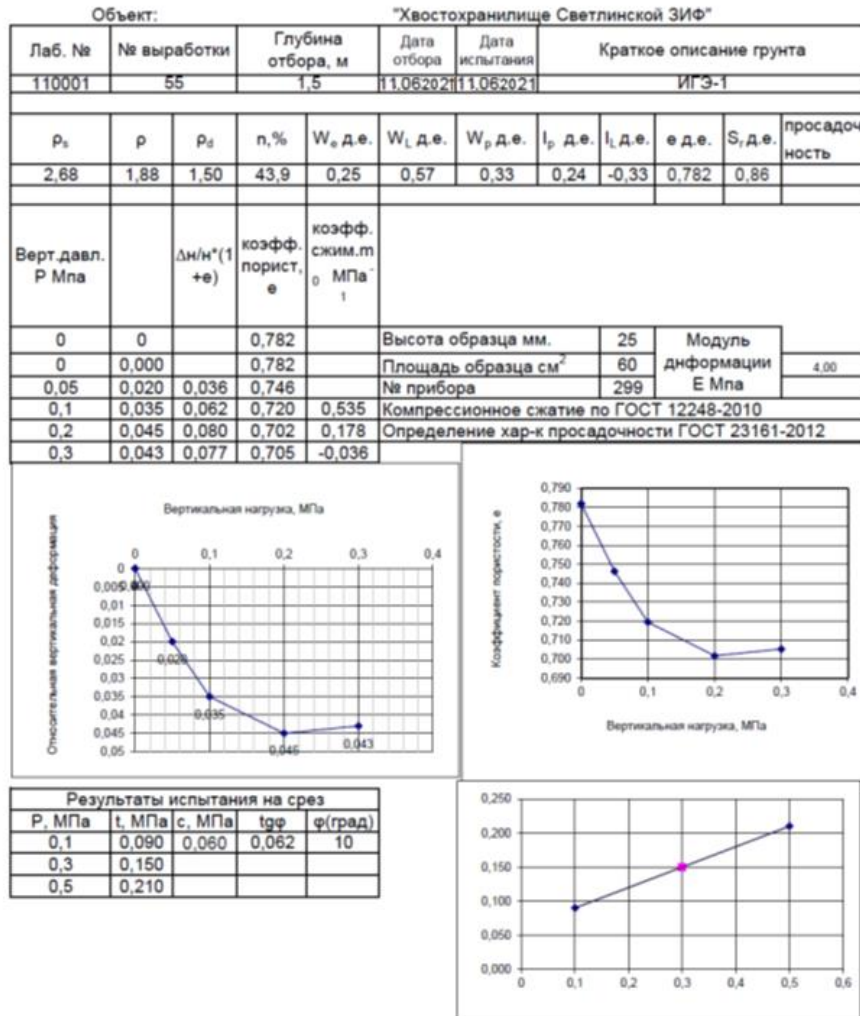


Рис. 3. Результаты испытания грунтов

Таблица 2

Нормативные и расчетные значения характеристики грунтов.

Наименование ИГЭ	Нормативные и расчётные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов									Условное расчетное давление $R_0$ , кПа по «Пособию ...» $S_r \leq 0.5 / S_r \geq 0.8$	Классиф. грунтов по трудности разработки одноковшовым экскаватором по ГОСТ 81-02-01-2001 (табл. 1-1)
	$\rho^H$ , г/см <sup>3</sup>	$\frac{R_{0,85}}{R_{0,95}}$ г/см <sup>3</sup>	$\phi^H$ , град	$\phi_{0,85}$ / $\phi_{0,95}$ град	$C^H$ , кПа	$\frac{C_{0,85}}{C_{0,95}}$ кПа	Е, МПа	$R_c^H$ , МПа	$\frac{R_{c0,8}}{R_{c0,9}}$ МПа		
ИГЭ-1 Делювиальная глина твердая легкая пылеватая просадочная (dQ)	1,9	1,94	11	10,7	60,6	59,5	20,7	-	-	400/200	2(8a)
		1,94		10,5		58,6					
		1,82		16,2		41,4					

Определение пучинистости ИГЭ:

Определение пучинистости отобранного грунта производилось в соответствии с СНиП 2.02.01-83 [10] и пособием к СНиП 2.02.01-83\* (актуализированная редакция) п. 2.135, п. 2.137 и п. 2.138.

Принадлежность глинистого грунта к одной из групп оценивается параметром  $R_f$ . СНиП 2.02.01-83\*

Формула определения значения параметра  $R_f$ :

$$R_f = 0,012(w - 0,1) + [w(w - w_{cr})^2] / (w_L w_P \sqrt{M_0}),$$

где  $w$ ,  $w_P$ ,  $w_L$  - влажности в пределах слоя промерзающего грунта, соответствующие природной, на границах раскатывания и текучести, доли единицы; данные приведены в приложении А.

$w_{cr}$  - расчетная критическая влажность, ниже значения которой прекращается перераспределение влаги в промерзающем грунте, доли единицы, определяется по СНиП 2.02.01-83\*

$M_0$  - безразмерный коэффициент, равный при открытой поверхности промерзающего грунта абсолютному значению среднезимней температуры воздуха исследуемой территории. Согласно СП 131.13330.2020 [11] Строительная климатология. Значение, для Челябинской области, равно 11,5.

Расчет  $R_f$  для ИГЭ-1 (Делювиальная глина твердая легкая пылеватая просадочная (dQ).)

$$R_f = 0,012(0,25 - 0,1) + [0,25(0,25 - 0,18)^2] / (0,57 * 0,33 * \sqrt{11,5})$$

$$R_f = 0,0033$$

ИГЭ-1 относится к слабопучинистому грунту

Результаты расчета в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика грунта по пучинистости  
(по Пособию к СНиП 2.02.01-83, т.39)

Наименование ИГЭ	Параметр пучения $R_f$ / Относительное пучение	Пучинистость
ИГЭ-1 Делювиальная глина твердая легкая пылеватая просадочная (dQ)	0,0033	Слабопучинистый
	0,0334	

### Заключение

На исследуемой территории Светлинской золотоизвлекательной фабрики на момент изысканий каких-либо неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений, СП 11-105-97 (часть II), способных повлиять на строительство и эксплуатацию проектируемого строительства, при визуальном осмотре участка работ не обнаружено.

Нормативная глубина сезонного промерзания, определенная расчетом по п. 2.27 СНиП 2.02.01-83 [10], составляет: для глин – 180, для супесей и

суглинков – 219 см, мелких и пылеватых песков – 234 см, крупнообломочных грунтов – 266 см.

Грунты являются слабопучинистыми. При строительстве хвостохранилища Светлинской золотоизвлекательной фабрики необходимо учитывать этот фактор. Неправильная организация стока атмосферных вод может привести к развитию на территории процесса пучения, и как следствие, появлению пучин.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация.
2. Копылов И.С. Геозкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
3. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
4. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
5. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности территории Качканарского ГОК по результатам крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 240-253.
6. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
7. Муравьев Ф.А. Физические свойства и криогенные текстуры мерзлых дисперсных грунтов: пособие к лабораторным занятиям по курсу «Геокриология». Казань: Казанский государственный университет, 2008. 36 с.
8. Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А. Золотооруденение Урала // Рудоносные, рудные и нерудные формации Урала. Свердловск: Издво УНЦ АН СССР, 1985. С. 178-181.
9. Сначёв В.И., Рыкус М.В. Геология и история формирования Светлинского золото-сульфидного месторождения (Восточно-Уральское поднятие) // Геология, геофизика, бурение. 2013, Т. 11, № 2. С.10-16
10. СНиП 2.02.01-83\* Актуализированная редакция (СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений).
11. СП 131.13330.2020 Строительная климатология (СНиП 23-01-99\*).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОЛЗНЯ У ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «КРАСНАЯ ГОРКА» В ПЕРМИ**

*Проведены исследования оползневых процессов в городе Перми. Дана характеристика оползня по адресу: Фрезеровщиков, 86. Выявлены факторы образования данного оползания склона. Произведено сравнение оползня за период с 2016 года по 2020 год. Даны рекомендации по противооползневым мероприятиям.*

*Ключевые слова: оползень, склон, оползневые процессы, Пермь, строительство, опасный.*

**E.V. Tashkinov**

Perm State University, Perm, Russia

## **RESEARCH OF A LANDSLID AT THE RESIDENTIAL COMPLEX «KRASNAYA GORKA» IN PERM**

*Investigations of landslide processes were carried out in the city of Perm. The characteristics of the landslide at the address: Frazerovshchikov, 86 are given. The factors of formation of this slope slump were clarified. Comparison of the landslide for the period from 2016 to 2020 was made. Recommendations on anti-landslide measures are given.*

*Key words: landslide, slope, landslide processes, Perm, construction, dangerous.*

### **Введение**

Одними из опасных чрезвычайных ситуаций природного характера являются оползни. Оползни – это смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием веса грунта и объемных и поверхностных сил. Оползневые процессы характерны для геологической среды Перми. Их можно встретить на берегах реки Камы, Чусовой, Егошихи и других рек. Оползневые процессы существенно изменяют рельеф поверхности земли, нарушают устойчивость сооружений, зданий, дорог, каналов и целых комплексов сооружений, разрушают их, вызывая катастрофы с человеческими жертвами и большими материальными убытками. Все это говорит об актуальности исследований оползневых процессов.

Целью работы является выявление территорий подверженных риску чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в г. Перми.

Объект исследования – оползневые процессы г. Перми.

Предмет исследования – закономерности развития оползня у дома по улице Фрезеровщиков, 86.



В ходе работы решались задачи: изучение нормативно-правового регулирования в сферах чрезвычайных ситуаций и опасных геологических процессах; изученности экзогенных процессов города Перми; классификации, причины возникновения и строение оползней; рассмотрение противооползневых мероприятий; характеристика оползня, рядом с жилым домом по улице Фрезеровщиков, 86 за период 2016-2020 годов.

### **История изучений экзогенных процессов города Перми**

Изучение берегов и акваторий камских водохранилищ в последние годы проходит под знаком усиления роли географических исследований в познании природных и антропогенных процессов, преобразующих водоемы по истечении полувекового периода их функционирования. Изучение берегов и акваторий камских водохранилищ, проводимое коллективом кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского университета в последнее десятилетие, было направлено на решение нескольких крупных проблем. Первая – это установление современной активности экзогенных геодинамических процессов (ЭГП). Для этого на стационарах, многие из которых были заложены еще в 70–х гг. прошлого столетия, с помощью топогеодезических и дистанционных методов проводилось изучение современной скорости переработки берегов. Одновременно велись наблюдения за переформированием прибрежных отмелей и накоплением наносов в акваториях водоемов.

Инженерно-геологические условия территории Пермского края изучались главным образом для решения практических задач промышленного и гражданского строительства. Огромное количество изыскательских работ выполнено проектными организациями и институтами ОАО «ВерхнекамТИСИЗ», ООО «Пермгражданпроект», «Ленгипроводхоз», «Уралгипросельхозстрой»; линейных инженерных сооружений – ОАО «Уралгипротранс», ООО «ПермНИПИнефть», ООО «Недра». Большой объем инженерных изысканий проводился под крупное гидротехническое строительство на реках Кама и Чусовая, на основе которых были сооружены Камское и Воткинское водохранилища (Ю.В. Разумовский, Р.Б. Крапивнер, М.И. Тешлер, Д.Г. Зилинг, Е.И. Варварина и др.) [10, 11]. Изучение факторов, влияющих на развитие эрозионных процессов на берегах камских водохранилищ, проводилось И.А. Печеркиным, В.И. Каченовым и др. [17, 18]. Изменение количественных характеристик эрозионного рельефа достаточно полно описано в работах Н.Н. Назарова [16].

В настоящее время мониторинговые наблюдения за геологическими процессами, происходящими на берегах водохранилищ, осуществляют Пермский ТЦГМСН и Пермский госуниверситет. Обобщения по региональным инженерно-геологическим условиям и ЭГП Приуралья и Урала выполнены Пермским госуниверситетом при оценке состояния природных условий и ресурсов (Б.М. Осовецкий, Р.Г. Ибламинов, Л.А. Шимановский), ФГУП «Геокарта–Пермь» при проведении геоэкологического и инженерно-

геологического картографирования Пермского края и г. Перми (И.С. Копылов и др.) [3, 4, 6, 9, 12].

В последнее десятилетие большое количество научно–исследовательских работ в области региональной инженерной геологии, инженерного грунтоведения, инженерной геодинамики и инженерной экологии выполнено на кафедре инженерной геологии и охраны недр ПГНИУ под руководством В.В. Середина. Основным научным направлением данной инженерно-геологической школы является разработка методов и технологий оценки и прогнозирования инженерно-геологических и геоэкологических процессов. Новым направлением региональной инженерной геологии (в соответствии с идеями В.Т. Трофимова [21] о новом этапе в развитии инженерной геологии, с исследованием многообразия всех объектов инженерной геологии, исходя из парадигмы тектоники плит) является изучение геодинамической активности природных и урбанизированных территорий [5, 7, 8].

### **Природные и геологические условия города Перми**

Территория г. Перми расположена на восточной окраине Русской платформы (равнины), в пределах Пермского свода, где на поверхность выходят породы уфимского яруса пермской системы, перекрытые четвертичными отложениями [3, 9]. На исследуемом участке представлены аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы, состоящие из галечника, гравия, песка, супесей, суглинков и глин.

Рельеф территории речного происхождения, сформировавшийся в результате глубинной, боковой, регрессивной эрозии и аккумуляции. Рельефообразующими элементами являются река Кама, её притоки и овраги.

Основными формами рельефа являются пойма и аккумулятивно-эрозионные надпойменные террасы.

На поверхности поймы много заболоченных участков, часть из них заторфованные.

По внешнему облику рельеф территории равнинный, по морфологическим категориям – волнистый, холмистый, увалистый, балочный и долинный. По отношению к уровню океана – низкий (абс. отм. 92-180 м), по глубине расчленения – от очень мелкого и мелкого на пойме, первой и второй террасах до крупного на высоких террасах, по густоте расчленения – слабо – и среднерасчленённый.

В целом территория города характеризуется достаточно запущенным, частично искусственно созданным рельефом: спланированные участки перемежаются с различными выемками, которые со временем начинают заболачиваться, а также являются несанкционированными свалками мусора. Различные по объёму свалки мусора фиксируются по всей обследованной территории, особенно на склонах долин малых рек.

Гидрографическая сеть исследуемой территории относится к бассейну реки Камы, которая является главной водной артерией.

Река Кама у г. Перми зарегулирована системой водохранилищ – Камским и Воткинским. Камский гидроузел расположен ниже впадения р. Чусовая, выше

г. Пермь, Воткинский – у г. Чайковский. Подпор от плотины Воткинской ГЭС распространяется по реке до нижнего бьефа КамГЭС.

По территории г. Перми протекает около 100 водотоков, образующих сложную речную сеть, представленную малыми реками (51–100 км), очень малыми (11–25 км) и самыми малыми (0.1–10 км). К большим рекам относятся Кама (1805 км) и Чусовая (598 км), находящиеся в настоящее время в зарегулированном состоянии.

Реки, протекающие по территории города Перми, относятся к равнинным водотокам с четко выраженным весенним половодьем, летне–осенними дождевыми паводками и устойчивой длительной зимней меженью.

По климатическому районированию который характеризуется холодной продолжительной зимой, теплым, но сравнительно коротким летом, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Зимой часто наблюдается антициклон с сильно охлажденным воздухом [14].

В таблице 1 приведены основные метеорологические элементы по метеостанции г. Пермь – опытное поле (н. п. Архиерейка).

Таблица 1

Основные метеорологические элементы г. Пермь [14]

№ п/п	Название метеорологического элемента	Месяцы												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С	-15.1	-13.4	-7.2	2.6	10.2	16.0	18.1	15.6	9.4	1.6	-6.6	-12.9	1.5
2.	Абсолютный минимум температуры воздуха	-45	-41	-35	-24	-13	-3	2	-1	-8	-21	-33	-47	-47
3.	Абсолютный максимум температуры воздуха	4	6	14	27	35	36	37	37	30	22	12	3	37
4.	Средняя месячная и годовая упругость вод пара, (мб)	2.0	1.9	2.9	5.2	7.4	11.5	13.7	12.9	9.3	5.8	3.5	2.3	6.5
5.	Средняя месячная и годовая относительна влажность воздуха, (%)	82	78	75	68	60	62	68	72	78	83	83	83	74
6.	Средний месячный и годовой недостаток насыщения, (мб)	0.4	0.5	1.0	2.9	6.0	8.7	7.9	6.4	3.4	1.3	0.6	0.4	3.3
7.	Среднее количество осадков с поправками, мм	43	31	34	40	52	69	72	67	64	61	47	45	625
8.	Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с	3.4	3.3	3.4	3.1	3.6	3.5	2.7	2.8	3.1	3.6	3.5	3.3	3.3
9.	Среднее число дней с грозой				0.4	3.4	7.2	7.5	5.3	1.1				24.9
10.	Средняя продолжительность гроз, час				0.2	4.9	11.2	15.4	6.8	1.2				39.7
11.	Число дней с гололедно–изморозевыми отложениями	Гололед	2	1	1	0.1					1	4	6	15
		Изморозь	11	8	6	0.2					0.5	4	8	38
12.	Среднее число дней с метелью	13	10	12	2	0.3				0.1	3	7	12	59
13.	Среднее число дней с туманом	2	2	2	1	1	0.3	0.5	1	1	1	1	1	14

## Методика и результаты исследований

Обоснование теоретических положений и аргументационных выводов осуществлялись на основе использования системно-структурного, территориального и ситуационного подходов с использованием картографического и экспертно–аналитического методов.

Одним из объектов исследования был выбран оползень у дома по улице Фрезеровщиков 86.

Начальным этапом по теме является изучение литературы по оползневым процессам. Были изучены материалы В.Д. Ломтадзе, Е.И. Емельяновой и А.К. Ларионова, где подробно описано понятие оползня, строение и динамика оползневого процесса, а также дана классификация оползней [2, 13].

Этапы выполнения работы:

1. Замерены ширина, глубина и длина оползня с помощью рулетки за 2018, 2019 и 2020 года.
2. Измерены ширина и глубина трещин отрыва с помощью рулетки за 2018, 2019 и 2020 года.
3. Посчитаны уступы оползня.
4. Определён состав породы, слагающий оползень.
5. Обследован участок на наличие грунтовых вод, валов, трещин и бугров.
6. Проанализированы литературные источники по данному оползню.
7. Произведено описание оползня по классификациям Ломтадзе В.Д. [13].
8. Сделаны фотографии оползня и его элементов в 2018, 2019, 2020 годах. Фотографирование оползня проводилось весной и осенью.
9. Было сделано сравнение оползня за 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020 года по фотографиям, замерам.
10. Составлена схема оползня и его элементы в графическом редакторе.

В результате проведённых наблюдений и измерений складываются определённые представления о тенденции и активности развития оползневого процесса: прогрессирует, нарастает, затухает, приостанавливается, закончился и т.д.

Оползень находится рядом с жилым домом по улице Фрезеровщиков, 86. Выбор пал на этот оползень, т.к. находится в Мотовилихинском районе, где много опасных геологических процессов (рис. 1) [14]. Оползень является актуальным для изучения, потому что расположен рядом с жилым домом и железной дорогой, представляя угрозу.

В 2015 году началось оползание склона. Через некоторое время застройщик укрепил сваи (под дорогой) и утрамбовал склон, но этого оказалось недостаточно и оползень продолжил своё движение.

Для изучения оползня было произведено сравнение фотографий, сделанных автором и СМИ за 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020 годы.

На рисунке 2 видно, как активно начал продвигаться оползень (видно по наклонившимся деревьям) к железнодорожным путям у Камы. Фотография сделана в апреле 2016 года.

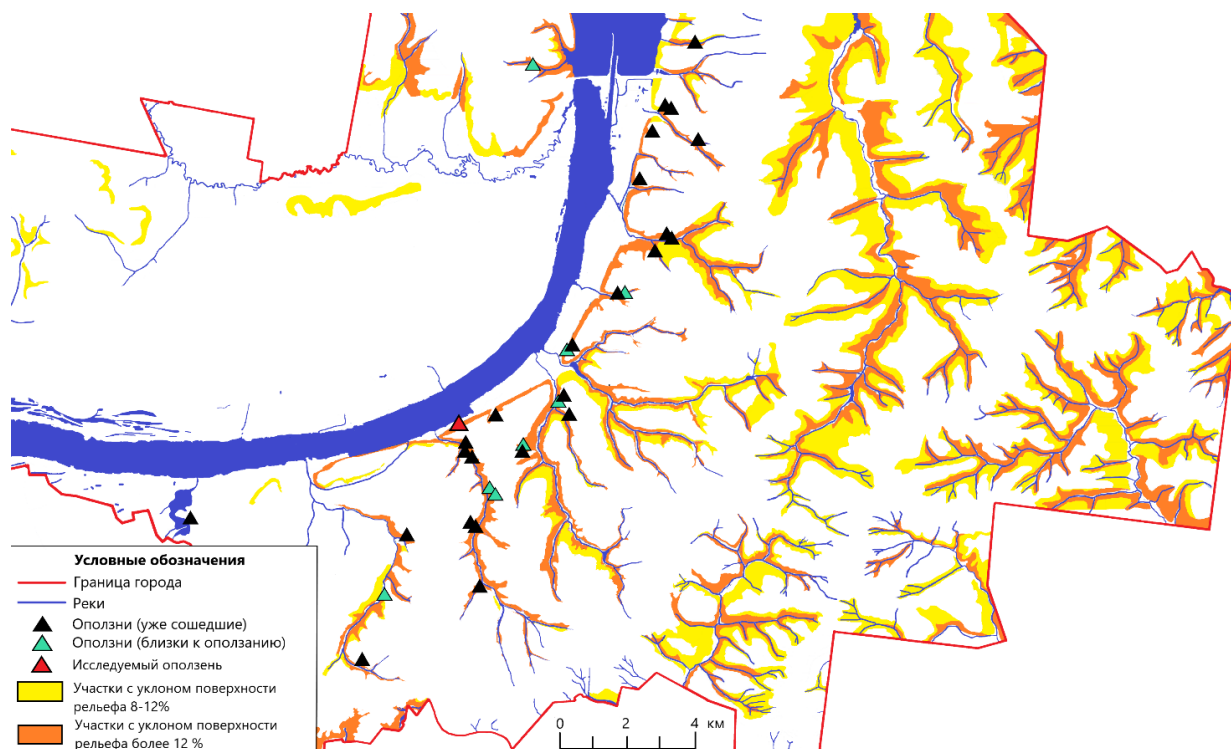


Рис. 1. Инженерно-геологические процессы в г. Перми [14]



Рис. 2. Склон оползня в 2016 году [1]

На рис. 3, сделанном в мае 2020 года видно, что оползень заметно продвинулся к железнодорожным путям. Склон стал более пологим, и угол наклона склона составляет  $50^{\circ}$ , в 2016 году он был  $65^{\circ}$ , то есть установление равновесия продолжается. Оползень прекратит своё продвижение, когда угол наклона склона будет не более  $30^{\circ}$  [19].



Рис. 3. Склон оползня в 2020 году (фото автора).

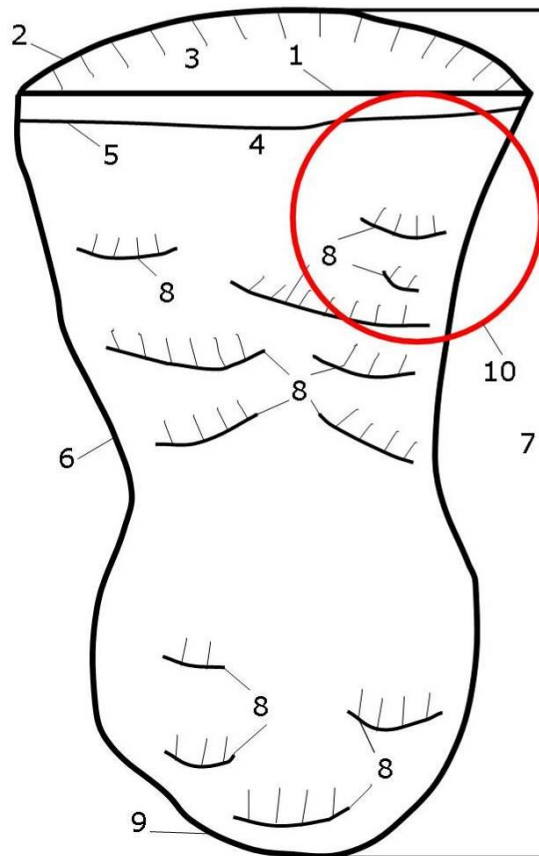
В плане оползень представляет собой амфитеатр (рис. 6), в III надпойменной террасе, длиной около 110 м (рис. 5), шириной до 65 м в 2020 году, а осенью 2016 года длина достигала 90 м, и ширина 50 м (рис.4). Площадь оползня на 2020 год составляет 4000 м<sup>2</sup> и с каждым годом увеличивается (за последние 2 года увеличился не сильно). Объём смещённых пород примерно 14 000 м<sup>3</sup>. В высоту оползень около 20 м считая от бровки и 4 м у подошвы.



Рис. 4. Общий вид оползня в октябре 2017 г. [15]



Рис. 5. Общий вид оползня в апреле 2020 г. (фото автора)



1 – часть оползня под дорогой; 2 – бровка главного уступа; 3 – уступ главный; 4 – вершина оползня; 5 – уступ внутренний; 6 – тело оползня; 7 – поверхность скольжения; 8 – неровности рельефа; 9 – подошва оползня; 10 – часть оползня, которая, в скором времени, может съехать

Рис. 6. Вид оползня сверху

В плане хорошо выделены двенадцать валов, они значительно отличаются друг от друга по длине и высоте (рис. 7). За последний год наблюдений добавились семь новых вала, а старые увеличились в своих размерах. В процессе установления равновесия валы будут разравниваться.



Рис. 7. Валы и внутренний уступ оползня в 2020 г. (фото автора)

Проведя исследование можно сделать следующие выводы:

1. Данный оползень образовался благодаря таким факторам как:

а) нарушение залегания пород, и потеря их устойчивости из-за строительства дома, дороги и коммуникаций.

б) вибрации от железнодорожных составов и машин, проходящих вблизи оползня.

с) потеря растительности, которая удерживала верхний слой земли и не давала воде размывать породы.

д) выходы грунтовых вод, которые размывают породы.

е) большое количество осадков.

2. Тип строения оползня асеквентный – поверхность скольжения его вогнутая. Оползень относится к движущимся, т. е. процесс установления равновесия продолжается, скорость смещения – медленная.

3. Оползень относится к детрузивным – движение масс горных пород начинается в верхней части склона, которые затем действуют на нижележащие, сдвигая (толкая) их.

4. По глубине захвата пород оползневыми деформациями – мелкий (<5 м).

5. Скорость движения оползня – 1,5 м/г (очень медленная).

6. Тело оползня сложено красно-бурыми суглинками и глинами.

7. Необходимо провести противооползневые мероприятия, т.к. оползень стремится к железной дороге и начинается разрушение дороги у дома (рис. 8). Расстояние от языка оползня до забора железной дороги составляет 5 м. Высота языка доходит до 4 м.





Рис. 8. Слева - язык оползня, справа – трещина дороги в 2020 году (фото автора).

8. Для предотвращения оползания склона нужно регулировать сток поверхностных вод путем установки дренажа, произвести уплотнение насыпных грунтов, применить удерживающие склон сооружения и конструкции. В нашем случае подойдут габионные конструкции, т.к. оползень движется медленно и склон не очень крутой. К тому же, габионы дешевле и проще в установке, чем другие конструкции. Когда склон будет под углом  $45^{\circ}$  можно высаживать деревья и кустарники, чтобы укрепить склон корнями растений [19, 20].

### **Заключение**

Все вышеперечисленное заставляет уделять внимание изучению оползневых явлений, учитывать их распространение и возможность образования при планировании размещения различных видов строительства, постоянно оценивать степень их опасности при проектировании и строительстве сооружений и в хозяйственном использовании территорий. В г. Перми по берегам реки Камы и других рек оползни распространены достаточно широко и могут представлять опасность для предприятий, автодорог, жилых домов. Для того чтобы избежать катастрофы, нужно предпринять меры для предотвращения дальнейшего развития оползней.

### **Библиографический список**

1. Безопасность возведения ЖК «Красная горка» [электронный ресурс] // Информационный общественно-политический портал – «Новости Перми» URL: [https://www.permnews.ru/novosti/society/2016/04/26/bezopasnost\\_vozvedeniya\\_zhk\\_krasnaya\\_gorka\\_vyzvala\\_voprosy/](https://www.permnews.ru/novosti/society/2016/04/26/bezopasnost_vozvedeniya_zhk_krasnaya_gorka_vyzvala_voprosy/) (дата обращения: 27.09.21).
2. Емельянова Е.Н. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972. 142 с.
3. Копылов И.С. Геология и геодинамика центральной части города Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41). С. 280-287.
4. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2021. 501 с.
5. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон //

*Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

6. Копылов И.С. Инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование территории города Перми для решения проблемы геологической безопасности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2011. № 11. С. 168-170.

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. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

9. 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.

10. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-2. С. 355-359.

11. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.

12. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Эколого-геологические проблемы, состояние изученности и картографирование геологической среды г. Перми // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2021. С. 111-121.

13. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Издание 2. Л.: Недр, 1984. 511с.

14. Материалы по обоснованию проекта генерального плана г. Перми. МАУ «Бюро городских проектов» ОАО ВерхнекамГИСИЗ. 146 с. <https://permgenplan.ru/wp-content/uploads/2021/04/Материалы-по-обоснованию-Генерального-плана-города-Перми.-Том-1.pdf>

15. Мэрия Перми прокомментировала сползание грунта под домом на «Красной горке» // Информационно-аналитический портал – «НеСекретно» URL: <http://www.nesekretno.ru/obshchestvo/416775796/meriya-permi-prokommentirovala-spolzanie-grunta-pod-dodom-na-krasnoy-gorke> (дата обращения: 27.09.21).

16. Назаров Н.Н. Физико-географическое районирование Пермского Прикамья // *Вопросы физической географии и геоэкологии Урала*. Пермь, 1998. С. 12-21.

17. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6.

18. Печеркин И.А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ. Часть II. Геологические процессы. Пермь: Изд-во Пермск. ун-та, 1969. 307 с.

19. СП 116.13330.2012. «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов». Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. Дата введения 2013-01-01. М.: 2012.

20. СП 436.1325800.2018. «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов, правила проектирования». Дата введения 2019-06-06. М.: 2019.

21. Трофимов В.Т. Современное состояние и новые теоретические задачи инженерной геологии как науки // *Инженерная геология*. 2010. № 4. С. 6-17.

## **ДЕФОРМАЦИИ СОЛЯНЫХ ПОРОД В ЗАПАДНОМ БОРТУ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ**

*В данной работе проводится структурно-текстурный анализ пород солевой толщи скважины 2006 Романовского участка Верхнекамского месторождения калийных солей, которая вскрыла весьма необычный разрез, обусловленный как фациальными изменениями в западной части Соликамской впадины, так и интенсивной тектонической дислоцированностью пород. Предполагается, что эти деформации вызваны положением соляной толщи над высокоамплитудным уступом в подстилающей каменной соли и формированием конседиментационных сбросов в надсолевой толще. Как результат, был выявлен комплекс структурных признаков, позволяющих в будущем диагностировать подобные структуры.*

*Ключевые слова: соляные породы, структурно-текстурный анализ, Соликамская впадина.*

**D.A. Chegodaeva**

Perm State University, Perm, Russia

## **DEFORMATIONS OF SALT ROCKS IN THE WESTERN SIDE OF THE SOLIKAMSK DEPRESSION**

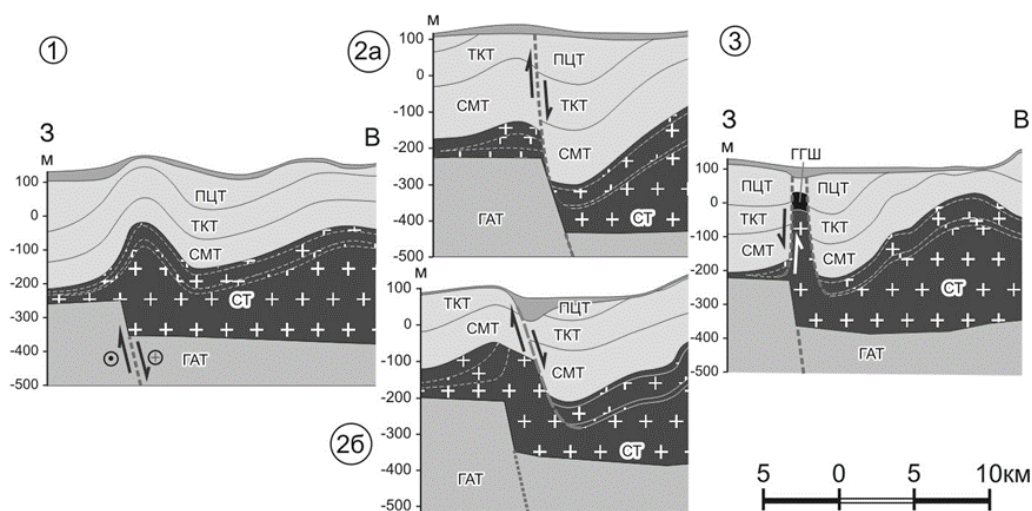
*This work presents a structural and textural analysis of the rocks of the salt column of the well 2006 of the Romanovsky section of the Verkhnekamskoye deposit, which uncovered a very unusual section due to both facial changes in the western part of the Solikamsk depression and intense tectonic dislocation of rocks. It is suggested that these deformations are caused by the position of the salt column above the high-amplitude ledge in the underlying rock salt and the formation of sedimentation discharges in the salt column. As a result, a set of structural features has been identified, allowing to diagnose similar structures in the future.*

*Key words: salt rocks, structural and textural analysis, Solikamsk depression.*

### **Введение**

Все соляные структуры делятся на 6 типов по механизму формирования [8]. Большинство из них связано с высокой пластичностью соли, проявляющейся при воздействии на неё внешних сил. В процессе воздействия реализуется течение соли, в результате которого она переходит из одних участков в другие. Однако течение – это не просто переход во флюидообразное состояние, а процесс перестройки соляного массива, который реализуется за счет пластических и хрупких деформаций [9]. В итоге при изучении наблюдаются определенные структурные и текстурные признаки проявления дислокаций и деформаций.

Исследования прошлых лет [1] привели к вскрытию на западе структур, похожих по строению на диапировые, но ввиду небольшой глубины залегания соляных пород (100-500 м), данный тип формирования не может быть отнесен к структурам, образованным в результате гравитационной адвекции. Поэтому он был определен как псевдодиапир, образовавшийся в связи с процессами активизации сбросовых перемещений в фундаменте, дальнейшими перемещениями пород надсолевой толщи на крылья антиклинали и выжиманием соли вдоль сбросов в ядерную часть образовавшегося горста (рис. 1) [6].



ПЦТ – пестроцветная толща; СМТ – соляно-мергельная толща; ТКТ – терригенно-карбонатная толща; ГГШ – гипсово-глинистая шляпа; СТ – соляная толща; ГАТ – глинисто-ангидритовая толща

Рис. 1. Последовательность (1-3) формирования псевдодиапировых структур на западной окраине Соликамской впадины [6]

### Геологическое строение

Геологическое строение района и тектоническая трещиноватость пород Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) рассмотрено и отображены на картах во многих работах [2-5]. Геологическое строение Романовского участка подробно изложено в Структурно-геологическом и минералого-петрографическом сопровождении поисково-оценочных скважин Романовского участка [10].

Изучаемая скважина находится в пределах Романовского участка, расположенного в юго-западной части Верхнекамского месторождения. В тектоническом плане участок приурочен к западной части Камско-Вишерского вала и смежным с ним на востоке Камским прогибом. Амплитуда колебания абсолютных отметок кровли соляной залежи в пределах участка составляет 196,5 м.

При изучении разреза скважины 2006 были выявлены 4 толщи надсолевой части и 6 толщ соляной части (табл.). Граница между частями находится на абсолютной отметке -146,42 м.

Таблица

Строение толщ, вскрытых скважиной 2006 Романовского участка ВКМС

Часть скважины	Толща	Мощность, м	Состав
надсолевая	четвертичных отложений	38,8	глины, пески, песчанистые глины с включениями гальки
	пестроцветная	35,3	переслаивающиеся алевролиты, аргиллиты, глинистые известняки с прослоями песчаников
	терригенно-карбонатная	105,4	известняки, мергели, прослой песчаника и гипса, внизу – глинистые мергели
	соляно-мергельная	109,4	мергель с прослоями гипсов
солевая	переходная пачка	17,8	каменная соль, мергель, доломит
	покровная каменная соль	10,7	каменная соль
	переходная пачка	10,5	каменная соль, мергель, доломит
	покровная каменная соль	19,9	каменная соль
	подстилающая каменная соль	41,2	переслаивающиеся мергель, ангидрит, доломит-ангидритовая порода и каменная соль
	глинисто-ангидритовая	23,6	мергель и ангидрит

При абсолютной отметке забоя скважины -270,52 м карналлитовая и сильвинитовая зоны, которые должны находиться между толщами покровной и подстилающей каменной соли, не вскрыты. Предположительно, пласты были замещены каменной солью, мергелем и доломитом переходных пачек в результате формирования соляных структур, характерных для запада, и активных процессов течения.

### Методика исследований

Методика исследований заключалась в:

1. Составлении базы фотоматериалов, включающей фотосъемку предоставленных образцов на цифровой фотоаппарат и микросъемку выбранных образцов с ярко выраженными следами деформаций на стереомикроскопе Leica MZ16;
2. Структурном дешифрировании для участков с установленными нарушениями;
3. Выявлении процессов, участвовавших в формировании данного типа соляных структур и которые привели к наблюдаемым структурно-текстурным особенностям.

### Результаты исследований

Среди выявленных признаков пластичной деформаций находятся

текстуры течения, связанные с ними послойно будинированные прослои в основном глинисто-карбонатного состава и гнейсовидные текстуры. В строении соляной толщи они ярко представлены участками каменной соли в интервалах, характеризующихся прослеживающейся директивностью в пространстве. Также проследить текстуры течения помогают и содержащиеся в массе каменной соли блоки будин, оторванные и растянутые, но сохранившие при этом общую ориентировку.

Течение может происходить не только в одном направлении, об этом свидетельствуют текстуры вращения, при которых обломки прослоев выглядят раскрученными в пространстве, загнутыми. Так, образец №354,65 (рис. 2) отличается нарушениями целостности прослоев, которые напоминают сбросы. Обломки не только разорваны, но и смещены относительно друг друга. Прослои, пусть и с амплитудными нарушениями, но параллельны. Причем линии смещений имеют радиальную направленность и тяготеют к разорванному и закрученному прослою.

Отмечены и участки раскрытых складчатых дислокаций, образованных в результате течения ниже- и вышележащих пород в противоположные стороны). Образец №346,70 (рис. 3) представляет собой фрагмент лежащей сгуженной складчатости.

Образец №341,45 ярко демонстрирует текстуры течения на уровне минералов (рис. 4). К ним отнесены: зерна с «теневой структурой» - мелкозернистым первичным обломком, который попал в эту зону разрыва и в результате залечивания рассолами разрыва оброс до настоящих размеров; движения по спайности, по границам зерен или внутри них по плоскостям трансляционного скольжения, участки перекристаллизации соли.

Помимо этого, зафиксированы участки разреза, где наблюдаются деформации отрыва и растяжения со смещениями по горизонтали или вертикали, проявленные в участках будинирования, а также в местах, где можно увидеть структуры малых форм [5, 9] - жилы галита, залечивающие пространство, образованное между смещенными блоками. Наглядно это иллюстрирует образец №352,10 (рис. 5).

Первая зона представлена крупными фрагментами единых в прошлом слоев. Обломок в самой верхней части образца, предположительно, является ядром бывшей складки с хорошо сохранившейся нормальной слоистостью пусть и с небольшими смещениями. Центральный обломок так же характеризуется сохранением слоистости, а фрагмент внизу образца помимо слоистости имеет и залеченные трещины длиной до 1,8 см и раскрытием до 0,3 мм.



5 см  
 / - 1 / - 2 - 3 √/ - 4

Рис. 2. Общий вид на образец №354,65. В образце: 1 – фрагменты бывших слоев; 2 – неявные фрагменты бывших слоев; 3 – разрывные нарушения; 4 – амплитудные разрывные нарушения



5 см

Рис. 3. Общий вид на образец №346,70. Линии иллюстрируют границы между слоями каменной соли

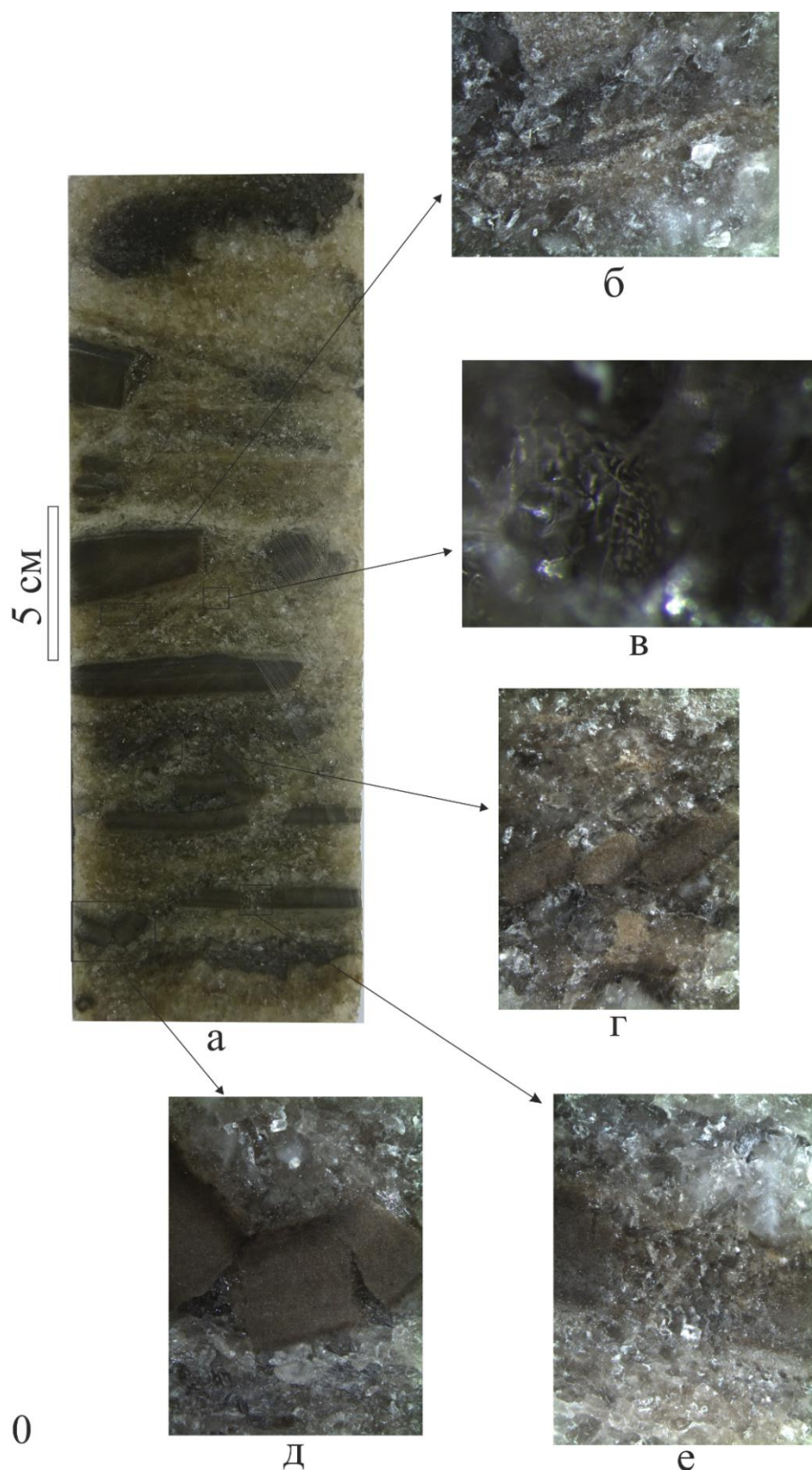


Рис. 4: а – общий вид на образец №341,45; б – колотые по спайности индивиды галита; в – газово-жидкие микровключения; г – наклонно ориентированные блоки будинированного слоя мергеля; д – залеченные трещины сгиба слоя мергеля; е – зона залечивания разрыва с «теневой структурой» зерна галита (ширина снимков 5 мм)



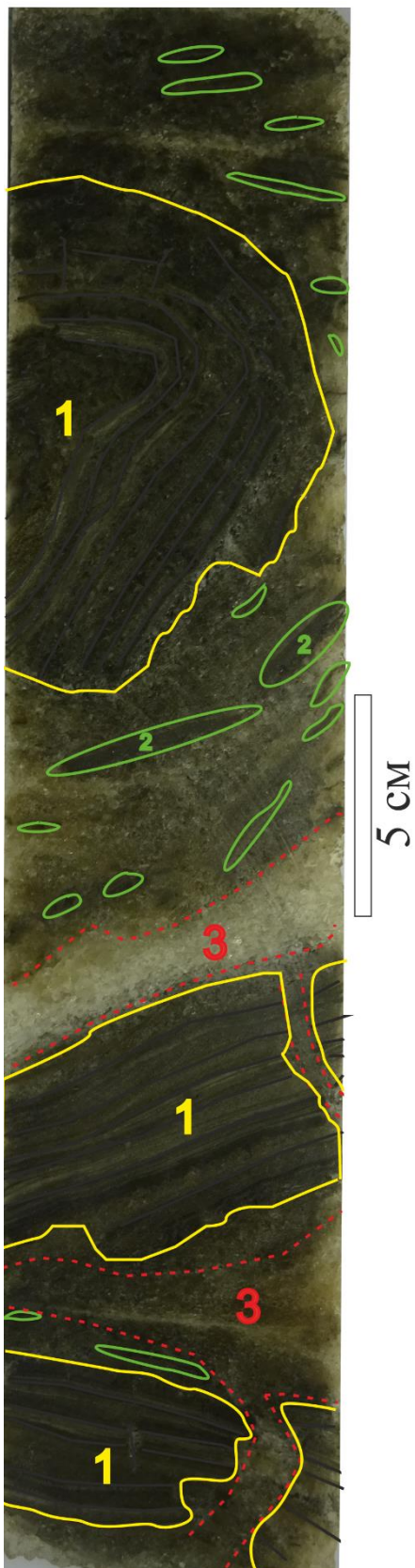


Рис. 5. Общий вид на образец №352,10. В образце: 1 – крупные фрагменты слоев; 2 – обломки от фрагментов, «плавающие» в массе соли промежуточного состояния; 3 – перекристаллизованная соль



Рис. 6. Общий вид на образец №312,00

Вторая зона содержит обломки упомянутых выше фрагментов, которые «плавают» в еще не перекристаллизовавшейся, сохранившейся, раздробленной соли.

Третья зона – зона полностью раздробленной и перекристаллизованной соли, в массе которой уже не сохранились первичные обломки.

По итогам дешифрирования в образце выделены 3 зоны, иллюстрирующие 3 процесса генерации одной породы – «мегабрекчии». Зоны разные по происхождению и, соответственно, разорваны во времени.

Были также отмечены брекчиевидные текстуры и текстуры, похожие на сетку. Так, в образце №312,00 (рис. 6) обломки доломита «плавают» в матриксе из галита разной степени перекристаллизованности. Порода имеет гнейсовидную текстуру исходя из параллельности разлинзованных прослоев, а также их одинаковой линейной ориентировки. Продольное сечение будин имеет по большей части прямоугольную вытянутую форму, что может являться следствием проявления таких типов деформаций, как отрыв и растяжение, которые возникли под давлением пластичных слоев соли, облекающих жесткие слои доломита. Соли в свою очередь текли и обеспечивали перемещение будин. Такая сетчатая текстура характерна для сухого катаклаза галититов и проявляется вблизи или непосредственно в местах, подверженных действию тектонических подвижек [11].

Основываясь на проделанных описаниях, можно сделать вывод о том, что породы западного борта Соликамской впадины, залегающие в районе Романовского участка ВКМС, претерпевали значительные изменения. Причина изменений заключается в формировании псевдодиапировых структур, которое привело к образованию горста, заполненного соляными породами посредством выжимания соляного материала с нижних отметок.

### ***Библиографический список***

1. Горецкий Г.И. *Аллювий великих антропогенных прарек Русской равнины*. М.: Наука, 1964. 416 с.
2. Копылов И.С. *Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 5.
3. 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.
4. 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.
5. Кудряшов А.И. *Верхнекамское месторождение солей*. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
6. Трапезников Д.Е., Чайковский И.И. *О природе псевдодиапировых структур западного борта Соликамской впадины // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: материалы XLVII Тектонич. совещ. М., 2015. Т. 2. С. 249-252.*
7. Уилсон Дж. *Геологические структуры малых форм*. М.: Недра, 1985. 112 с.
8. Чайковский И.И. *Типизация основных механизмов соляной тектоники мира: Верхнекамское месторождение как эталон многоэтапного гравитационного скольжения //*

*Вестник Пермского научного центра. №., 2013. С.18-37.*

9. Чайковский И.И. Механизмы реализации соляной тектоники на Верхнекамском месторождении, Пермский край // *Металлогения древних и современных океанов-2014. Материалы XX научной молодежной школы. Миасс: Институт минералогии УрО РАН, 2014. С. 23-27.*

10. Чайковский И.И. и др. Структурно-геологическое и минералогическое петрографическое сопровождение поисково-оценочных скважин Романовского участка: Отчет о работах по договору № 1.1.3 (248.1)/2016. Пермь, 2016. Фонды ГИ УрО РАН.

11. Чайковский И.И. Особенности строения Челкарского соляного купола // *Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сб. науч. тр. Вып. 14 /ГИ УрО РАН. Пермь, 2016. С. 3-6.*

**Ф.Д. Шапошников<sup>1</sup>, И.С. Копылов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> - ООО «ПермПроектИзыскания», Пермь, Россия

<sup>2</sup> - Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

## **ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА УЧАСТКЕ ПАНГОДЫ-НОВЫЙ УРЕНГОЙ**

*Железные дороги в зонах вечной мерзлоты и глубокого сезонного промерзания грунтов нуждаются в постоянной защите от разрушающих воздействий инженерно-геокриологических и инженерно-геологических процессов и явлений. Рассмотрены основные факторы формирования инженерно-геологических условий в северной части Западной Сибири на участке железной дороги Пангоды – Новый Уренгой.*

*Ключевые слова: инженерная геология, геокриологические условия, многолетнемерзлые породы, инженерно-геологические изыскания, железная дорога «Пангоды-Новый Уренгой», Западная Сибирь.*

**F.D. Shaposhnikov<sup>1</sup>, I.S. Kopylov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> - LLC «PermProjectResearch», Perm, Russia

<sup>2</sup> - Perm State University, Perm, Russia

## **THE MAIN FACTORS FOR THE FORMATION OF THE ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE RAILWAY TERRITORY IN THE PANGODY-NOVY URENGOY SECTION**

*Railways in areas of permafrost and deep seasonal freezing of soils need constant protection from the damaging effects of engineering-geocryological and engineering-geological processes and phenomena. The main factors of formation of engineering-geological conditions in the northern part of Western Siberia on the section of the railway Pangody - Novy Urengoy are considered.*

*Key words: engineering geology, geocryological conditions, permafrost, geotechnical surveys, Pangody - Novy Urengoy railway, Western Siberia.*

### **Введение**

В рамках развития Северного широтного хода планируется усиление и достройка участка железнодорожных путей общего пользования участка Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево. Для предотвращения на них аварий при дальнейшей эксплуатации, необходимо проведение инженерно-геологических изысканий, а также общий инженерно-геологический и геокриологический анализ, оценка территории по степени сложности инженерно-геологических условий.

В административном отношении территория исследований располагается в Надымском районе Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), относится к районам Крайнего Севера. Объект исследований – участок изысканий железной дороги находится в пределах с 689 по 799 км перегона Пангоды – Новый Уренгой (рис. 1).

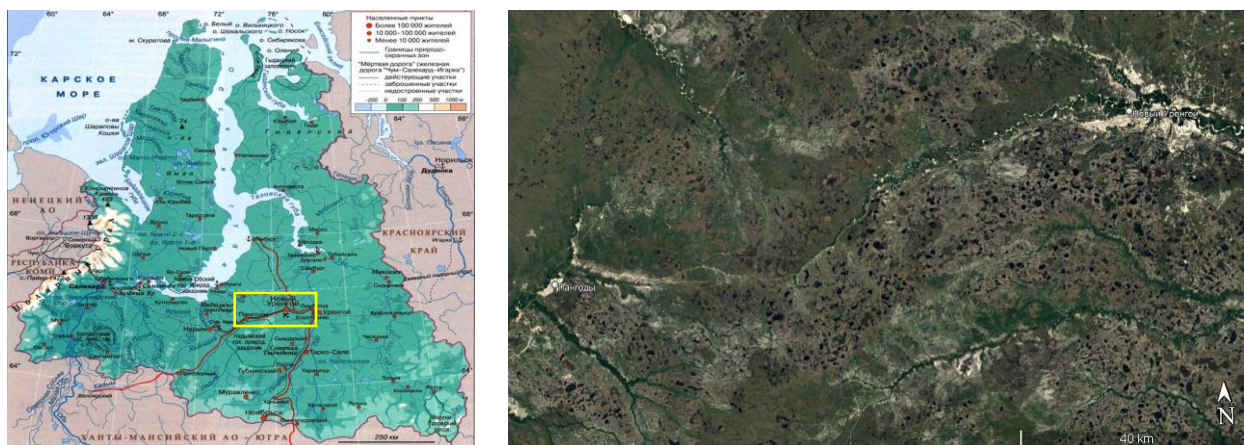


Рис. 1. Обзорная карта района работ (на карте ЯНАО и космоснимке)

### **Инженерно-геологическая изученность**

Район исследований в геологическом отношении изучен достаточно хорошо. Территория покрыта геологическими съемками разных масштабов. Инженерно-геологическое изучение территории началось в середине XX в.

В 1947 г. было начато строительство железнодорожной линии Чум – Салехард – Игарка протяжением 1482 км, имевшее целью соединить северный морской порт Игарку с железнодорожной сетью СССР и обеспечить освоение обширных северных территорий страны.

В 2003-2004 гг. силами «Ленгипротранс» велись изыскания и обследования в рамках технико-экономического обоснования достройки участка Новый Уренгой – Коротчаево.

В период с марта 2019 г. по март 2020 г. ООО «ПермПроектИзыскания» на исследуемом участке были проведены комплексные инженерные изыскания на стадии проектной и рабочей документации [15].

**Методика исследований** и объемы работ соответствовали установленным нормативным документам [11-14 и др.]. Инженерно-геологические изыскания проводились с целью определения и уточнения геологического строения, литологического состава, физико-механических свойств грунтов, гидрогеологических условий, выявления неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений. Основные виды работ: рекогносцировочное и маршрутное обследование; буровые и горнопроходческие работы; статическое зондирование грунта; штамповые испытания грунта, термометрические замеры, опробование грунтов и воды; лабораторные работы, анализ и обработка данных.

### **Основные природно-геологические факторы формирования инженерно-геологических условий**

#### ***Физико-географические факторы***

Исследуемый район относится к зоне южных (кустарниковых) тундр северной Надым – Пуровской физико-географической провинции.

*Климат* района – субарктический континентальный с продолжительной суровой зимой и достаточно прохладным коротким летом. Снежный покров, в связи с продолжительной зимой (7,5-8,0 месяцев) оказывает существенное влияние на климат территории и гидрологический режим водных объектов, пополняя запасы почвенной влаги и предохраняя почву от промерзания.

#### *Рельеф и геоморфология.*

В геоморфологическом отношении территория расположена в пределах Ненецкой возвышенности на четвертичной аллювиально-морской пологоволнистой, слаборасчлененной аккумулятивной равнине, сложенной с поверхности мощной толщей рыхлых четвертичных отложений. Орорафически это плоская, в различной степени заболоченная, заозеренная и залесенная пологоувалистая местность. Характерны холмы и гряды различного простирания. Участок трассы приурочен к водоразделу рек Надым и Пур, осложненному долинами рек более мелкого порядка. Рельеф характеризуется спокойными сглаженными формами, с заболоченными понижениями. Абсолютные отметки поверхности по устьям выработок изменяются в пределах от 75,00 до 90,03 м (система высот – Балтийская 1977 г.).

В гидрографическом отношении участок изысканий приурочен к долине р. Томчару-Яха.

#### *Геологическое строение*

В тектоническом отношении район располагается на северо-западе Западно-Сибирской плиты и небольшой части ее складчатого Полярно-Уральского обрамления.

Платформенный чехол представлен мощной толщей осадочных, преимущественно терригенных отложений юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем, Эти отложения совершенно не метаморфизованы, залегают очень полого, почти горизонтально. Мощность платформенного чехла изменяется от первых десятков и сотен метров до 2-5 км [16].

В верхней части геологического разреза принимают участие породы четвертичной системы: (до глубины 20 м): аллювиальные (aQ<sub>III</sub>) и озерные (lQ<sub>II</sub>) отложения четвертичного возраста, верхнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (laQ<sub>III</sub>), перекрытые с поверхности современными техногенными четвертичными отложениями (tQ<sub>IV</sub>), биогенными отложениями (bQ<sub>IV</sub>) (рис. 2).

Грунты находятся как в многолетнемерзлом, так и в талом состоянии. Грунты представлены глинами, суглинками, супесями, песками, насыпными грунтами и торфами.

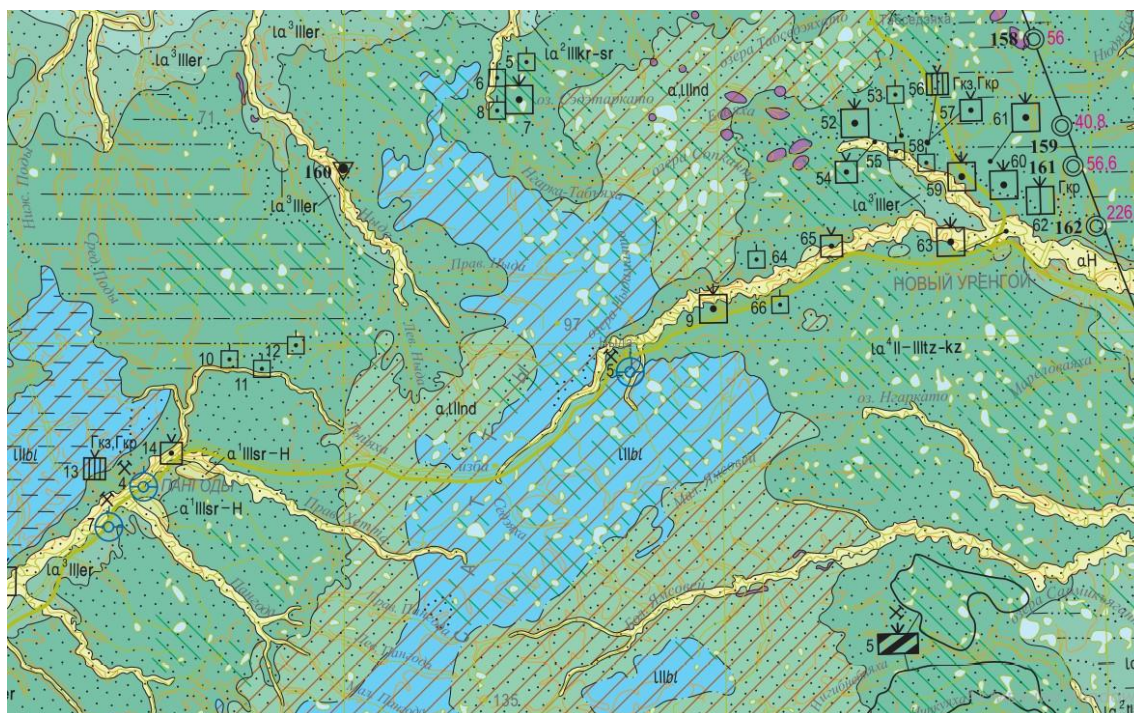


Рис. 2. Геологическая карта района исследований [1]

### ***Геодинамика и неотектоника***

По степени сейсмичности (карты ОСР-97, ОСР-2015) Западная Сибирь характеризуется 5-бальной сейсмичностью.

Геологическая опасность территории связана с высокой степенью геодинамической (неотектонической) активностью. По результатам аэрокосмогеологических исследований, на территории установлена сеть тектонических линеаментов различных направлений. Проведен анализ плотности линеаментов для дальнейшей оценки геодинамической активности территории. В результате проведенных И.С. Копыловым и др. геодинамических исследований на основе дешифрирования цифровых космических снимков было выделено несколько десятков прямолинейных линеаментов протяженностью 5-10 км. Наибольшее распространение имеют локальные линеаменты, которые формируют зоны и участки повышенной трещиноватости (плотностью). Они соответствуют геодинамическим активным зонам [7, 8].

Пространственный анализ и сопоставление геодинамических активных зон и линеаментов установленных по данным дешифрирования космоснимков с данными инженерно-геологических изысканий показали, что в их пределах отмечается ухудшение физико-механических свойств грунтов; на участках данных зон, в инженерно-геологических скважинах установлено наличие торфов увеличенной мощности, мягко- и текучепластичных суглинков и глин, наличие водонасыщенных песков, а также, более интенсивно проявляются экзогенные геологические процессы – заболачивание, пучение грунтов, термокарст, эрозия и термоэрозия [3-10, 17].

***Геокриологические факторы.*** Согласно схематической карте геокриологической зональности Западной Сибири район трассы находится в

центральной геокриологической зоне, в подзоне эпигенетических мерзлых минеральных грунтов и торфяников. В плане развитие верхнего слоя мерзлоты островное: чередование талых участков с участками сливающейся и несливающейся мерзлоты. По схеме распространения многолетних грунтов и карте геокриологического районирования Западно-Сибирской платформы [2] относится к зоне мерзлоты с преобладанием таликов.

По данным бурения инженерно-геологических выработок до глубины 30,0 м на исследуемой территории в период изысканий (март-июнь, октябрь-ноябрь 2019 г., февраль 2020 г.) многолетнемерзлые породы (ММП) развиты под талыми грунтами. Вскрытая мощность ММП составляет от 0,8 до 17,9 м. По температурно-прочностному состоянию пески средней крупности и мелкие слабодлистые и льдистые характеризуются как твердомерзлые, супеси нельдистые и слабодлистые как пластичномерзлые и твердомерзлые, суглинки слабодлистые как пластичномерзлые и твердомерзлые [11].

На поймах рек мощность ММП уменьшается, а непосредственно под руслами становится еще меньше за счет несквозного подруслового талика. На залесённых участках водоразделов многолетнемерзлые породы распространены не повсеместно.

Район трассы характеризуется относительно высокими температурами вечномерзлых пород. По данным замеров температуры грунта в скважинах среднегодовая температура ММП изменяется от  $-1,2^{\circ}\text{C}$  до  $-0,1^{\circ}\text{C}$ , в среднем равна  $-0,5^{\circ}\text{C}$ .

Приуроченность описываемой области к зоне мерзлоты с преобладанием таликов имеет определяющее значение для распространения подземных вод и их режима. Водовмещающими грунтами являются озерные, аллювиальные и озерно-аллювиальные четвертичные отложения (пески, супеси и суглинки) и четвертичные биогенные отложения (торфы). Воды безнапорные, но в зимний период при глубоком сезонном промерзании пород может появиться криогенный напор. Воды таликов гидравлически взаимосвязаны с поверхностными водами рек, стариц и проток, часто имеют связь с водами озер. Питание подземных вод обусловлено количеством атмосферных осадков, их поверхностным стоком и инфильтрацией в грунт.

На участках свободных от насыпи железной дороги в периоды активного снеготаяния и проливных дождей возможно поднятие уровня подземных вод вплоть до выхода на поверхность. В теле насыпи железной дороги, возможно, образование верховодки на границе насыпных и озерно-аллювиальных отложений. По химическому составу воды пресные, с минерализацией 0,103-0,224 г/дм<sup>3</sup>.

Органические грунты на участке изысканий распространены локально и представлены биогенными четвертичными отложениями: торфами среднеразложившимися и сильноразложившимися [13].

Инженерно-геологические особенности торфов весьма специфичны и в целом неблагоприятны для строительства. В качестве оснований не рекомендуются. Физические свойства торфа зависят от степени разложения и



влажности. Пористость, сжимаемость, водопроницаемость снижается по мере возрастания степени разложения, и растет с увеличением влажности.

Техногенные грунты слагают планомерно возведенную железнодорожную насыпь и представлены насыпным грунтом:

По способу отсыпки насыпные грунты относятся к планомерно возведенным насыпям, по времени отсыпки – к самоуплотнившимся. Грунты слежавшийся, отсыпаны сухим способом, по времени отсыпки – к самоуплотнившимся.

Балласт представлен щебенистым грунтом, щебенистым грунтом с песчаным заполнителем, дресвяным грунтом и дресвяным грунтом с песчаным заполнителем. Общая мощность балласта от 0,1 до 1,9 м.

### **Опасные инженерно-геокриологические процессы**

На участке трассы наиболее характерными процессами являются геокриологические процессы, сезонное промерзание и протаивание грунтов, процессы заболачивания и подтопление.

**Подтопление территории** – процесс подъема уровня грунтовых вод выше некоторого критического положения, приводящий к ухудшению инженерно-геологических условий территории строительства.

Интенсивность процесса подтопления застроенных территорий зависит от естественного режима грунтовых вод, природных (геоморфологических, геолого-литологических, гидрологических) условий.

Причиной возникновения и развития подтопления также может быть нарушение естественного стока при проведении строительных работ.

При подъеме уровня подземных вод могут происходить дополнительные осадки грунтов оснований. Подтопление застроенных территорий подземными водами ведет к водонасыщению грунтов оснований, ухудшению их деформационных характеристик и изменению напряженного состояния сжимаемой толщи основания.

На участке изысканий вследствие слаборасчлененного рельефа, малой глубины эрозионного вреза рек, их замедленного стока, а также в результате превышения осадков над испарением, отмечается высокая обводненность в летнее время года. На большей части обследуемой трассы вдоль подошвы насыпи наблюдаются бессточные низинные переувлажненные участки.

Согласно приложению И СП 11-105-97 ч. II [12], изучаемую территорию на участках свободных от насыпи железной дороги, с учетом прогнозируемого поднятия уровня подземных вод вплоть до выхода на поверхность можно отнести к I-A-1 типу – подтопленные в естественных условиях, по времени развития процесса – постоянно подтопленные. Категория опасности по площадной пораженности территории процессом подтопления – весьма опасная, согласно таблице 5.1. СП 115.13330.2016 [14].

**Пучинистость грунтов** явление, возникающее в местах неглубокого залегания грунтовых вод. Сооружения, подвергающиеся сезонному промерзанию - протаиванию должны проектироваться с учетом морозного пучения грунтов, заключающегося в том, что влажные тонкодисперсные

грунты при промерзании способны деформироваться – увеличиваться в объеме. При последующем оттаивании в этих грунтах происходит обратный процесс, сопровождающийся их разуплотнением, осадкой. Морозное пучение выражается в неравномерном поднятии промерзающего грунта.

Противопучинные мероприятия при строительстве должны быть направлены на снижение касательных сил пучения и разработку конструктивных особенностей сооружений, позволяющих удерживать их от выпучивания. Категория опасности по площадной пораженности территории процессом морозного пучения согласно таблице 5.1. СП 115.13330.2016 [14] весьма опасная.

**Заболачивание.** Одним из опасных инженерно-геологических процессов и явлений, осложняющих строительство и эксплуатацию сооружений на участке изысканий, являются процессы заболачивания [12].

Причинами заболачивания являются зона избыточного увлажнения, затрудненный поверхностный сток, равнинный слаборасчлененный рельеф, незначительная глубина эрозионного вреза большинства рек, их замедленный сток, наличие многолетней мерзлоты, нарушение естественного рельефа при строительстве сооружений. Мощность торфа на изыскиваемой территории достигает 7,1 м.

### Районирование инженерно-геологических условий

Были построены карты инженерно-геологического и геокриологического районирования. В качестве топоосновы использован план масштаба 1:1000.

По характеру распространения ММП изучаемая территория поделена 3 таксона [15] (рис. 3):

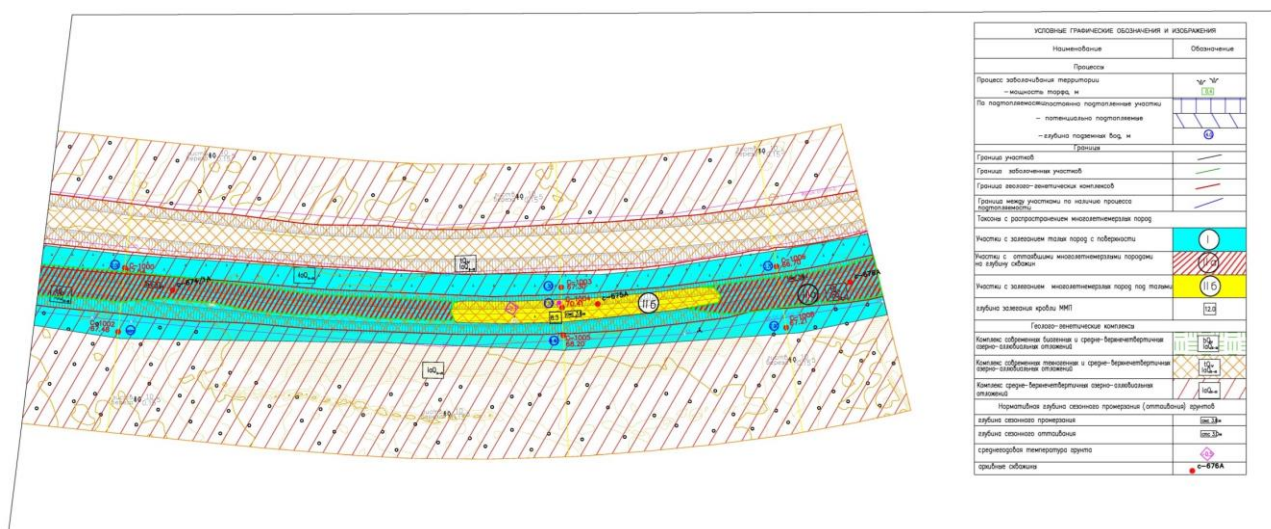


Рис.4.2 Фрагмент карты инженерно-геокриологического районирования

- участки с распространением талых пород с поверхности;
- участки с распространением ММП с поверхности;
- участки с распространением ММП под талыми.

На картах инженерно-геологического и геокриологического районирования показаны основные характеристики [15], необходимые для принятия проектных решений в сложных условиях строительства:

- таксоны по характеру распространения многолетнемерзлых грунтов;
- выделены участки по геолого-литологическим комплексам;
- для ММП указана глубина сезонного оттаивания, среднегодовая температура;
- для талых грунтов указана глубина сезонного промерзания;
- выделены участки развития процессов заболачивания;
- на карте нанесена мощность торфов;
- выделены участки развития процессов подтопления, указаны глубины залегания подземных вод.

### **Прогноз их изменения инженерно-геологических условий и рекомендации**

В ходе рекогносцировочного обследования отмечены участки с нарушением рельефа: встречены участки с подмывом насыпи в местах мостовых опор, отмечено сползание насыпного грунта, провалы грунта внутрь трубы.

В ходе строительства проектируемых площадных и линейных сооружений возможны следующие виды техногенного воздействия: засыпка, уплотнение грунтов, планировка строительной полосы, водоотвод с полосы проведения работ.

При проведении работ на болотах с участками развития торфа рекомендуется проведение следующих мероприятий: устройство дренажа; уплотнение основания временной или постоянной нагрузкой с устройством дренажа.

В период эксплуатации возможно развитие различных экзогенных геологических процессов и изменение гидрогеологических и гидрохимических условий в результате планировки рельефа, изменение температурного режима многолетнемерзлых грунтов.

При строительстве и эксплуатации проектируемых сооружений может происходить нарушение снежного и растительного покрова, их частичное или полное удаление, меняется альbedo поверхности. При возведении насыпи изменятся условия теплообмена. Таким образом, естественная динамика природных факторов и хозяйственная деятельность человека приведут к изменению температурного режима и мощностей сезонно-талого и сезонно-мёрзлого слоёв. При этом возможно формирование новообразований мерзлоты (бугры пучения), талых прослоев. Возникающие процессы пучения и осадки происходят по площади неравномерно, поэтому представляют определенную опасность для любого вида строительства.

В периоды снеготаяния и продолжительных дождей следует ожидать подъем уровня подземных вод, вплоть до выхода на поверхность. Кроме того, в теплый период времени следует ожидать появления надмерзлотных подземных вод, которые образуются за счет таяния снега и льда на кровле ММП. Они

залегают близко к земной поверхности, претерпевая сезонные фазовые переходы, и контролируются глубиной сезонного протаивания. Водовмещающими грунтами будут являться пески. Водоупором для вод сезонноталого слоя будет служить толща ММП. Питание этих вод происходит за счет атмосферных осадков и протаивания льдистых пород. В теплый период года надмерзлотные воды таликовых зон сливаются и образуют единый водоносный горизонт [15].

Для количественного прогноза изменений инженерно-геологических условий, а также выявления негативного воздействия строительства инженерных сооружений на окружающую среду, рекомендуется проведение мониторинга за состоянием и развитием опасных геологических процессов и явлений.

### **Библиографический список**

1. Брадучан Ю. В., Василенко Е. П., Воронин А. С., Горелина Т.Е. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-43 – Новый Уренгой. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 320 с.
2. Инженерная геология СССР. Т.2. Западная Сибирь. Под ред. чл.-корр. АН СССР Е.М. Сергеева. М.: МГУ, 1976.
3. 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.
4. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
5. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
6. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
7. Копылов И.С. К разработке теории о геодинамических активных зонах и эколого-геодинамическая оценка трасс линейных сооружений // *Академический журнал Западной Сибири*. 2013. Т. 9. № 4 (47). С. 17.
8. Копылов И.С. Оценка эколого-инженерно-геокриологических условий и геодинамической активности Западной Сибири в районе конденсатопровода Уренгой – Сургут при проведении аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2021. С.307-315.
9. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
10. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техно-природных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 5-6. С. 76-77.
11. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. I. Общие правила производства работ. Госстрой России. М., 1997. 47с.
12. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Госстрой России. М., 2000.
13. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. Госстрой

России. М., 2000. 92с.

14. СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95. <https://docs.cntd.ru/document/456054202>.

15. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Пангоды - Новый Уренгой - Коротчаево. Усиление и достройка участка железнодорожных путей общего пользования в рамках развития Северного широтного хода. Реконструкция участка Пангоды – Новый Уренгой Свердловской железной дороги». ООО «ПермПроектИзыскания». Пермь, 2020.

16. Трофимов В.Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 278 с.

17. Шапошников Ф.Д., Копылов И.С. Инженерно-геологическая оценка и районирование Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 297-304.

## **ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА (ЧУКОТКА, БАИМСКИЙ ГОК, МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА ПЕСЧАНКА)**

*В настоящее время на Чукотке ведется активное освоение и строительство объектов крупнейшего месторождения золота Песчанка. Территория характеризуется сложной инженерно-геокриологической обстановкой, которая заключается в распространении геокриологических процессов, многолетнемерзлых пород подверженных сезонному оттаиванию, грунтов подверженных морозному пучению, а также увеличение зоны оттаивания при дальнейшем освоении и увеличении нагрузки на вечноммерзлые грунты. Особенно это происходит на участках повышенной геодинамической (неотектонической) активности. При строительстве жилых объектов и инженерных сооружений, необходимо учитывать эти факторы. В статье рассматриваются геокриологические особенности осваиваемой территории и их влияние на инженерно-геологическую обстановку.*

*Ключевые слова: геокриология, инженерно-геокриологические условия, термометрические наблюдения, температурное поле грунтов, Чукотка.*

**D.N. Sharafan<sup>1</sup>, I.S. Kopylov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> - JSC Giprostroymost Institute, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> - Perm State University, Perm, Russia

## **INTENSITY OF DEVELOPMENT OF GEOCRYOLOGICAL PROCESSES DURING THE DEVELOPMENT OF GOLD DEPOSITS IN THE EXTREME NORTH (CHUKOTKA, BAIMSKY GOK, GOLD DEPOSIT PESCHANKA)**

*Currently, Chukotka is actively developing and building facilities for the largest gold deposit, Peschanka. The territory is characterized by a complex engineering and geocryological situation, which consists in the spread of geocryological processes, permafrost rocks subject to seasonal thawing, soils subject to frost heaving, as well as an increase in the thawing zone with further development and an increase in the load on permafrost soils. This is especially true in areas of increased geodynamic (neotectonic) activity. In the construction of residential facilities and engineering structures, these factors must be taken into account. The article discusses the geocryological features of the developed territory and their influence on the engineering and geological situation.*

*Key words: geocryology, geocryological engineering conditions, thermometric observations, soil temperature field, Chukotka.*

### **Введение**

Проблема влияния опасных геокриологических процессов на основания фундамента жилых зданий, инженерных сооружений и крупных предприятий в последнее время приобрела особое значение в связи с увеличением темпов и

масштабов освоения территорий развития многолетнемерзлых пород (ММП). При проведении инженерно-геологических изысканий, один из самых важных факторов на исследуемой территории – это глубина сезонного оттаивания и прогноз оттаивания ММП под нагрузкой инженерных сооружений. Глубина оттаивания сезонно-мерзлых и многолетнемерзлых грунтов влияет на эксплуатацию жилых зданий, инженерных сооружений и коммуникаций. В зависимости от типа сооружений, его размеров и оказываемой нагрузки на грунт, глубина сезонного оттаивания может меняться в больших пределах.

В последние десятилетие на Чукотке, на территориях развития ММП в т.ч. – в районе месторождения золота **Песчанка**, наблюдается увеличение средней температуры грунта на глубине сезонного промерзания и уменьшения мощности вечномерзлых грунтов в связи с ростом среднегодовых температур. Эти изменения непосредственно влияют на дальнейшее освоение, развитие индустриальных объектов, автодорог, жилищных комплексах и даже частных жилых домов. Процессы подтопления, заболачивания, морозного пучения и оттаивания вечномерзлых грунтов негативно влияет на деятельный слой, меняет его физико-химические свойства, увеличение содержания солей в грунте, увеличивает агрессивность грунта на металлические конструкции, возникает осадка и заболачивание территории возле сооружений и непосредственно под фундаментом.

Актуальность данной проблемы заключается в том, что на исследуемой территории возникает потребность, связанная с дальнейшим освоением и прокладкой инженерных коммуникаций, инженерно-геологического и гидрогеологического характера. Во многом опасность и риски обусловлены наличием торфа большой мощности в верхних слоях грунта, часто в совокупности с высоким уровнем грунтовых вод и сезонным промерзанием верхних слоев грунтов. Слабая изученность территории актуализирует эту работу в связи с возможными проблемами на этапе будущего строительства объектов.

В настоящей работе рассматривается инженерно-геологические условия территории **Баимского горно-обогатительного комбината» (ГОК)**, крупного комплексного золото-медного месторождения **Песчанка** в пределах Билибинского района Чукотского АО в России (рис. 1) на основе материалов инженерно-геологических изысканий [3, 20, 21].

Изыскания проводились в соответствии с нормативно-техническими документами [17-19] и др. с целью определения геологического строения участка проектирования комплекса сооружений хвостового хозяйства, плотины, а также оценка наличия и интенсивности проявлений опасных геокриологических процессов и явлений.

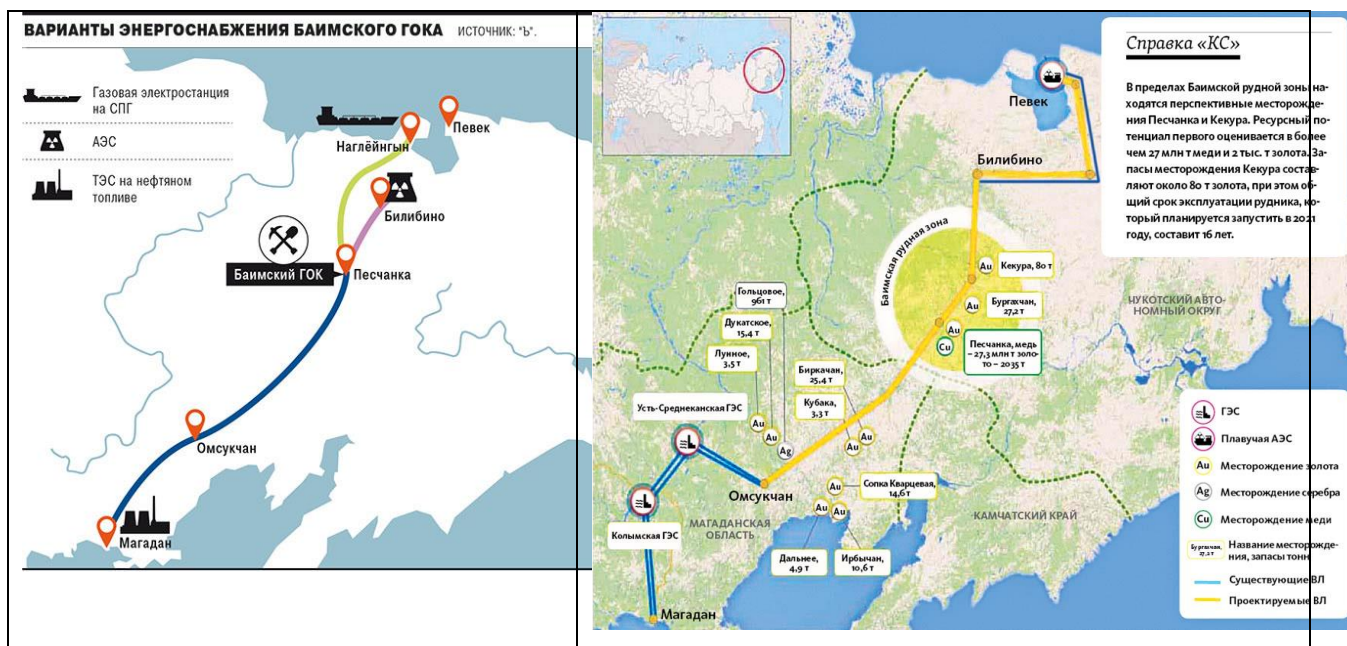


Рис. 1. Схема размещения Баймского ГОКа и инфраструктуры на Чукотке [23]

## Природно-геологические условия

К основным природным факторам, формирующим геоэкологические условия, относятся физико-географические: климатические, геоморфологические, гидрографические, почвенные факторы; к геологическим – тектонические и неотектонические, литологические, гидрогеологические и др. К искусственным факторам относятся: уплотнение грунта в процессе строительства сооружений, замена основания фундамента грунтом, возведения насыпей и плотин, изменения русла рек с последующим заболачиванием территории, физико-химическое влияние на состав и свойства грунтов [1-4].

### Физико-географические факторы

**Рельеф.** Район исследований расположен в пределах северных отрогов Верхне-Яблонской гряды. Основным горным сооружением является хребет Бахихчан северо-западного простирания с абсолютными отметками вершин до 800-840 м над уровнем моря, максимальная -1134 м (г. Весенняя), относительные превышения составляют, как правило, 400-500 м. Водораздельные поверхности широкие, сглаженные. Южные и восточные склоны водоразделов пологие (3-10°), северные и западные крутые (15-30°) (рис. 2).

Большая часть территории исследований представляет собой среднегорный рельеф и эрозионно-денудационные формы, сложенные верхнечетвертично-современными элювиально-делювиальными отложениями (рис. 3).





Рис. 2.1. Физико-географическая карта района Чукотки [23]

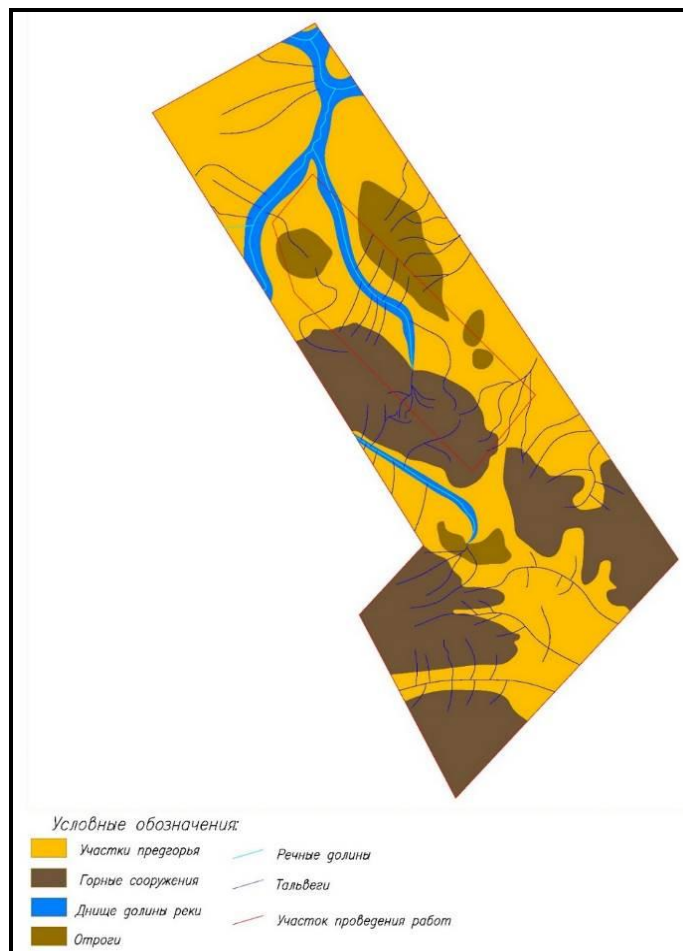


Рис. 3. Геоморфологическая схема района изыскания [3]

**Климат.** Вся территория региона относится к району Крайнего Севера. Климат суровый, субарктический континентальный. Продолжительность зимы до 10 месяцев. Средняя температура лета (июль) от +5 до +10 градусов. Вегетационный период 80-100 дней. Повсеместно распространена вечная мерзлота. Район изысканий находится в высоких широтах за полярным кругом (68 с.ш.), в 360 км от побережья Восточно-Сибирского моря в зоне перехода от морского к умеренно-континентальному климату. Согласно климатическому районированию, макроклиматический район характеризуется как холодный, с продолжительной суровой зимой и коротким прохладным летом.

**Гидросеть** района достаточно разветвленная и принадлежит бассейну р. Баимка, являющейся левым притоком р. Бол. Анюй – притока р. Колымы (бассейн Восточно-Сибирского моря). Р. Егдэгкыч – правый приток р. Баимка, образованный при слиянии рек. Лев. Песчанка и Песчанка. Месторождение «Песчанка» находится в среднем – верхнем течении р. Песчанка.

**Геокриология.** Территория расположена в зоне распространения сплошной континентальной мерзлоты горного типа мощностью до 350 м, в зоне сплошного распространения ММП со средней температурой -7 – -9°C.

Согласно выполненным измерениям [3] на глубине нулевых годовых колебаний температура грунтового массива в пределах хвостохранилища составляет -2,7°C, минимальная температура -4,5 °C, максимальная -1,3 °C (табл. 1)

Таблица 1

Глубина промерзания почвы

Глубина, м	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
T, (C°)	11,03	2,03	-0,5	-0,95	-1,33	-1,62	-1,77	-2,00	-2,10	-2,22	-2,16
Глубина, м	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	15,0			
T, (C°)	-1,96	-2,40	-2,47	-2,47	-2,48	-2,67	-2,73	-3,05			

Из таблицы 1 видно, что средние показатели залегания вечномерзлых грунтов начинается от 1-1,5 м.

### Геологические факторы

В тектоническом плане характеризуемая часть Баимской металлогенической зоны располагается в пределах Олойской палеоостроводужной системы раннемелового возраста, расположенной между Южно-Ануйским и Омолонским террейнами. Олойская структура, осложнена Ненканской впадиной.

Лицензионная площадь расположена в пределах Баимского рудного района. Ряд рудных и россыпных объектов вытягивается цепочкой вдоль

глубинного субмеридионального Баимского разлома (Егдэгкычского) на основании чего выделяется Баимская металлогеническая зона. Баимская металлогеническая зона расположена в юго-восточной части относительно крупного Олойского металлогенического пояса, который контролируется одноименной палеоостроводужной системой раннемелового возраста, расположенной между Южно-Ануйским и Омолонским террейнами. Многочисленные Cu-Mo-порфировые и Au-Ag-эпитермальные месторождения в пределах структуры связаны с магматизмом палеоостровной дуги.

Территория подвержена многочисленным тектоническим нарушениям, многие из них активизированы в новейшее время и формируют участки геодинамической (неотектонической) активности. По данным специальных исследований (по проведению аэрокосмических исследований с линеаментно-геодинамическим анализом) установлено, что именно на таких участках – которые являются геодинамическими активными зонами происходит активизация геокириологических процессов [5-16, 22].

В геологическом строении территории принимают участие различно дислоцированные вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные образования нижней перми, верхней юры и нижнего мела, слагающие три структурных яруса (рис. 4) и четвертичные образования кайнозоя.

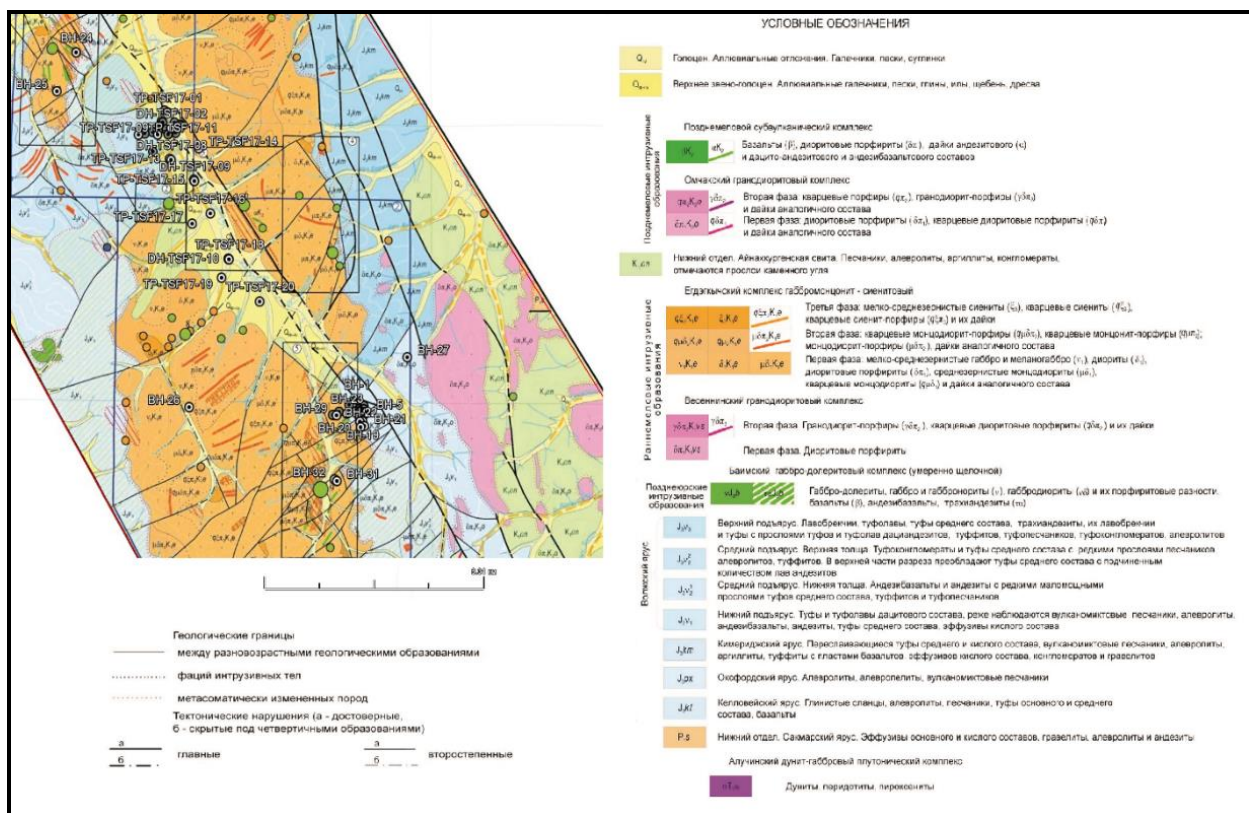


Рис. 4. Геологическая карта района изысканий [3]

Пермская система, нижний отдел

Сакмарский ярус ( $P_1s$ ). Пермские отложения выделены в небольшом тектоническом блоке на востоке территории в междуречье Черная-Агнаутала, в пределах Алучинской антиклинальной структуры. Отложения представлены

спиллитами, кератофирами, базальтами, гравелитами, алевролитами и андезитами. Мощность 250 м.

Юрская система

Средний отдел

Келловейский ярус ( $J_3kl$ ) выделяется в юго-западной части района в междуречье Мал. Баимка-Бургахчан и представлены глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками, туфами основного и среднего состава, базальтами. Мощность >550 м.

Верхний отдел

Оксфордский ярус ( $J_3ox$ ). Данные отложения обнажаются в тектонических блоках и имеют крайне ограниченное распространение в юго-западной части территории. Представлены они алевролитами, алевропелитами, вулканомиктовыми песчаниками. Мощность отложений 250 м.

Кимериджский ярус ( $J_3km$ ). Отложения кимериджского яруса развиты в междуречье Егдэгкыч-Черная и небольшими участками в юго-западной части района, где они согласно залегают на отложениях оксфордского яруса. Отложения мощностью 250 – 300 м представлены переслаивающимися туфами среднего и кислого состава, вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами, туффитами с пластами базальтов, диабазов, кварцевых кератофиров, конгломератов и гравелитов.

Волжский ярус ( $J_3v$ ). Осадочные и вулканогенные образования волжского яруса получили наибольшее распространение на территории района и представлены тремя подъярусами.

Нижний подъярус ( $J_3v_1$ ). Отложения этого структурного подразделения развиты в бассейнах рек Баимка и Прав. Песчанка. В разрезе преобладают туфы и туфолавы дацитового состава, реже наблюдаются вулканомиктовые песчаники, алевролиты, андезибазальты, андезиты, туфы среднего состава, альбитофиры. В бассейне руч. Прав. Песчанка преобладают терригенные породы и вулканы среднего состава над туфами дацитов. С кимериджскими отложениями имеют тектонические контакты. Мощность 500- 600 м.

Средний подъярус ( $J_3v_2$ ). Вулканогенные и осадочно-вулканогенные образования этого подъяруса занимают большие площади на левобережье и в верховьях р. Баимка. По литологическим особенностям разделены на две толщи: нижнюю - существенно вулканогенную и верхнюю вулканогенно-осадочную. *Нижняя толща* ( $J_3v_2^1$ ) залегает согласно на нижневолжских отложениях, выделена в среднем течении и в верховьях р. Баимка, Мал. Баимка, в тектонических блоках в бассейне р. Омчак. Толща сложена андезибазальтами и андезитами с редкими маломощными прослоями туфов среднего состава, туффитов и туфопесчаников. В верхней части разреза преобладают трахиандезиты и трахибазальты. Мощность предположительно 700-750 м. *Верхняя толща* ( $J_3v_2^2$ ) выделена по левобережью р. Баимка и левобережью р. Бургахчан и представлена, в основном, туфоконгломератами и туфами среднего состава с редкими прослоями песчаников, алевролитов, туффитов. В верхней части разреза преобладают туфы среднего состава с подчиненным количеством лав андезитов. Мощность отложений толщи 700-800 м.

Верхний подъярус ( $J_3V_3$ ). Отложения этого яруса закартированы в междуречье Баимка-Егдэгкыч. В составе толщи преобладают лавобрекчии, туфолавы, туфы среднего состава, трахиандезиты, их лавобрекчии и туфы с прослоями туфов и туфолов дацито- андезитов, туффитов, туфопесчаников, туфоконгломератов, алевролитов. Мощность 600- 650 м. Общая мощность юрских отложений, составляет более 3500 м.

Меловая система, нижний отдел

Аптский ярус, верхний подъярус - альбский ярус, нижний подъярус Айнахургенская свита ( $K_{1ap}$ ). Закартирована в восточной части территории, в истоках и бассейне рек Черная, Агнаутала, Хивавчак, где с угловым несогласием перекрывает верхнеюрские образования. Отложения представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, отмечаются прослой каменного угля. Мощность нижнемеловых отложений колеблется от 250 м до 500 м.

Четвертичная система

Современные отложения образуют маломощный чехол, перекрывающий все более древние образования и представлены элювиальными, делювиальными и делювиально-солифлюкционными образованиями, развитыми преимущественно на водоразделах и представленными щебнем, дресвой, глиной, супесью. Мощность делювиальных и элювиальных образований достигает 2-3 м, делювиально-солифлюкционных - 5-6 м. Аллювиальные отложения квартала представлены рыхлыми галечно-песчано- глинистыми отложениями, они развиты в долинах рек и крупных ручьев района мощностью до 10-15 и более метров. В пределах территории выделяют отложения неоплейстоцена ( $Q_{III}$ ), представленные глинистыми щебнисто-гравийными отложениями, и голоцена ( $Q_{IV}$ ), и те, и другие представлены окатанными галечниками различного размера и песчано-глинистым материалом.

В рассматриваемом районе интрузивные образования представлены породами плутонических (абиссальных или мезоабиссальных) и гипабиссальных комплексов: триасового алучинского плутонического дунит-габбрового комплекса, позднеюрского баимского плутонического габбро-долеритового комплекса, раннемелового весеннинского гипабиссального гранодиоритового комплекса, раннемелового егдэгкычского гипабиссального габбро-монцонит-сиенитового комплекса, позднемелового омчакского гранодиоритового гипабиссального комплекса, получили развитие гипабиссальные дайковые тела позднемелового субвулканического комплекса.

В ходе бурения инженерно-геологических скважин были вскрыты четвертичные грунты и скальные грунты мелового и юрского возраста.

### **Развитие геокриологических процессов и результаты моделирования**

На участке изысканий под предполагаемыми объектами строительства определены теплофизические свойства грунтов (по лабораторным исследованиям) и составлена сводная таблица результатов теплофизических исследований (табл. 2).

## Сводная таблица результатов теплофизических исследований

№ ИГЭ	Тип грунта	Влажность суммарная (естественная) $W_{tot}$ , (д.е)	Коэффициент теплопроводности		Удельная теплоемкость	
			$\lambda_{th}$ среднее, Вт/(м·К)	$\lambda_f$ среднее, Вт/(м·К)	$C_{th}$ , Дж/(кг·К)	$C_f$ , Дж/(кг·К)
1.1.1	Суглинок слабозаторфованный мерзлый, льдистый и сильнольдистый, криотекстура шлировая, с прослоями глины льдистой	0,613	1,010	2,170	2352	1492
2.1.1	Галечниковый грунт, мерзлый, слабольдистый, криотекстура корковая, с глинистым заполнителем до 15%, с включением гравия до 25%	0,747	1,192	1,915	2062	1263
2.2.1	Гравийный грунт мерзлый, слабольдистый и льдистый, криотекстура корковая, с глинистым заполнителем до 40%	0,100	1,044	1,721	1031	832
2.3.1	Песок гравелистый, мерзлый, слабольдистый, криотекстура массивная, с прослоями песка пылеватого	0,339	0,975	1,399	1563	1033
2.4.1	Супесь гравийная, мерзлая, слабольдистая, прослоями нельдистая, криотекстура базальная, с прослоями суглинка гравийного, с включением гальки до 15%	0,332	0,770	1,660	1509	1067
2.5.1	Супесь мерзлая, слабольдистая, местами льдистая, криотекстура тонкошлировая	0,316	1,176	1,686	1550	1161
2.6.1	Суглинок мерзлый, льдистый и слабольдистый, криотекстура шлтровая, с прослоями глины льдистой	0,524	1,002	1,411	1891	1358
3.1.1	Щебенистый грунт мерзлый, льдистый и слабольдистый, криотекстура корковая, с суглинистым заполнителем до 40%	0,131	1,052	1,715	1304	1056
3.2.1	Суглинок щебенистый, мерзлый, слабольдистый, прослоями льдистый, криотекстура шлировая, массивная	0,312	1,159	1,766	1509	1218

На основе данных по теплофизическим свойствам был проведен расчёт [3] и прогноз по оттаиванию грунтов. Так же была смоделирована физическая модель процесса переноса тепла внутри массива. Модель (рис. 5) состоит из талой и мерзлой зон, между которыми располагается зона фазовых превращений.

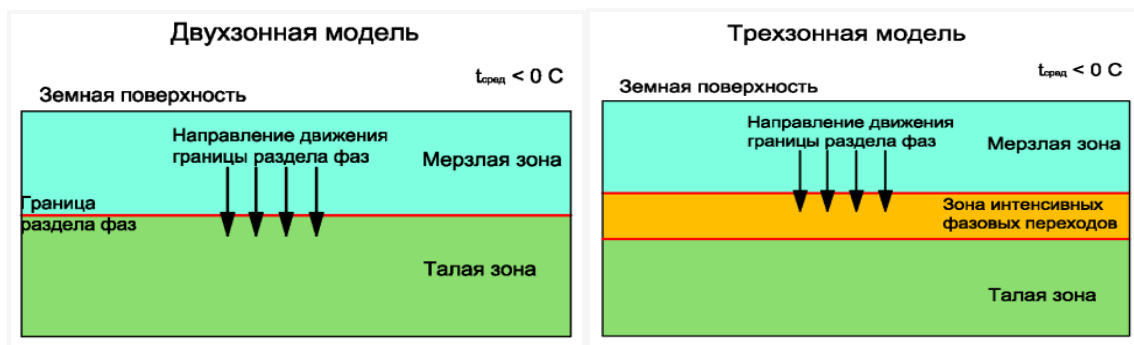


Рис. 5. Физическая модель фазовых переходов в грунтах

В результате проведенных расчетов получено распределение температуры грунтов вблизи насыпи-дамбы как для полного заполнения хвостохранилища, так и для частичного (высота подъема воды 45 м). Моделирование охватывает период в 50 лет после создания насыпи-дамбы и начала эксплуатации хвостохранилища.

При увеличении нагрузки на фундамент в процессе эксплуатации (увеличение массы или уплотнения застройки) температурное поле на момент максимального промерзания грунтов (ориентировочно 10 мая каждого года) представлено на рис. 6.

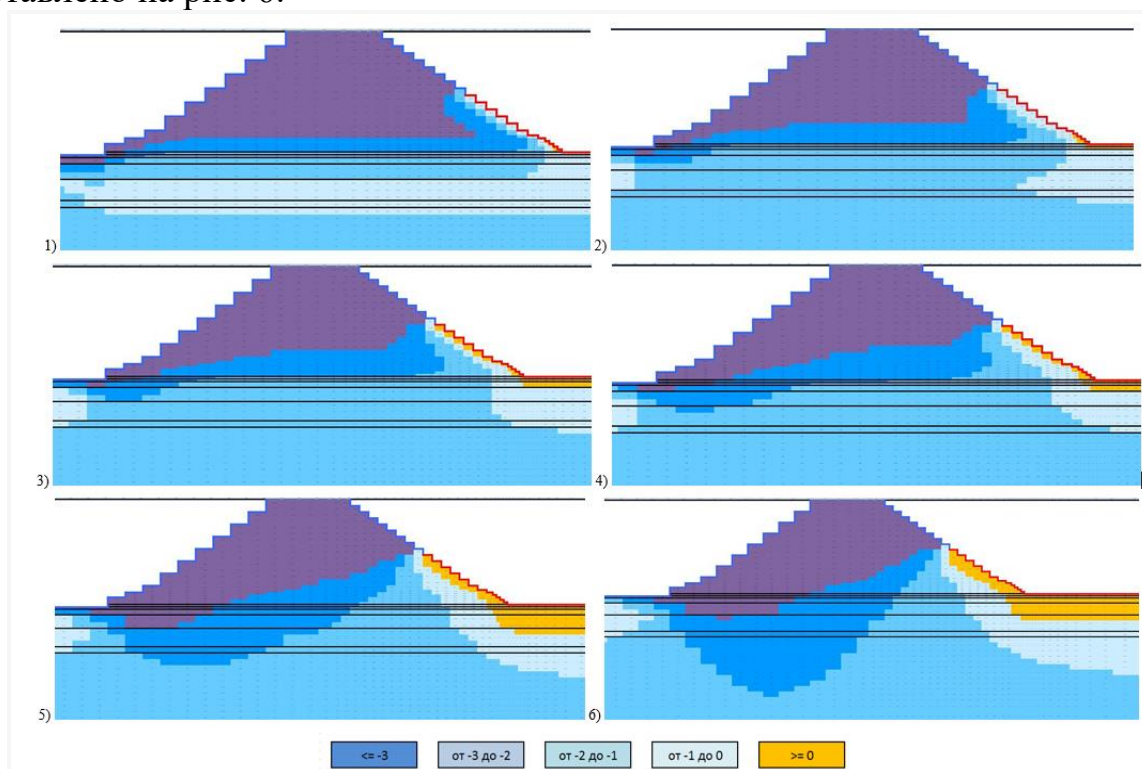


Рис. 6. Температурное поле грунтов при стандартной нагрузке сооружения

При полном заполнении чаши хвостохранилища температурное поле массива на момент максимального промерзания приведено на рис. 7.

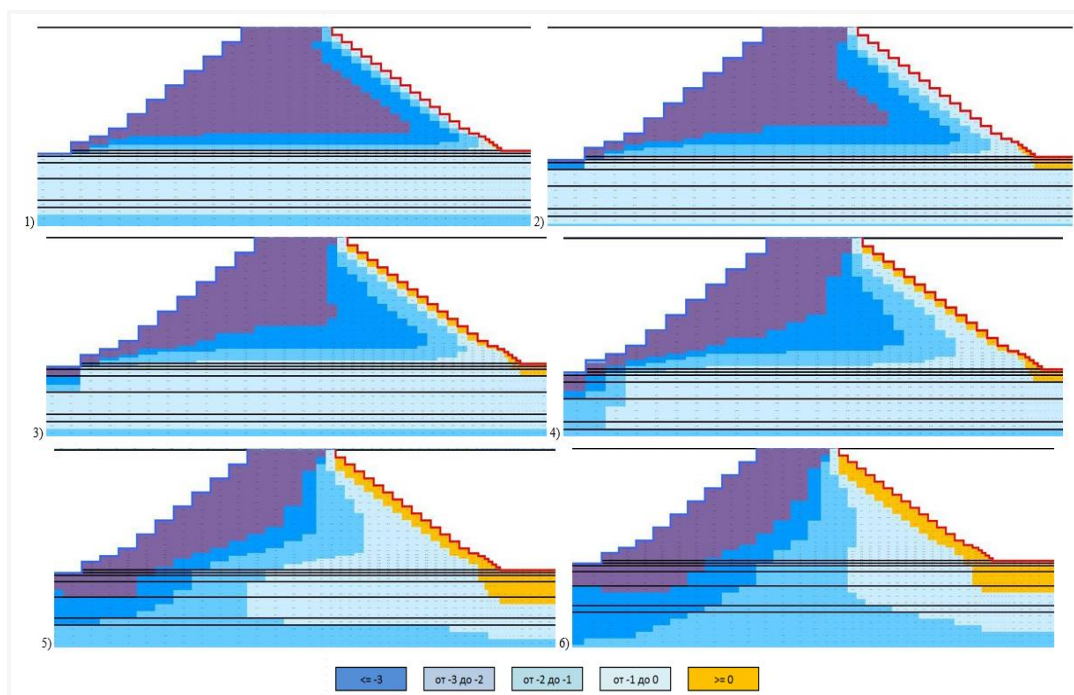


Рис. 7. Температурное поле грунтов при максимальной нагрузке сооружения

Проведенное моделирование [3] показывает, что под сооружением талая зона, мощность которой непрерывно возрастает. За период эксплуатации в 50 лет полному оттаиванию под чашей хвостохранилища подвергаются грунты на глубину 13,2 м.

Мощность зоны оттаивания грунтов под чашей хвостохранилища в зависимости от времени его эксплуатации приведена на рис. 8.

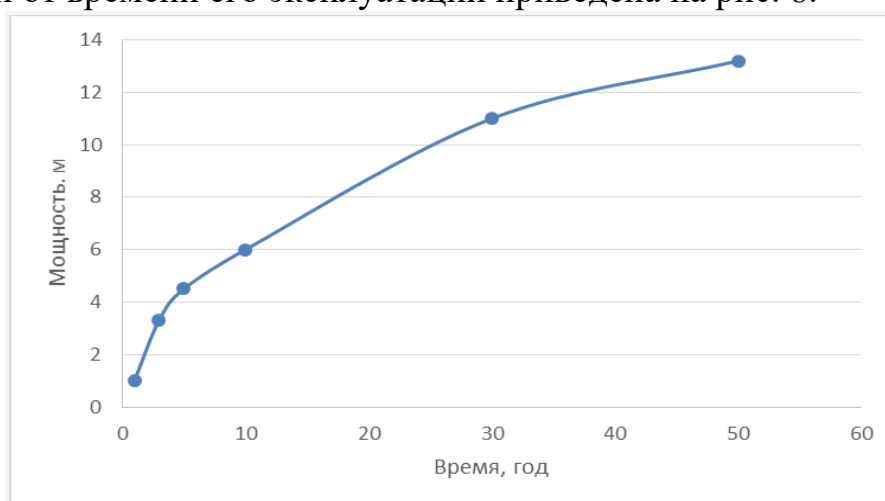


Рис. 8. Динамика мощности талой зоны под сооружением

Из данных циклов расчетов видно, что с течением времени оттаивает часть насыпи с увеличением нагрузки. В процесс оттаивания вовлекаются грунты основания насыпи. Через 5 лет эксплуатации под основанием образуется талая зона мощностью до 5-6 м. Данная область заходит под тело насыпи на расстояние до 8,5 м. В дальнейшем талая зона существенно расширяется и через 10 лет заходит под насыпь на 16 м, а через 30 лет более чем на 20 м.



Увеличение количества объектов практически сказалось на мощности талой зоны непосредственно под их чашей. У основания насыпи-дамбы при полном заполнении хвостохранилища мощность зоны оттаивания увеличивается на 10-15% и составляет через 30 лет эксплуатации более 25 м с проникновением под тело насыпи на расстояние до 30 м. Для данных условий расчета характерны описанные выше закономерности с разницей в величине теплового воздействия.

### **Заключение**

Комплексные инженерно-геологические изыскания и моделирование глубины оттаивания дают представление о перспективе и динамике освоения данного участка под дальнейшее строительство.

Результаты выполненных расчетов дают возможность разработать рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации, дальнейшего уплотнения застройки, спрогнозировать величину и скорость оттаивания вечномёрзлых грунтов, при необходимости заменить грунт под основанием фундамента.

### **Библиографический список**

1. Бычков Е.А., Рассказов А.А. Отчёт об экологической безопасности по итогам 2016 г. Филиал АО «Концерн Росэнергоатом». Билибино, 2017.
2. Гидрогеология СССР, Том XXVI, Северо-Восток. М., Недра, 1972.
3. Инженерно-геологические изыскания на объекте: «ГОК Песчанка»: Отчет об инженерно-геодзических, инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканиях. Рабочие материалы. 2020.
4. Инженерная геология СССР в 8 томах. Т. 4 Дальний Восток. М., Недра, 1977.
5. 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.
6. Копылов И.С. Геокриологические условия юго-запада Восточной Сибири // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 192-204.
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
9. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
10. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
11. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
12. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
13. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015.
14. Копылов И.С., Оборин В.В. Изучение инженерно-геокриологических и геодинамических условий территории ПТБО г. Игарки на основе изысканий,

*аэрокосмических исследований и электроразведки // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. 2019. С. 218-227.*

14. *Ликутов Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.*

15. *Оборин В.В., Копылов И.С. Инженерно-геокриологическая оценка и прогноз развития геодинамических процессов территории ПТБО г. Игарки // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. 2018. С. 231-238.*

16. *Оборин В.В., Копылов И.С. Оценка и прогноз инженерно-геокриологических условий ПТБО г. Игарки на основе инженерных изысканий и аэрокосмогеологических исследований // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 257-260.*

17. СП 47.13330.2012. *Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М.: Госстрой, 2012.*

18. СП 116.13330.2012 *Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.*

19. СП 11-105-97. *Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 4. Правила работ на участках вечной мерзлоты. М.: Госстрой России, 1999. 42 с.*

20. *Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на месторождении «Песчанка». Научно-производственное предприятие Геолог» ООО «НПП Геолог». 2013.*

21. *Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям 13Б-ИГИ2. ООО «Геотех. 2019.*

22. *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. P. 16-22.*

23. <https://www.kazminerals.com/ru/главная/our-business/baimskaya/>

# РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР RATIONAL SUBSOIL USE AND ENVIRONMENT PROTECTION

---

UDC 553.04

**Kirill Vorobyev<sup>1,2</sup>, M.E. Pyatkova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Germany

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

kirill.vorobyev@stud.thga.de

## **ANALYSIS OF THE MINERAL RESOURCE BASE OF OJSC MMC NORILSK NICKEL**

*The article shows the problems and prospects of production of complex copper-nickel ores in various mines of Norilsk. Set out schemes of working of the plant on the basis of a preliminary analysis of mineral reserves. Geological scheme of Norilsk ore field, various methods of extracting metals from minerals the given. The increase in the operating efficiency of OJSC MMC Norilsk Nickel will be determined by the expanded participation in the production of both new geogenic off-balance ores from combine deposits and previously accumulated man-made mineral raw materials, metallized rock dumps and sand tails. This article proposes a comprehensive program of technological initiative in the field of the use of minerals and substantiates effective measures aimed at developing the city-forming mining and metallurgical industry. The goal is to improve technologies and facilities for the mining and processing industry based on the functional subsystems, as well as their purpose and the main characteristics of the automated system for ore processing.*

*Key words: mineral resources, copper, nickel, means, methods, leaching, mine, underground, extracting б geology, technology.*

**К.А. Воробьев<sup>1,2</sup>, М.Е. Пяткова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Высшая техническая школа Георга Агрикола, Бохум, Германия

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## **АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНО-РЕСУРСНОЙ БАЗЫ ПАО «ГМК „НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ“»**

*В статье показаны проблемы и перспективы добычи комплексных медно-никелевых руд на различных рудниках Норильска. Разработаны схемы работы завода на основании предварительного анализа запасов полезных ископаемых. Приведена геологическая схема Норильского рудного поля, различные способы извлечения металлов из полезных ископаемых. Повышение эффективности деятельности ПАО ГМК «Норильский никель» будет определяться расширением участия в добыче как новых геогенных забалансовых руд с месторождений комбинатов, так и ранее накопленного техногенного минерального сырья, отвалов металлизированных пород и песчаные хвосты. В статье предлагается комплексная программа технологических инициатив в области недропользования и обосновываются действенные меры по развитию градообразующей горно-металлургической промышленности. Целью является совершенствование технологий и оборудования для горно-обогатительной отрасли на основе функциональных подсистем, а также их назначения и основных характеристик автоматизированной системы переработки руды.*

*Ключевые слова: полезные ископаемые, медь, никель, средства, методы, выщелачивание, рудник, подземный, добыча, геология, технология.*

Currently the production of complex copper-Nickel ores in JSC "Norilsk mining and metallurgical industrial complex" is extracted in 5 underground mines: "Zapolyarny", "Mayak", "Komsomolsky", "Oktyabrsky" and "Taimyrsky" (Fig. 1).



Fig. 1. The scheme of placing of the mines of MMIC Norilsk Nickel

"Zapolyarny" mine was the first to be put into operation to extract Nickel ore deposits of "Norilsk – 1". The extractions on this ore deposit began as early as in 1945 and it is still producing complex Nickel ore.

In 1965, "Mayak" mine gave the first ore to the surface at Talnakh Deposit (photo 1).



Photo 1. Administrative-household complex of "Mayak" mine

"Komsomolsky" mine (photo 2) was put into operation in 1971. It is currently connected with the mines "Mayak" and "Skalistsy" by underground developments.



Photo 2. Administrative-household complex of "Komsomolsky" mine

The mines developing Oktyabskoe deposit - "Oktyabsky" and "Taimyrsky" – were put into operation the latest and now they compose the largest Russian mining and metallurgical industrial complex extracting ores of nonferrous metals.

Thus, "Oktyabrsky" - the largest mine of OJSC "MMIC "Norilsk Nickel". The start of this mine in operation was carried out in sequence of 9 queues.

In particular, the first stage was put into operation in 1974 and the latest in 1985. Since 1987, "Oktyabrsky" mine has been extracting project production of copper-Nickel ores.

With the aim to replace outgoing over time production capacity for the extraction of ore at this mine the construction of new mining workings is constantly taking place, which contribute (cut) new areas of ore and ore blocks in the field. 11 trunks with a diameter of 6-8 meters provide the operation of this mine. The depth of the mining works at the mine is already more than 1100 meters, and the depth of the shafts is 1206 km [3].

"Taimyrsky" mine is the major supplier of the most common, substantially pyrrhotite composition ores to the beneficiation plant of rich ores.

This mine works out eastern part of a very large Kharaelakh deposit of rich ores (Oktyabrsky mine) within the marks-1000-1400 m.

The total length of underground mining of Norilsk mines is about 3 thousand kilometers [1].

There are quite unique and significant reserves of various minerals at the disposal of JSC "MMIC "Norilsk Nickel" (tab. 1).

Table 1

## Mineral-raw material base of JSC MMC "Norilsk Nickel" [11]

The amount of metal	The amount of ore (thousand tons)	Ni (thousand tons)	Cu (thousand tons)	Pd (thousand tons)	Pt (thousand ounces)	Platinum group metals (thousand ounces)
Proven and probable ore reserves	473 149	5 730	8 712	55 018	13 439	71 778
Surveyed and marked mineral reserves	1 868 738	10 436	16 331	135 730	38 804	182 588

Ordinary disseminated ores with Nickel content of 0.5-0.6 % (95.9% of all stocks) are the basis of mineral reserves of NMMIC. The share of rich ores is accounted for only 4.1% of the ores and 12.4% of metals (table. 2).

Table 2

## Mining assets of MMIC Norilsk Nickel

Deposit / Mine	Type of the mine	Ors <sup>1</sup>
<b>Zapolyarny branch</b>		
<b>Oktyabrskoe Deposit</b>		Copper-Nickel sulfide
«Oktyabrsky »	Underground	rich, Copper, disseminated
« Taimyrsky »	Underground	rich , disseminated
«Komsomolsky», western field	Underground	rich , Copper, disseminated
<b>Talnakhanskoe Deposit</b>		Copper-Nickel
«Talnakhanskoe» mine		
«Komsomolsky» <sup>2</sup>	Underground	Copper and disseminated
«Mayak»	Underground	Disseminated
«Skalisty»	Underground	Rich
<b>Norilsk-1 Deposit</b>		Copper-Nickel sulfide
«Medvezhy ruchey»	Open pit	Disseminated
«Zapolyarny»	Underground	Disseminated
<b>Kolskaya MMIC</b>		
<b>«Zhdanovskoe» Deposit</b>		Copper-Nickel sulfide
«Tsentralny»	Open pit	Disseminated
«Severnoy-Glubokoy» <sup>3</sup>	Underground	Disseminated
<b>«Zapolyarnoe» Deposit</b>		Copper-Nickel sulfide
«Severnoy»	Underground	Disseminated
<b>Kotselvaara and Semiletka Deposit</b>		Copper-Nickel sulfide
«Kayla- Kotselvaara»	Underground	Disseminated

Notes:

1. Rich ores are characterized by a high content of non-ferrous and precious metals. Copper ores are characterized by a higher content of copper relatively to Nickel. Disseminated ores are characterized by a lower content of all metals.

2. "Komsomolsky" mine develops Talnakh Deposit and western part of Oktyabrsky Deposit.

The ores of Norilsk deposit are a part of a fairly large, clearly stratified vertically, gabbro massif (Fig. 2), dolerites and other similar rocks. This massif breaks the sedimentary-volcanogenic thickness of Permian age and is covered by young lava cover.

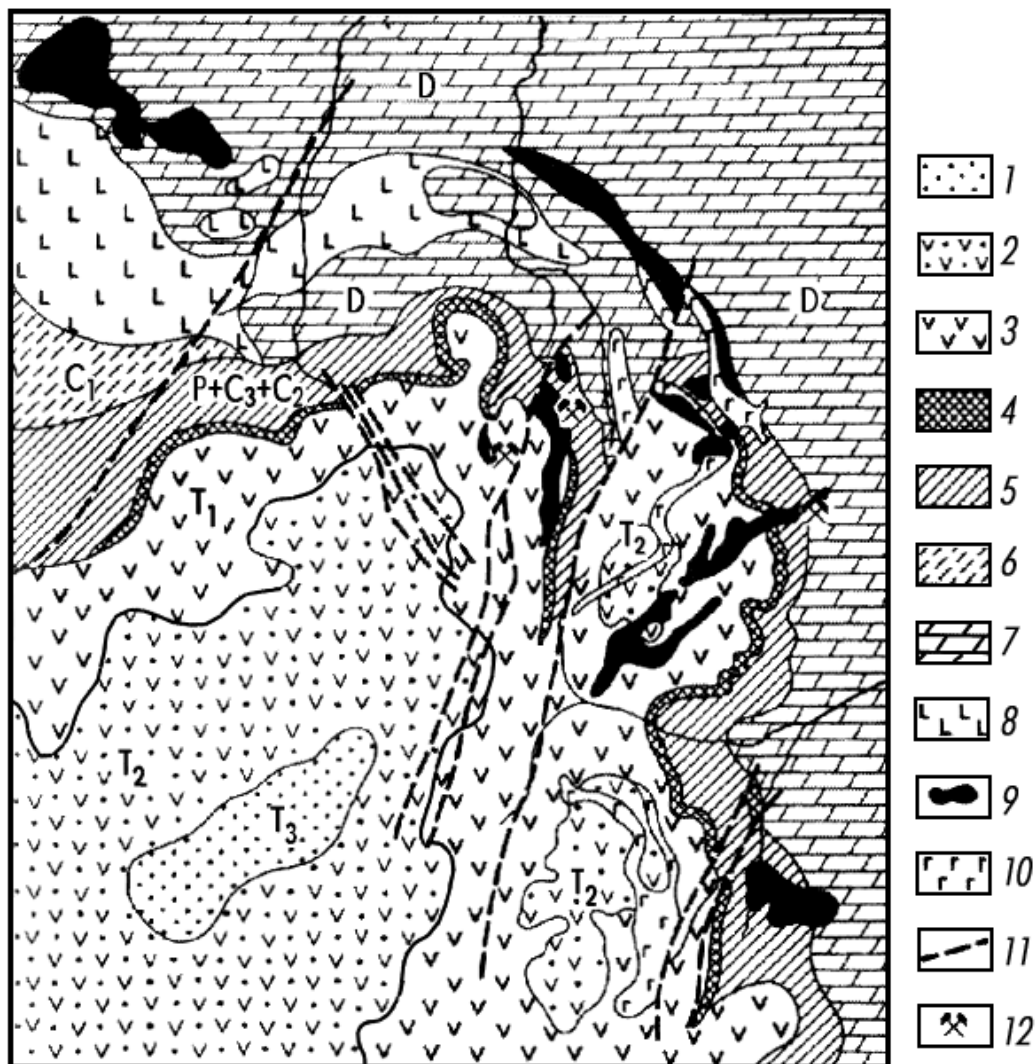


Fig. 2. Geological scheme of the Norilsk ore district (by N. Zotov):

1-3 – third lava (1), second (2), first (3) volcanic cycles Triassic; 4 – lava of Permian volcanic cycle; 5 – sedimentary rocks of the upper Paleozoic (Tunguska series); 6 – sedimentary rocks of the lower Carboniferous (marine limestones); 7 – sedimentary rocks of the Devonian; 8 – dolerites and gabbro-dolerites of the second Triassic cycle; 9 – differentiated gabbro-dolerite Triassic second cycle; 10 – gabbro-dolerites of the third Triassic cycle; 11 – faults; 12 – copper-Nickel deposits (in order to simplify the diagram it does not show Intrusive sills of the first Perm and Triassic cycles)

Thus, disseminated sulfide copper-Nickel ores form sockets and lenses in gabbro at the base of the massif and partly in its underlying rocks. There are "hanging" ice deposits, as well as separate sulphide veins (including those formed in the later stages of hydrothermal solutions).

A characteristic feature of this deposit is very uneven distribution of platinum-group metals, in some parts of it they cannot be detected even under the microscopic examination of all sulfide minerals, and in the other parts they form visible separation of platinum group minerals (alloys, sulfides, tellurides, arsenides, etc.).

The most important minerals of Nickel ores being extracted include the most common and industrial minerals: sulfides (pentlandite (Fe, Ni)S (or (Ni, Fe)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>; contains 22-42% Ni), millerite (NiS 64.5% of Ni), nickeline (Kies-copper Nickel red Nickel pyrites), NiAs (up to 44 % Ni), Nickel pyrrhotite, polydymite, cobalt-Nickel pyrite, violarite, bravoite, visit NiS<sub>2</sub>, chloanthite, rummels-Birgit NiAs<sub>2</sub>, gersdorffite (Gershonite, Nickel Shine NiAsS), Ulmanis), water silicates (garnierite, annabergite, hoffset, revdinski, suhardi, Nickel nontronites) and Nickel chlorite.

Nickel-cobalt antimonide and arsenide mineralization of Norilsk region are represented by epigenetic disseminated in magmatic sulfide Cu-Ni ores and numerous hydrothermal veins with units split crystals, granular aggregates and individual crystals of arsenides and antimonides of Ni-Co-Fe [9]. The arsenides and antimonides of Ni and Co in carbonate veins are developed only within magmatic sulfide deposits of Co-Ni-Cu ores. Native arsenic and loellingite are identified in carbonate veins both within deposits of sulfide ores and out.

In the composition of disseminated antimonide and arsenide mineralization maucherite and breithauptite dominate, cobaltite, gersdorffite and nickeline are rare. According to the observations by E.A. Kulagov in bernatovich and millerite-bernatovich ores of Norilsk-1 maucherite is developed (Kulagov, 1968); its accumulations among calcite are in the pinch of ore bodies. Breithauptite is described in Galena-chalcopyrite ores with intermetallics. (Ponomarenko, Malov, 1991).

Maucherite forms the border of substitution up to 1 mm around the allocation of bornite and intergrowths of bornite and millerite in association with anhydrite, valleriite, magnetite and calcite. Sometimes maucherite is surrounded by a border of Fe-Ni-cobaltite or Fe-Co-gersdorffite.

Dendritic metasomatic formations of maucherite can be found frequently there. In some cases, maucherite forms spherulite aggregates with a border of Fe-Co-gersdorffite and breithauptite among the bornite-Billericay ores. Rarely maucherite demits prismatic porphyroblasts. In rich metaors palladium breithauptite is identified (Ponomarenko, Malov, 1991).

Currently Norilsk industrial complex extracts and processes 3 main technological types of sulfide copper-Nickel (containing platinum group metals (PGM) ores:

- 1) solid (rich);
- 2) disseminated in intrusive rocks;
- 3) vein-disseminated in the host rocks ("copper").

The basis of the economy of industrial production at NMMIC is rich ores, among which chalcopyrite is essential with so-called rich copper and perotistas



differences. The structure of the mineral reserves of Norilsk deposit with basic amount (70 %) of the metal is in disseminated ores. While intensive extraction of rich ores the share of disseminated ores has been steadily increasing [2, 4].

Further increase in efficiency of functioning of MMIC "Norilsk Nickel" will be determined by advanced involvement in the production of both new volumes geogenic off-balance ore deposits of the industrial complex and previously stored technogenic mineral raw materials [5, 10, 11] – metalized rock dumps and Sands tailings (industrial wastewater discharges exceed \$ 200 million m<sup>3</sup> annually) [3].

Thus, the expected increase of geogenic stocks in Norilsk industrial district as a result of additional geological work on the highlighted promising areas will be: for copper ores — of 9.46 million tons and Nickel ores — 4,87 million tonnes [6, 8].

Extraction of metals from mineral raw materials with low content will be done by means of mine, heap and leaching, which can both expand further (8-15 %) mineral resource base of the industrial complex and at the same time (during the processing of existing anthropogenic accumulations of mineral wastes from mining) solve not only economic and raw material problems but many environmental and social ones.

## References

1. Chanturiya V.A., Shadrunkova I.V., Zhilina V.A., Orekhova N.N., Gorlova O.E., Zelinskaya E.V., Fedotov P.K., Tolmacheva N.A., Ozhogina E.G., Chekushina T.V., Medyanik N.L., Vorobyev K.A., Ryspanov N.N. *Recovery of mining waste in the complex development of mineral resources*, 2019. 121 p. ISBN: 978-5-9973-5396-4

Чантурия В.А., Шадрункова И.В., Жилина В.А., Орехова Н.Н., Горлова О.Е., Зелинская Е.В., Федотов П.К., Толмачева Н.А., Ожогина Е.Г., Чекушина Т.В., Медяник Н.Л., Воробьев К.А., Роробьев Н.А. *Утилизация горных отходов в комплексном освоении недр*, 2019. 121 С. ISBN: 978-5-9973-5396-4

2. Chekushina T.V., Vorobyev K.A., Vorobyev A.E., Narozhny I.M., Kapitonova I.L. *Geotechnologies of heap leaching the gold from rock dumps // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. T. 19. № 1.3. p. 841-848.*

Чекушина Т.В., Воробьев К.А., Воробьев А.Е., Нарожный И.М., Капитонова И.Л. *Геотехнологии кучного выщелачивания золота из отвалов пород // Международная многопрофильная научная геоконференция SGEM. 2019. Т. 19. № 1.3. С. 841-848.*

3. Lyashenko V.I., Vorobyev A.E., Andreev B.N., Vorobyev K.A. *Development of mining technologies of underground block leaching of metals from the ores off-balanced in terms of useful component // Metallurgical and Mining industry. 2017.- № 8, p. 8-23.*

Ляшенко В.И., Воробьев А.Е., Андреев Б.Н., Воробьев К.А. *Разработка горных технологий подземного блочного выщелачивания металлов из несбалансированных по полезному компоненту руд // Metallургическая и горнодобывающая промышленность. 2017. № 8. С. 8-23.*

4. Lyashenko, V.I, Vorob'ev, A.E., Nebohin, V., Vorob'ev, K.A. *Improving the efficiency of blasting operations in mines with the help of emulsion explosives // Mining of Mineral Deposits, 2018, 12(1), p. 95-102.*

Ляшенко В.И., Воробьев А.Е., Небохин В., Воробьев К.А. *Повышение эффективности взрывных работ на шахтах с помощью эмульсионных взрывчатых веществ // Добыча полезных ископаемых, 2018, 12 (1). С. 95-102.*

5. Malyukov V.P., Vorobyev K.A. *Integrated use of oil and salt layers at oil field development // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019) Ser. "Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences" 2019. p. 221-222.*

Малюков В.П., Воробьев К.А. *Комплексное использование нефтяных и солевых пластов при разработке нефтяных месторождений // 14-й Международный конгресс по прикладной минералогии (ICAM2019) Сер. "Springer Proceedings in Earth and Environment Sciences" 2019. С. 221-222.*

6. Shadrupova I.V., Orekhova N.N., Chekushina T.V., Vorob'ev K.A. (2020) *Protection of Hydrosphere in Mining Regions: Problems and Methodology of Technological Solutions // Industrial Engineering and Management Systems, Volume 19, No. 1, p. 70-77.*

Шадрунова И.В., Орехова Н.Н., Чекушина Т.В., Воробьев К.А. (2020) *Защита гидросферы в горнодобывающих регионах: проблемы и методология технологических решений // Промышленная инженерия и системы управления, Том 19, № 1. С. 70-77.*

7. Vorob'ev, A.E., Chekushina, T.V., Vorob'ev, K.A. *Russian national technological initiative in the sphere of mineral resource usage // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, Volume 32, Issue 2, March 2017, p. 1-8.*

Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Воробьев К.А. *Российская национальная технологическая инициатива в сфере недропользования // Рударско геолоско нафтни зборник, Том 32, Выпуск 2, март 2017. С. 1-8.*

8. Vorob'ev A.E., Khodzhaev R.R., Gabaydullin R.I., Isabek T.K., Khuangan N., Vorob'ev K.A. *Numerical method to calculate coal strata surface curvature, predetermined by discrete points of the irregular grid // Metallurgical and Mining Industry. 2016. № 11. p. 60-64.*

Воробьев А.Е., Ходжаев Р.Р., Габайдуллин Р.И., Исабек Т.К., Хуанган Н., Воробьев К.А. *Численный метод расчета кривизны поверхности угольных пластов, заданной дискретными точками нерегулярной сетки // Metallургическая и горнодобывающая промышленность. 2016. № 11. С. 60-64.*

9. Vorob'ev A.E., Shchesnyak Evgeniy, Singkh Ragkhav Dzhugendra, Shchesnyak K.E., Vorob'ev K.A. *Transition to advanced technologies of sub-soil use // Metallurgical and Mining Industry. 2017. № 2. p. 72-80.*

Воробьев А.Е., Щесняк Евгений, Сингх Рагхав Джугендра, Щесняк К.Е., Воробьев К.А. *Переход к передовым технологиям недропользования // Metallургическая и горнодобывающая промышленность. 2017. № 2. С. 72-80.*

10. Vorobyev K.A., Gomes A. *Innovative technology of using anti-sand filters at wells of the Vankor oil and gas field // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019) Ser. "Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences" 2019. p. 231-234.*

Воробьев К.А., Гомес А. *Инновационная технология использования противопесочных фильтров на скважинах Ванкорского нефтегазового месторождения // 14-й Международный конгресс по прикладной минералогии (ICAM2019) Сер. "Springer Proceedings in Earth and Environment Sciences" 2019. С. 231-234.*

11. MMIC Norilsk Nickel: a successful example of adaptation to world markets // <http://helion-ltd.ru/norilsky-nickel-example>.

МММС «Норильский никель»: успешный пример адаптации к мировым рынкам // <http://helion-ltd.ru/norilsky-nickel-example>.

**Kirill Vorobyev<sup>1,2</sup>, M.E. Pyatkova<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Germany<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia, [Moscow, Russia](#)[kirill.vorobyev@stud.thga.de](mailto:kirill.vorobyev@stud.thga.de)

## **SUBSTANTIATION OF THE EFFECTIVE GEOTECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ACTIVATION HEAP LEACHING OF GOLD FROM ROCK DUMPS**

*Problems and prospects of gold mining development and organizational actions to increase the economic efficiency of gold's production in Russia are considered, are proposed the methods of extracting gold from gold-bearing dumps using modern geotechnologies, reducing the cost of its extraction from the rock dumps. It is noted that the integrated use of mineral resources, on the basis of scientific and technical achievements, makes it possible to achieve the production of maximum volumes of competitive products with a higher useful value at minimum costs for material, labor, financial and non-material costs. The authors raise the issue of prospects for the development of geotechnology in the field of subsoil use. The results of this work were used to study further analysis, as evidenced by the data obtained from exploratory wells.*

*Keywords: heap leaching, leaching reagents, geotechnological methods, gold-bearing dumps, gold ore.*

**К.А. Воробьев<sup>1,2</sup>, М.Е. Пяткова<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Высшая техническая школа Георга Агрикола, Бохум, Германия<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## **ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АКТИВАЦИОННОГО КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ОТВАЛОВ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Рассмотрены проблемы и перспективы развития золотодобычи, организационные мероприятия по повышению экономической эффективности добычи золота в России, предложены методы извлечения золота из золотоносных отвалов с использованием современных геотехнологий, снижающие затраты на его извлечение из горных отвалов. Отмечается, что комплексное использование недр на основе достижений науки и техники позволяет достичь производства максимальных объемов конкурентоспособной продукции с более высокой полезной стоимостью при минимальных затратах материальных, трудовых, финансовых и некоммерческих. Авторы ставят вопрос о перспективах развития геотехнологии в области недропользования. Результаты этой работы были использованы для дальнейшего анализа исследования, о чем свидетельствуют данные, полученные с разведочных скважин.*

*Ключевые слова: кучное выщелачивание, реагенты для выщелачивания, геотехнологические методы, золотоносные отвалы, золотые руды.*

## Introduction

The history of Russia showed that the basic part of the gold (up to 90 %) received from looses, resulted from many operations in decades, have been already substantially produced. The Russian gold structure of the mineral-raw-material base is opposite to the structure of extraction as the overwhelming volume of stocks and expected resources of this metal dated for ore deposits [6].

The analysis of geological-mineralogical characteristics of Russian gold deposits, the features of existing technologies, and systems of development show their discrepancy to modern requirements [6].

Wide application of geological technologies in heap (HL), mine in situ (MS), blast-hole in situ (BHS), and leaching of metals, in some cases, restrain negative influences on the environment (fig. 1).

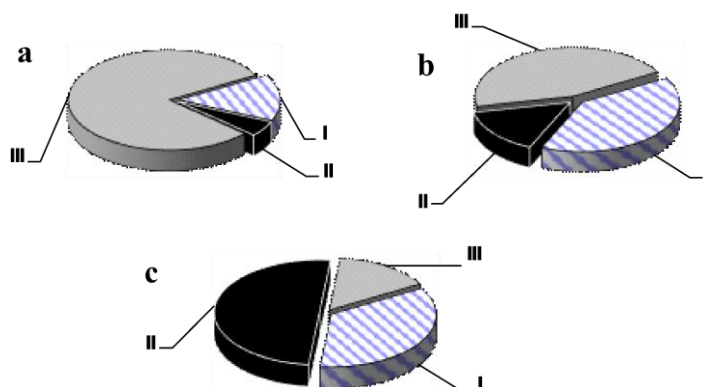


Fig. 1. The correlation of basic environmental contamination elements at leaching [6]:

a - blast-hole in situ, b - mine in situ, c - heap;

I - mining works; II - waste products of manufacture; III – reagents

The purpose of our work consists in developing and determining effective methods in leaching metals from ores at negative ambient temperatures, providing comprehensible speed, reduction in price, and ecological process. The idea consists of using the laws of freezing technological solutions and freezing destructions (structural disintegration) of ore pieces when changing ambient temperature for intensification of leaching process [6].

The structure of gold-containing ores is necessary to be studied with the purpose of revealing laws of distribution ore and reagent mineral formations (mineral matrixes) concerning the subsequent contact with technological (leaching) solutions [6].

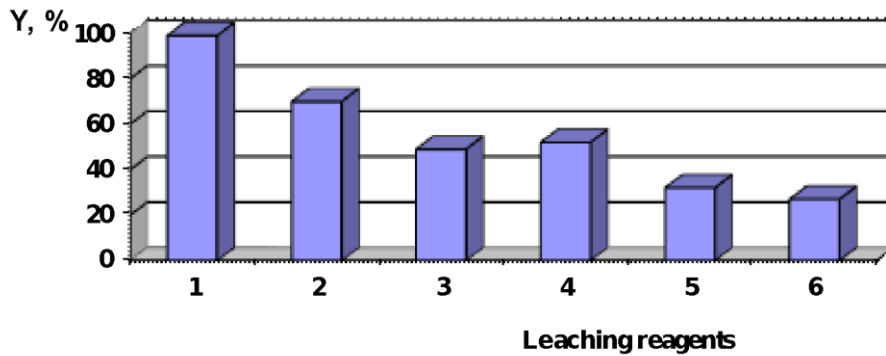


Fig. 2. Comparison of negative influence on the environment of various leaching reagents used for gold reception [6]:  
 1 - cyanide; 2 - carbamide; 3 - sulphate; 4 - chlorides; 5 - oxide chloride;  
 6 – bacteria

Freezing cleaving of an ore piece is connected to the volumetric change caused by the growth of ice crystals which cause in the piece abnormal pressure leading to his destruction. It happens by the reason that freezing water in capillaries and cracks increases in volume approximately for 9 %, and such change of volume renders significant destructive influence on ore piece [6].

The technological scheme of gold ore processing by heap leaching is presented in fig. 3.

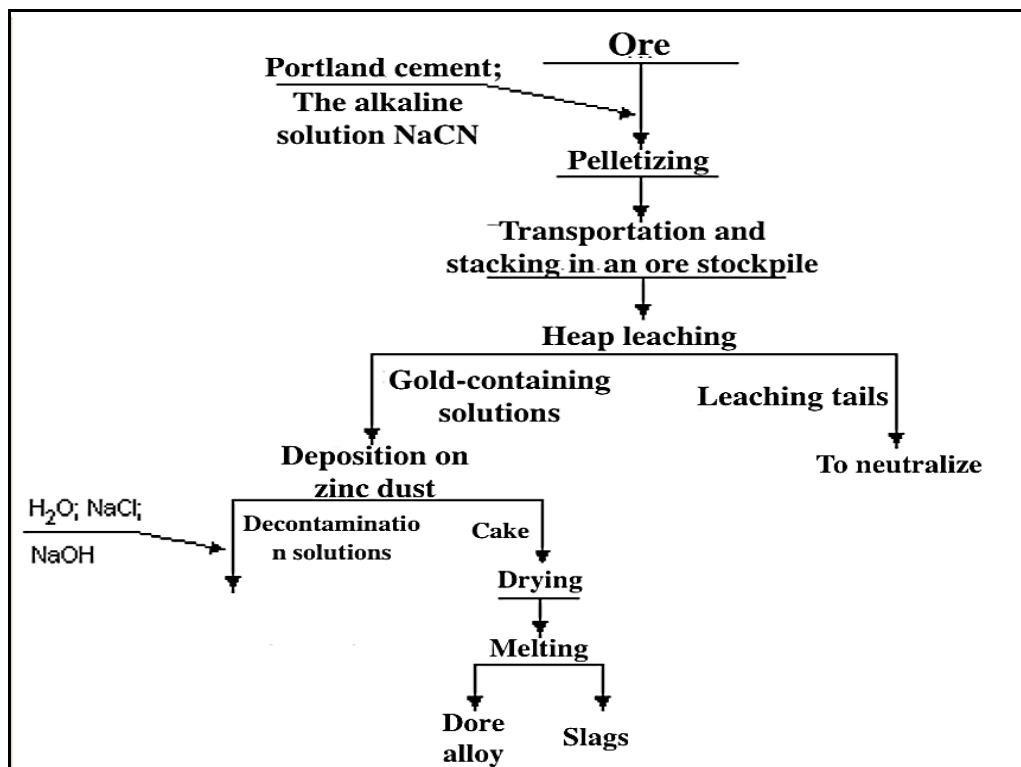


Fig. 3. The technological scheme of gold ore processing by heap leaching

Like most chemical reactions, the dissolution of gold is very sensitive to lower temperatures. Seasonal variations in leaching rate are associated with variations in the

temperature of the solutions from 4 °C (in winter) to 30 °C (in summer). It is believed that the rate of gold leaching in the winter period is reduced by 30-40% of the indicators achieved in the summer period.

The results of heap leaching of gold from oxidized granulated ores of the Archanglskoye field are considered for a single ore volume (stack) without connecting to the heap leaching process new ore volumes, since otherwise it is impossible to trace the dynamics of the noble metal extraction over time (or depending on the ratio of liquid to solid).

Next, we give a method for leaching gold from ore, pelleted with sodium cyanide solution:

The crushing of ore to grade -10 mm, the amount of sodium cyanide in the pelleted ore is about 50% of the total specific consumption of reagent per 1 ton of ore. The main results of gold leaching at the Archanglskoye field are presented in Table 1 [1].

Table 1

The main results of the gold leaching

Ore	Mixed	From the upper part of the field
<b>The initial Au concentration, g/t</b>	6.68	3.63
<b>The maximum extraction of Au in solution, %</b>	95.3	92.55
<b>The residual Au concentration in the filter cake, g/t</b>	0.31	0.27
The concentration of Au in solution, mg/l:		
Maximum	48	7.8
Minimum	0.17	0.11
Average	3.29	1.3
<b>Liquid to solid ratio</b>	1.94	2.58
<b>Consumption NaCN kg/t</b>	0.85	1.5
<b>The average concentration of Au, mg/l, when removing:</b>		
60%	23.05	6.6
70%	18.34	4.79
80%	12.43	2.58
90%	6.61	1.7
<b>Liquid to solid ratio when extracting Au:</b>		
60%	0.16	0.3
70%	0.255	0.53
80%	0.43	1.02
90%	0.91	1.92

Mixed ore is represented by displaced (50%) and structural (60%) weathering crusts. The dynamics of filtration leaching of gold from this ore is characterized by the presence of peak-maximum concentrations in the output solutions in the initial

period of the process HL (to Liquid to solid ratio  $< 0,1$ ) and a sufficiently high extraction of metal in the liquid phase - about 44%.

Separately, the oxidized ore of the upper part of the Archanglskoye field, characterized by increased clay content, was studied. The dynamics of filtration leaching of gold from oxidized clay ore is generally close to the dynamics of filtration leaching of metal from oxidized ore of deeper horizons of the Archanglskoye field. Due to the lower content of gold in clay ore, its lower concentrations in the liquid phase were obtained. The total extraction of gold from ore to cyanide solutions varies from 70 to 80%, less often and depends on the degree of oxidation of the ore (by sulfide sulfur), the distribution and size of gold in the ore, the presence of natural sorbents in it.

To ensure the operation of the heap leaching enterprise at gold concentrations close to the average (2-10 mg/l), a gradual commissioning of new ore stacks (tapes) and the withdrawal from the process of HL stacks, where the extraction of gold is completed.

The annual productivity of the heap leaching enterprise for commercial ore at the Archanglskoye field, when the enterprise reaches its designed capacity, will be about 700 thousand tons of ore per year. The achieved annual gold production for one heap leaching enterprise is 250-600 kg.

As a result, HL gold passes into leaching solutions, which are subjected to further processing in order to extract a valuable component from them [7]. Processing of productive solutions includes: the process of precipitation of gold-containing solutions with zinc (cementation) and acidic boiling of the resulting cement.

The resulting HL gold-containing solutions contain from 1 to 20 mg/l Au.

In table. 2 the concentrations of elements in the productive solution entering the cementation unit (taking into account the accumulation of impurity metals) are given [4].

Table 2

Concentrations of elements in the productive solution

Element	Concentration range, mg/l	Average concentration, mg/l
<b>Au</b>	0.5-31	2.67
<b>Ag</b>	0.5-37.5	3.2
<b>Fe</b>	2-5	2.6
<b>Cu</b>	5-50	17.7
<b>Zn</b>	20-150	37.5
<b>Ni</b>	0.1-1	0.22
<b>Co</b>	0.1-1	0.24
<b>As</b>	0.1-1.2	0.30

Below is the composition of zinc cements obtained in the processing of heap leaching solutions at the Archanglskoye field (Table 3).

Table 3

## Composition of zinc cements

Component	Au	Ag	Cu	Zn	Fe	Cr, Ni, Co et al.	Perlite (diatomaceous earth)
<b>Content, %</b>	2-20	2-20	1-10	50-90	0.5-5	0.1-0.2	0-50
<b>Oriented Average</b>	7.09	8.48	4.73	59.93	1.22	0.08	18.54

Zinc precipitation, with a content of precious metals more than 10%, can be directed to pyrometallurgical redistribution without special preparation. When the total content of gold and silver in the sediment is less than 10%, their pyrometallurgical processing without pre-enrichment by acidizing may be impractical.

Acid boiling of zinc cements is usually carried out using sulfuric, hydrochloric, nitric, or sulfamic acids. Studies have been conducted on the acid dispersion of zinc cements, the results of which are presented in Table 4 [2].

Table 4

## Composition of zinc cements

Material	Content, %				
	In the initial cement	In cementite after boiling 15% acid			
		Sulfuric	Hydroch loric	Nitric	Sulfamic
<b>Gold</b>	6.1	27.9	27.9	36.8	29.4
<b>Silver</b>	5.1	23.4	23.3	7.2	24.8
<b>Copper</b>	0.2	0.7	0.6	0.3	1.2
<b>Zinc</b>	79.8	6.9	7.3	3	2.4
<b>Other metallic impurities</b>	0.4	1.4	1.1	0.3	0.5
<b>Perlite</b>	8.7	39.7	39.7	52.4	41.8

From table 4 it is seen that the best results (the maximum gold content in the sediment after boiling) can be achieved using nitric and sulfamic acids. However, when using these acids, silver is partially dissolved (when using nitric acid - up to 80%, and sulfamic acid - up to 5%). Another disadvantage of the use of these acids for the enrichment of zinc precipitates for noble metals is their high cost.

Therefore, from a technological and economic point of view, the most preferable is the use of sulfuric acid solutions for acid welding [5].

Thus, in order to finish up poor zinc cements (total gold and silver content less than 10%) to the conditions required for pyrometallurgical processing, it is advisable to carry out a two-stage mixing with 15% sulfuric acid in titanium BT 1.0 followed by washing the obtained precipitates with technical water.



On the basis of the above, the method of cementation of precious metals using zinc dust (Meryl-Crowe process) is used for processing productive heap leaching solutions [3].

### **Conclusion**

Therefore, the growth of Russian gold extraction will be substantially connecting to involving in commercial operation of new gold ore deposits, located, mainly, in North-East of Russia. However, there is an essential and complicating factor on development of these deposits which is the climatic features of Russia, such as the duration of the cold period.

The analysis of of geological technologies in heap (HL), mine in situ (MS), blast-hole in situ (BHS), and leaching of metals, shows that the greatest negative influence is rendered in liquid environments (technological, productive, washing and dumped solutions).

Based on heap leaching technical regulations with the given effectiveness of 500000 tons annually, the quantity of loaded carbon for the process of desorption at GPP JSC “Vasil’evskiy rudnik” will amount to 1 ton a day.

According to the year 2009’s statistics, the desorption plant productivity amounted to 460 tons of carbon, that is 1,3 tons a day, correspondingly the average gold grade is 1 kg pro ton. Here with the plant productivity of 1,3 tons a day is maximum in the process of desorption.

Among the investigated technological reagents used nowadays for industrial gold leaching, the greatest negative influence on the environment (that has been determined by us based on the size of maximum concentration limit and character of the subsequent geochemical transformation) has cyanide and the least oxide chloride and bacteria.

### **References**

1. Chekushina T.V., Vorobyev K.A., Vorobyev A.E., Narozhny I.M., Kapitonova I.L. *Geotechnologies of heap leaching the gold from rock dumps // Interna-tional Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. T. 19. № 1.3. p. 841-848.*

Чекушина Т.В., Воробьев К.А., Воробьев А.Е., Нарожный И.М., Капитонова И.Л. *Геотехнологии кучного выщелачивания золота из отвалов пород // Международная многопрофильная научная геоконференция SGEM. 2019. Т. 19. № 1.3. С. 841-848.*

2. Chekushina T.V., Shadrinova I.V., Orekhova N.N., Vorob'ev K.A. (2020) *Protection of Hydrosphere in Mining Regions: Problems and Methodology of Technological Solutions // Industrial Engineering and Management Systems, Volume 19, No. 1, p. 70-77.*

Чекушина Т.В., Шадрунова И.В., Орехова Н.Н., Воробьев К.А. (2020) *Защита гидросферы в горнодобывающих регионах: проблемы и методология технологических решений // Промышленная инженерия и системы управления, Том 19, № 1. С. 70-77.*

3. Lyashenko V.I., Vorob'ev A.E., Andreev B.N., Vorob'ev K.A. *Development of mining technologies of underground block leaching of metals from the ores off-balanced in terms of useful component // Metallurgical and Mining industry. 2017. № 8, p. 8-23.*

Ляшенко В.И., Воробьев А.Е., Андреев Б.Н., Воробьев К.А. *Разработка горных технологий подземного блочного выщелачивания металлов из несбалансированных по*

полезному компоненту руд // *Металлургическая и горнодобывающая промышленность*. 2017. № 8. С. 8-23.

4. Lyashenko, V.I., Vorob'ev, A.E., Nebohin, V., Vorob'ev, K.A. *Improving the efficiency of blasting operations in mines with the help of emulsion explosives / Mining of Mineral Deposits*, 2018, 12(1), p. 95-102.

Ляшенко В.И., Воробьев А.Е., Небохин В., Воробьев К.А. *Повышение эффективности взрывных работ на шахтах с помощью эмульсионных взрывчатых веществ // Добыча полезных ископаемых*. 2018, 12 (1). С. 95-102.

5. Maluykov V.P., Vorobyev K.A. *Integrated use of oil and salt layers at oil field development // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019) Ser. "Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences" 2019*. p. 221-222.

Малюков В.П., Воробьев К.А. *Комплексное использование нефтяных и солевых пластов при разработке нефтяных месторождений // 14-й Международный конгресс по прикладной минералогии (ICAM2019) Сер. "Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences"*, 2019. С. 221-222.

6. Vorob'ev, A.E., Chekushina, T.V., Vorob'ev, K.A. *Russian national technological initiative in the sphere of mineral resource usage / Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, Volume 32, Issue 2, March 2017*, p. 1-8.

Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Воробьев К.А. *Российская национальная технологическая инициатива в сфере недропользования / Рударско геолоско нафтни зборник, Том 32, Выпуск 2, март 2017*. С. 1-8.

7. Vorob'ev A.E., Shchesnyak E., Singkh Ragkhav Dzhugendra, Shchesnyak K., Vorob'ev K.A. *Transition to advance technologies of subsoil use // Metallurgical and Mining Industry*. 2017. № 2. p. 72-80.

Воробьев А.Е., Щесняк Е., Сингх Рагхав Джугендра, Щесняк К., Воробьев К.А. *Переход к передовым технологиям недропользования // Metallургическая и горнодобывающая промышленность*. 2017. № 2. С. 72-80.

**К.А. Воробьев, В.А. Щерба, М.Е. Пяткова**  
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия  
[kirill.vorobyev@stud.thga.de](mailto:kirill.vorobyev@stud.thga.de)

## **ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ**

*В результате увеличения объема перекачиваемых нефтепродуктов повышается рабочее давление в трубопроводе и потребление электроэнергии насосными агрегатами. В случае последовательной перекачки нефтепродуктов поступление в трубопровод другого продукта может существенно изменить давление в трубопроводе, что может привести к остановке перекачки при неверной интерпретации причины изменения давления. В современных условиях роста производственных мощностей существующие ограничения заставляют разрабатывать новые методы эффективного планирования транспортировки углеводородов. Рассмотрение частных случаев эксплуатации систем трубопроводного транспорта с учетом определенных допущений позволяет установить влияние одной переменной на ключевые показатели эффективности предприятия.*

*Ключевые слова: технологический режим, энергосбережение, противотурбулентная присадка, поправка давлений, контроль, нефтепродукты, магистральный трубопровод.*

**K.A. Vorobyev, V.A. Shcherba, M.E. Pyatkova**  
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

## **ENERGY-AND RESOURCE SAVING DURING TRANSPORTATION HYDROCARBONS BY MAIN PIPELINES**

*As a result of an increase in the volume of pumped oil products, the operating pressure in the pipeline and the consumption of electricity by pumping units increase. In the case of sequential pumping of oil products, the ingress of another product into the pipeline can significantly change the pressure in the pipeline, which can lead to pumping stoppage if the cause of the pressure change is incorrectly interpreted. In modern conditions of production capacity growth, the existing restrictions force us to develop new methods for efficient planning of hydrocarbon transportation. Consideration of particular cases of operation of pipeline transport systems, taking into account certain assumptions, makes it possible to establish the influence of one variable on the key performance indicators of an enterprise.*

*Key words: technological mode, energy saving, anti-turbulent additive, pressure correction, control, oil products, main pipeline.*

Проблема энергосбережения – одна из важнейших задач нефтяного комплекса в области трубопроводного транспорта.

Трубопроводный транспорт нефти представляет сложный энергетический комплекс, включающий магистральные и вспомогательные трубопроводы, нефтеперекачивающие станции, резервуарные парки, запорно-регулирующие арматуры и другие технологические оборудования.

Энергоэффективность трубопроводного транспорта нефти во многом зависит от системы организации и управления технологическим режимом работы магистрального нефтепровода.

Надежным способом транспортировки высокозастывающих (парафинистых) и высоковязких нефтей был и остается способ «горячей» перекачки. В этом случае энергоэффективность транспортировки определяется затратами энергии на перекачку и подогрев нефти, от 70 до 80% потребляемой энергии затрачивается на работу насосных агрегатов и печей подогрева [1].

Подогрев высокозастывающей нефти происходит на печах подогрева и оптимальное условие их работы определяет величину потребляемой энергии.

Эффективные режимы работы насосных агрегатов достигаются путем:

- 1) изменением параметров рабочего колеса центробежного насоса (обточка рабочих колес, применение сменных роторов);
- 2) регулированием частоты вращения ротора с помощью частотно-регулируемого электропривода.

При рассмотрении задачи по оптимальной транспортировке нефти по нефтепроводным маршрутам (т.е. с минимальным энергопотреблением), естественным образом возникает вопрос выбора рациональных объемов нефти. Насосно-силовое оборудование должно в состоянии перекачать то количество нефти, которое требуется согласно оптимизационному управлению нефтепровода. Поэтому сопряженной с проблемой выбора рациональных объемов нефти по нефтепроводным маршрутам является задача выбора наиболее эффективных режимов работы насосно-силового оборудования и печей подогрева, обеспечивающих надежную эксплуатацию магистрального нефтепровода. Оптимальные режимы их эксплуатации необходимы для снижения потери энергии и повышения эффективности способа «горячей» перекачки по магистральным нефтепроводам.

Несмотря на достаточную изученность технологии транспорта высоковязкой и высокозастывающей нефти, вопросы выбора режимов работы «горячих» нефтепроводов до сих пор представляют собой сложную задачу.

Основные трудности связаны с тем, что система нефтепровод-грунт находится в неустановившемся состоянии из-за сезонных колебаний температуры грунта и воздуха, изменения физико-химических свойств окружающего грунта и реологических свойств перекачиваемой нефти.

Магистральный нефтепровод состоит из различного оборудования (насосы, печи подогрева, запорно-регулирующая арматура, резервуары и другое технологическое оборудование), обладающего взаимным влиянием, что подразумевает рассмотрение и управление им в комплексе. Имеются два метода изучения данной проблемы. Первый метод связан с использованием сложных математических моделей тепло-гидравлических расчетов, что целесообразно для определения оптимального режима участка с двумя-тремя станциями. Использование в расчетах большего числа станций и пунктов подогрева может привести к чрезмерному усложнению или даже невозможности решения задачи. Второй метод подразумевает управление всем

участком магистрального нефтепровода с применением более простых математических моделей расчетов, что также не позволяет достичь оптимума.

Решение этой проблемы по определению оптимальных условий работы насосных агрегатов и печей подогрева в нескольких насосных станциях и пунктах подогрева было получено путем разработки ПО SmartTran, интегрированного с информационными системами [3]. Разработанная система управления определяет энергосберегающие режимы транспортировки объемов нефти при меньших требуемых ресурсах и энергопотреблении.

Указанные обстоятельства обосновывают актуальность настоящей работы, направленной на разработку совершенных методов управления с использованием новых цифровых технологий для повышения эффективности функционирования магистрального нефтепровода.

Высокозастывающие (парафинистые) и высоковязкие нефти месторождения Казахстана имеют сложные физико-химические свойства, а именно температура текучести изменяется в пределах от 12 до 30 °С в зависимости от содержания парафина, плотность – от 820 до 910 кг/м<sup>3</sup>, вязкость – от 0.005 мПа до 120 мПа в зависимости от температуры [2].

Сложность физико-химических свойств нефтесмесей обуславливает применение надежных способов («горячая» перекачка, депрессорная технология, технология противотурбулентной присадки) для обеспечения безопасных режимов транспортировки по магистральным нефтепроводам.

В магистральном трубопроводе транспортировка высокозастывающей нефтесмесей проводится способом «горячей» перекачки. Вдоль трассы магистрального трубопровода расположены насосные перекачивающие станции (НПС) и станции подогрева нефти (СПН) или пункты подогрева нефти (ППН) для насосных агрегатов и печей подогрева.

Моделирование высокозастывающей и высоковязкой нефтесмесей в магистральном нефтепроводе проводится при следующих допущениях:

- 1) трубопровод длиной  $L$  с внутренним диаметром  $D_1$  проложен на глубине  $h$  в грунте, диаметр трубы может измениться по длине  $L$ ;
- 2) трубопровод представляет собой совокупность линейных участков, разделенных промежуточными НПС, СПН и пунктами подкачки;
- 3) промежуточные НПС, СПН и попутные пункты подкачки нефти считаются объектами с известными характеристиками;
- 4) течение в трубе одномерное и может относиться как к ньютоновским, так и к неньютоновским жидкостям;
- 5) теплофизические и реологические характеристики нефти и нефтесмесей рассчитываются по лабораторным данным;
- б) трубопровод негоризонтальный, рельеф и характеристики местности, по которой он проложен, известны.

Ввод в турбулентный поток жидкости очень малых концентраций высокомолекулярных полимерных присадок приводит к резкому снижению гидродинамического сопротивления (эффект Томса) и существенной перестройке его структуры.

Турбулентный поток жидкости с противотурбулентной присадкой (далее ПТП) описывается обобщенной реологической модели ньютоновской жидкости, имеющей свойством вязкости сдвига и растяжения. Вязкость сдвига выражает молекулярный механизм взаимодействия между частицами жидкости в турбулентном потоке, а вязкость растяжения характеризует появление упругих свойств жидкости и указывает на новый механизм взаимодействия при наличии противотурбулентной присадки. В экспериментах турбулентного потока водного раствора в трубе с различными типами полимеров показано уменьшение вязкости сдвига с увеличением скорости сдвига и увеличение вязкости растяжения с ростом скорости растяжения.

Опыты подтвердили правильность обобщенной реологической модели ньютоновской жидкости с коэффициентами вязкости сдвига и растяжения для описания турбулентного потока жидкости с ПТП в трубе.

ПТП вводится в турбулентный поток нефти в малом количестве от 2 до 20 ppm и создает демпфирующий слой на стенке. Это связано с известным свойством сегрегации крупных макромолекул полимера (ПТП) в пристенную область турбулентного потока жидкости в трубе [4].

Моделирование останковки, остывания и пуска трубопровода очень важно для построения карты технологически допустимых режимов эксплуатации трубопровода. Также моделирование этого процесса позволяет избежать ситуаций, при которых пуск трубы больше окажется невозможным, что является крайней аварийной ситуацией. Расчеты останковки и пуска трубопровода позволяют подобрать оптимальные насосные агрегаты и необходимую температуру подогрева для успешного пуска. Для этих расчетов в ПО SmartTran был разработан расчетный модуль режимов останковки и пуска трубопровода.

Режим останковки и пуска трубопровода является нестационарным режимом перекачки, так как давление и температура в трубе, производительность непостоянны во времени. При моделировании нестационарных режимов перекачки не применимо использование уравнения баланса напоров. Также для расчета температуры теперь не применима формула Шухова, для расчета давления не применима формула Дарси-Вейсбаха. Расчет нестационарного процесса требует рассмотрения системы дифференциальных уравнений энергии и движения.

### **Библиографический список**

1. Воробьев А.Е., Махамат Т.М.М., Воробьев К.А. Основы предотвращения чрезвычайных ситуаций на магистральных нефтепроводах Республики Чад // Вестник Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 1. С. 55.
2. Воробьев К.А. Обоснование системы эффективного использования нефтяного газа при работе трубопроводов // Вестник Атырауского института нефти и газа. 2018. № 1 (45). С. 98-99.
3. Воробьев А.Е., Тчаро Х., Воробьев К.А. Цифровизация нефтяной промышленности: «интеллектуальный» нефтепромысел // Вестник Евразийской науки, 2018. Т. 12. №3.
4. Воробьев К.А. Фундирование системы эффективного использования нефтяного газа при работе трубопроводов // В сборнике: Современные тенденции подготовки кадров для нефтегазовой отрасли. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 223-225.

## **О ВРЕМЕННОЙ КОНСЕРВАЦИИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА ПО РАЗРАБАТЫВАЕМЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ С УЧЕТОМ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦИКЛА. ПРОБЛЕМЫ И АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ**

*Предложен пошаговый алгоритм принятия решения по консервации нефтяных залежей. Приведены примеры реализации консервации залежей по ряду нефтяных месторождений России. Рассчитаны на учебных активах прогнозные данные по добыче жидкости и нефти до остановки залежей и после ввода всех залежей в эксплуатацию. Выполнен оценочный расчет прироста пластового давления по остановленным залежам. Предложено в проектах до разработки месторождений предусмотреть реабилитационные циклы. Особенно по высоко обводненным залежам с выработанными активными запасами для стабилизации флюидо-динамического равновесия пластовой системы. Сделана экономическая оценка.*

*Ключевые слова: консервация залежей, реабилитационный цикл, алгоритм, прогноз.*

**S.V. Kozlov**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

## **ON TEMPORARY CONSERVATION OF OIL AND GAS DEPOSITS IN DEVELOPED FIELDS, TAKING INTO ACCOUNT THE REHABILITATION CYCLE. PROBLEMS AND SOLUTION ALGORITHM**

*A step-by-step algorithm for making a decision on conservation of oil deposits is proposed. Examples of the implementation of conservation of deposits in a number of oil fields in Russia are given. Forecast data on liquid and oil production before stopping deposits and after putting all deposits into operation were calculated using training assets. An estimated calculation of the increase in reservoir pressure for the stopped deposits has been carried out. It was proposed to provide for rehabilitation cycles in projects prior to field development. Especially for highly watered deposits with depleted active reserves to stabilize the fluid-dynamic equilibrium of the reservoir system. An economic assessment is made.*

*Key words: conservation of deposits, rehabilitation cycle, algorithm, forecast.*

### **Введение**

В настоящее время, в нефтяных компаниях исходя из мировой энергетической потребности в углеводородах возникают ситуации, требующие директивного снижения или увеличения добычи нефти по разрабатываемым месторождениям. То, что вследствие принимаемых решений возникают разного рода издержки, это понятно. Далее, выдержки из публикации [1] «...Россия взяла на себя обязательства сократить добычу на 2,8 млн баррелей в день или на 25% в годовом выражении.

Но как сокращать добычу на самом деле, (страны ОПЕК+) абсолютно не представляют. И их можно понять, так как масштабное сокращение добычи нефти в наших условиях – чрезвычайно тяжелое и неизведанное дело, которое никто раньше не пробовал и которое неизвестно чем может обернуться. Как в режиме проразверстки распределять директивные квоты на снижение добычи, не учитывая при этом реальную ситуацию. Какие показатели дадут обводненные месторождения после попытки вернуть скважины в работу – никто не знает...» Вот такие вопросы поставил автор публикации Милов В. – политик, экономист. Вопросы не праздные.

**Цель** данной работы – показать, как возникающие объективно или субъективно при этом минусы из-за сокращения добычи продукции, в последующий период возврата к эксплуатации скважин, превратить в гарантированные плюсы.

Примеров временной остановки скважин по различным причинам у нас в разы больше, чем пробурено скважин различных категорий. И ее внедрение на практике с большим временным лагом (месяцы), по мнению специалистов, особенно по обводненным месторождениям, где сегодня добывается большая часть нефти России, чревато непредсказуемыми последствиями. Примеров же консервации залежей (месторождений) на большие временные сроки (годы) в промышленной практике совсем не так много. Так в работе [2] авторы указывают, что опыт повторного ввода в эксплуатацию ранее выведенных из разработки (на полгода и более) участков месторождений Республики Татарстан и других регионов России, в результате реформирования залежи происходит значительное (на 10-15 % и более) снижение обводненности и увеличение добычи нефти. Повторная разработка таких участков становится рентабельной. Авторы работы [3] также отмечают, что после массовой остановки скважин наблюдалось заметное повышение пластового давления, т.е. происходило накопление упругого запаса пластовой системы. Все это привело к положительной динамике добычи нефти и снижению обводненности на завершающем этапе разработки основного объекта Арланского месторождения. Временные остановки скважин (до трех месяцев) в пределах газовых промыслов на Ямбургском месторождении позволили стабилизировать флюидодинамическую систему залежей, восстановить пластовое давление и за счет этого увеличить добычу газа. Авторы вводят понятие о реабилитационной практике (остановке) месторождений, находящихся на заключительной стадии разработки [4].

Так автор [5], охарактеризовал консервацию истощенных залежей для восстановления пластового давления и трещинной проницаемости, как необходимое дополнение к технологии разрабатываемых нефтяных залежей на естественном режиме. Суть дополнений. На Северокамском месторождении нефти, расположенном в Пермском крае, разрабатываемые залежи были законсервированы на 2 года при текущем пластовом давлении 0,5-1,0 МПа. В период консервации в залежи производилась закачка воды при переменном давлении, исключающем гидроразрыв пластов. За этот период пластовое давление восстановилось практически до первоначального 9,5 МПа. В



результате проведенных мероприятий добыча нефти увеличилась в несколько раз и достигла максимального первоначального уровня. При этом, по отношению к запасам нефти, охваченным дренированием, конечный КИН увеличился в разы. Выполненные экономические расчеты (начало 80-х годов прошлого столетия), показали, что фактическая себестоимость добычи одной тонны нефти снизилась в 6 раз.

Приведенные примеры консервации залежей в работах [2, 3, 4] скорее характеризуют пассивные технологии разработки. Подход и принцип, реализованный на Северокамском месторождении, способствовал уходу от эволюционного совершенствования технологии разработки с выходом на решение, кардинально, революционно изменяющего суть стандартной технологии с выходом на активные технологии.

*Резюмируя вышесказанное, можно сформулировать основной принцип консервации залежей. Останавливать на месяцы - год (и более) - надо залежь или залежи в пределах месторождения(й), через остановку всех добывающих и нагнетательных скважин. Это, как было сказано выше – пассивные технологии. Сценарий разработки нефтяных залежей, реализованный на Северокамском месторождении с остановкой добывающих скважин и вводом нагнетательных скважин, безусловно, заслуживает внимания и реализации на других месторождениях - как активная технология. На практике же чаще реализуется подход остановки (консервации) ряда скважин на месторождении с различным геологическим адресом залежей, что, по сути, является только директивным технологическим решением.*

**Ниже предложен пошаговый алгоритм принятия решения по консервации залежей.**

**1 шаг.** Ранжируем разрабатываемые залежи по текущему параметру: отношение обводненности % к отбору от НИЗ %. О важности данного шага с экономической точки зрения замечания будут сделаны ниже.

**2 шаг.** Далее ранжируем разрабатываемые залежи по коэффициенту пьезопроводности. Чтобы подчеркнуть важность данного интегрального параметра, создатель теории упругого режима фильтрации В.Н. Щелкачев, назвал уравнение для давления уравнением пьезопроводности, а коэффициент  $\acute{a}$  - коэффициентом пьезопроводности. Данный параметр характеризует скорость перераспределения давления в упругом пласте в связи с изменением пористости и проницаемости. Для нефтяных пластов значения коэффициента пьезопроводности составляют 0,1-5,0 м<sup>2</sup>/с, характерные значения лежат в интервале 0,1-1,0 м<sup>2</sup>/с. Расчеты, представленные в работе [6] с учетом характерных значений показывают, что за 1 с волна давления уйдет на 0,3-1 м, за 1 ч на 18-60 м, за 1 сут - на 100-300 м, за 1 год - на 2-6 км. Иначе говоря, каждый элемент пористой среды, каждый пласт (залежь) имеет свое характерное время (t) распространения волны давления  $t \sim R^2/\acute{a}$  (1), где R – эквивалентный радиус в пределах внешнего контура площади нефтегазоносности. С ростом площади нефтегазоносности (S) характерное

время возрастает пропорционально квадрату эквивалентного радиуса этой залежи. Между эквивалентным радиусом и площадью нефтеносности существует простая связь:  $S = \pi R^2$ . На рис. 1 приведен график зависимости распространения волны давления до законтурной области нефтеносности залежи при различных значениях коэффициента пьезопроводности. Время перераспределения давления тем больше, чем больше размеры залежи, чем дальше находится область питания, чем меньше величина коэффициента пьезопроводности.

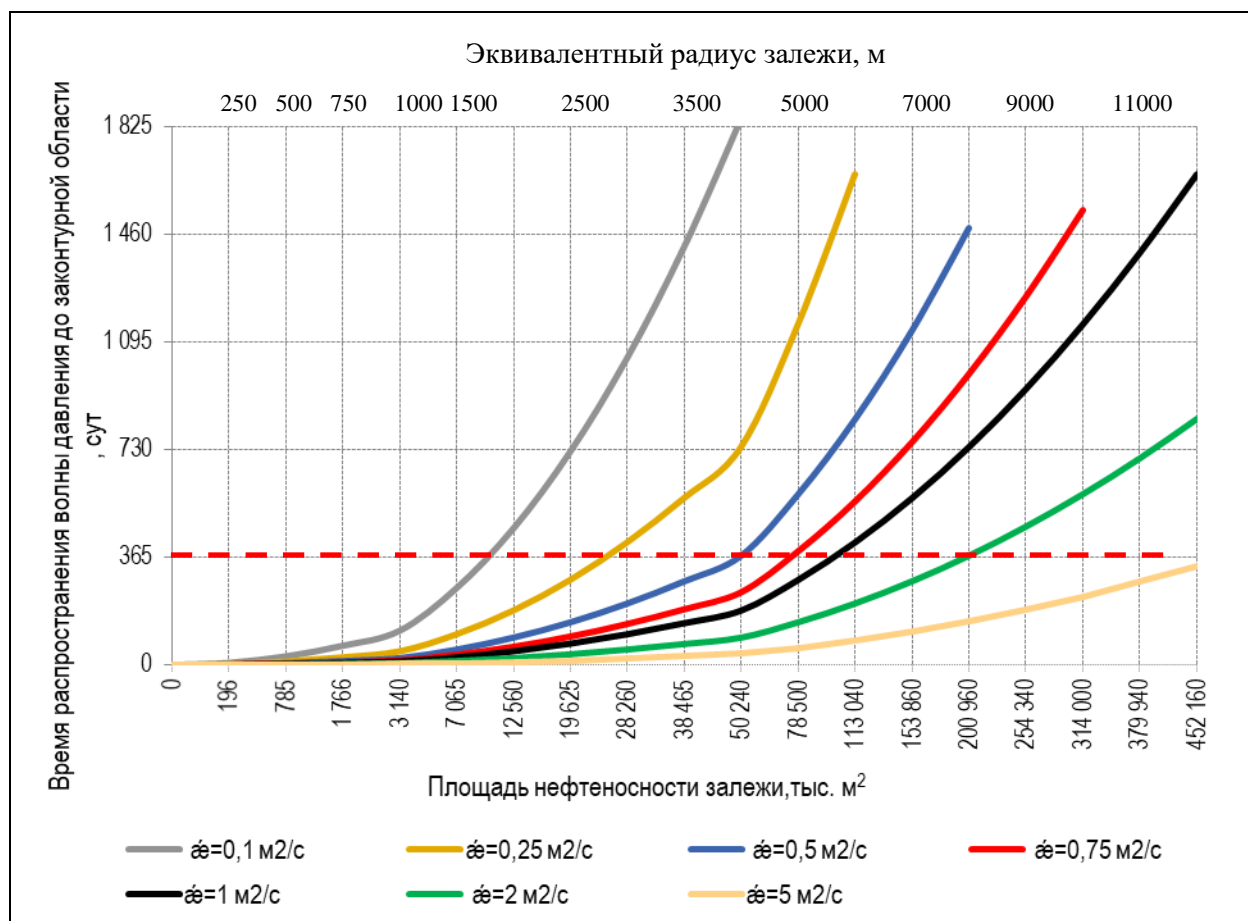


Рис. 1. График зависимости распространения волны давления до законтурной области питания от площади нефтеносности при различных значениях коэффициента пьезопроводности

Нестационарные процессы, захватывающие большие пластовые системы, имеют характерные времена, измеряемые годами. Ввиду того, что пластовые системы не являются закрытыми и остановка отбора флюида всегда должна сопровождаться повышением пластового давления, или накоплением упругого запаса пластовой системы с перераспределением флюидов в трещинно-кавернозно-поровом пространстве коллектора, вектор, который направлен к первоначальному энергетическому состоянию залежи. Такие обратные процессы, основанные на сопоставлении данных наблюдений с теоретическими зависимостями, очень важны, поскольку позволяют заглянуть внутрь

подземного резервуара сравнительно доступными средствами и предсказать на качественном и количественном уровне эти изменения. Неважно знать, через какое время произойдет накопление пластовой энергии и перераспределение флюидов в залежи, но доподлинно известно, что период восстановления указанных параметров в залежах с большим коэффициентом пьезопроводности, произойдет быстрее, чем в залежах с меньшим коэффициентом при прочих равных условиях.

**3 шаг.** Расшифруем прочие равные условия. Это в т. ч. и ранжирование месторождений по величине запасов. В России с 2013 года для ранжирования нефтяных и газовых месторождений введена следующая классификация по величине извлекаемых запасов (табл.1). Дополним данную таблицу классом залежи с учетом того, что здесь уже представлены начальные геологические запасы с теми же количественными значениями. Предложенное приведение необходимо с учетом выражения  $t \sim R^2/\alpha$ , так как запасы углеводородов в т.ч. пропорциональны площади нефтегазоносности. Таким образом, в шаге 2 (по коэффициенту пьезопроводности) необходимо ранжировать залежи одного класса.

Таблица 1

Ранжирование нефтяных и газовых месторождений по коэффициенту пьезопроводности с учетом геологических запасов и класса залежи

Нефть, млн. т	Газ, млрд. м <sup>3</sup>	Категория	Эквивалентный радиус залежи, м	Класс залежи (НГЗ)
> 300	> 300	Уникальные	~ >13000	1
30 – 300	30 – 300	Крупные	~ 4000 – 13000	2
5 – 30	5 – 30	Средние	~ 1500 – 4000	3
1 – 5	1 – 5	Мелкие	~ 750 – 1500	4
< 1	< 1	Очень мелкие	~ < 750	5

**Дополнительные критерии при принятии решения по консервации залежей при прочих равных условиях**

А) Это в первую очередь процентное количество работающих скважин с текущим пластовым давлением ниже давления насыщения от общего количества работающих скважин на залежи.

В) При принятии решения на уровне залежи необходимо учитывать также отношение текущего средневзвешенного пластового давления к начальному пластовому давлению с возможностью реализации активной технологии по организации системы ППД (пример Северокамского месторождения).

С) Технологические показатели в проектных документах рассчитываются до конца периода разработки с учетом следующих ограничений по выбытию скважин из эксплуатации:

*Добывающие нефтяные скважины:*

- Обводненность – не менее 98%
- Дебит по нефти – не более 0,5 т/сут
- Газовый фактор – свыше 2 500 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

*Добывающие газовые и газоконденсатные скважины:*

- При достижении обоснованного технико-экономическими расчетами предельного давления на устье скважин. Речь идет о минимальном давлении на устье скважины, обеспечивающего транспорт газа до потребителя.

Логично, что при прочих равных условиях останавливать надо залежи, где больше работающих скважин с текущим пластовым давлением ниже давления насыщения (пункт А), а также скважин, работающих вблизи количественных ограничений по выбытию скважин из эксплуатации (пункт С).

Покажем это на примере. «Малому недропользователю» поступило указание ограничить суточную добычу нефти на 60-61% (205-210 т/сут) в течение года. В таблице 2 приведены активы компании с характеристикой геолого-промысловых и технологических показателей в разрезе залежей. Выполнив пошаговые процедуры по вышеприведенному алгоритму с учетом дополнительных критериев недропользователь принимает решение об остановке следующих залежей: 1.1.2; 2.1.1 и 3.1.1, поскольку прогнозируемое время восстановления пластовой системы с учетом коэффициента пьезопроводности по данным залежам самое быстрое.

В таблице 3 приведены сводные прогнозные данные по суточной добыче жидкости и нефти с учетом того, что добыча нефти по остановленным и вновь введенным залежам в работу возрастает на 15%, а по залежам не остановленным, показатели остались без изменений. Добыча жидкости уменьшилась на 10% по тому же принципу. Просчитан и прогнозируемый технологический эффект, который равен по нефти +31,2 м<sup>3</sup>/сут, по жидкости - 198,6 м<sup>3</sup>/сут.

Так, автор работы [7] анализируя нижеприведенное выражение (2) указывает, что при больших  $t$  перепад давления  $R_{нач.} - R_{тек.}$  возрастает медленно, и можно приближенно принимать его установившимся. Если в момент времени  $t_0$  прекратить отбор жидкости из скважины, то давление в скважине начнет повышаться, т. е. «восстанавливаться». Прекращение отбора жидкости из скважины равносильно закачке в скважину жидкости с дебитом  $q$  при непрекращающемся отборе жидкости с тем же дебитом. Превышение давления в скважине ( $\Delta P$ ) над прежним уровнем давления также можно приближенно оценить формулой 2.

$$\Delta P = (q * \mu / 4 * \pi * k * h) * \ln (2,25 * \alpha * \tau / r_c) \quad (2)$$

где  $\tau = t - t_0$ ;  $q$  - дебит жидкости;  $\mu$  - вязкость жидкости;  $k$  - проницаемость;  $\alpha$  - коэффициент пьезопроводности;  $h$  - эффективная толщина пласта;  $r_c$  - радиус скважины;

Таблица 2

Геолого-промысловая и технологическая характеристика активов компании

Месторождение	Площадь (купол)	Залежь (экспл. объект)	Отбор нефти от НИЗ, %	Текущая обводненность, %	Отношение обводненности % к отбору от НИЗ %	Действ. добывающий фонд, скв	Действ. нагнетательный фонд, скв	Суточная добыча жидкости, м <sup>3</sup> /сут	Суточная добыча нефти, м <sup>3</sup> /сут	Пьезопроводность, м <sup>2</sup> /с	Класс залежи
1	1. 1	1. 1. 1	20	15	0,75	7	2	65,9	56,0	0,8	4
		1. 1. 2	40	68	1,70	4	1	137,5	44,0	1,9	4
		1. 1. 3	80	94	1,18	1	0	81,7	4,9	0,6	4
2	2. 1	2. 1. 1	35	87	2,49	12	3	646,2	84,0	3,1	4
	2. 2	2. 2. 1	14	22	1,57	3	1	19,2	15,0	0,9	4
3	3. 1	3. 1. 1	25	44	1,76	20	4	142,9	80,0	2,6	4
		3. 1. 2	20	21	1,05	3	1	45,6	36,0	4,1	4
4	4. 1	4. 1. 1	27	41	1,52	11	2	37,3	22,0	3,8	4
<b>Итого по месторождениям</b>						<b>61</b>	<b>14</b>	<b>1176,1</b>	<b>341,9</b>		

<b>Остановить добычу по залежам</b>		<b>36</b>	<b>8</b>	<b>926,5</b>	<b>208</b>
<b>Продолжить добычу по залежам</b>		<b>25</b>	<b>6</b>	<b>249,6</b>	<b>133,9</b>

Таблица 3

Сводные прогнозные данные по добыче жидкости и нефти до остановки залежей и после ввода всех залежей в эксплуатацию

Показатели	Суточная добыча жидкости, м <sup>3</sup> /сут	Суточная добыча нефти, м <sup>3</sup> /сут
Суточная добыча по месторождениям до остановки залежей	1176,1	341,9
Суточная добыча по месторождениям после остановки и ввода всех залежей в разработку	977,5	373,1
Технологический эффект	-198,6	+31,2

В таблицу 4 сведена информация по залежам, которые предлагается остановить в рамках предложенного алгоритма. Рассчитан прогнозный прирост пластового давления по остановленным залежам через один год по формуле (2), с учетом допущения фиктивной скважины, расположенной в центре залежи с дебитом равным суточному отбору жидкости по залежи. Дополнительно приведена оценка прироста давления по этим же залежам через пять лет. Видно, что основной прирост давления по залежи класса 4 происходит в первый год. В последующий период времени прогнозируется незначительный прирост давления. В случае реализации консервации реальных залежей необходимо в обязательном порядке предусмотреть по опорной сети скважин проведение мониторинга пластового давления.

Таблица 4

Прогнозный прирост пластового давления по остановленным залежам

Залежь (экспл. объект)	Суточная добыча жидкости, м <sup>3</sup> /сут	Вязкость нефти в пласт. усл., Па*с*10 <sup>-3</sup>	Проницаемость, м <sup>2</sup> *10 <sup>-12</sup>	Пьезопродность, м <sup>2</sup> /с	Нэф. вскр., м	Радиус скважины r <sub>c</sub> , м	Класс залежи	Прирост давления в залежи через 1 год, МПа	Прирост давления в залежи через 5 лет, МПа
1. 1. 2	137,5	0,5	0,056	1,9	8,0	0,1	4	3,3	3,5
2. 1. 1	646,2	0,5	0,09	3,1	8,0	0,1	4	9,8	10,4
3. 1. 1	142,9	0,5	0,075	2,6	8,0	0,1	4	2,6	2,8

**Экономическая сторона вопроса.** Так упущенная выгода от остановки части актива оценивается в 76 тыс. т/год по нефти с учетом большой квоты на сокращение (~ 61%), но расчетный прогнозный эффект носит форс-мажорные обстоятельства, который вызван необходимостью снижения добычи в рамках межгосударственных договоренностей, в данном случае с ОПЕК+. В нормативных документах и инструкциях России, регламентирующих разработку месторождений УВ о необходимости выделения реабилитационных циклов залежей, находящихся в различных стадиях разработки месторождений, конечно, нет. Т.е. встают вопросы методологического характера. Предлагается предусмотреть реабилитационные циклы в проектах до разработки месторождений. Особенно по высоко обводненным залежам с выработанными активными запасами для стабилизации флюидо-динамического равновесия пластовой системы. Далее о плюсах. Так затраты на электроэнергию и добычу 1 т жидкости, связанную с ее подъемом, транспортировкой и закачкой в пласт воды, приближаются сегодня по различным компаниям к 100 руб/т. Сокращение добычи жидкости (технологический эффект в нашем случае равен ~72 тыс. т/год) позволит сэкономить ~ 7 млн. руб. в год.

Предложенный алгоритм не требует создания специальной базы данных. Вся необходимая информация в цифровом виде по месторождениям уже имеется, и ее апробация на реальных объектах не потребует дополнительных

вложений. Безусловно, окончательное принятие решения об остановке и консервации части активов должно приниматься на основе комплексной оценки всей технологической цепочки добычи нефти, включая систему поддержания пластового давления, сбор и подготовки нефти до товарных кондиций, и ее сдача потребителям. Представляется, что гидродинамические факторы пластовой системы в предложенном алгоритме являются приоритетными при принятии решения «консервации» залежей. Технологические же факторы (по которым тоже возникает много вопросов и возможных минусов, в данной работе не рассматриваются) выступают как ограничивающие окончательное решение.

### ***Библиографический список***

- 1. Милов В., Новая газета. Квота на вылет, №45. 2020.*
- 2. Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н. Моделирование разработки нефтяных месторождений с учетом их переформирования на поздней стадии и подпитки глубинными углеводородами // Нефтяное хозяйство. 2019. № 3.*
- 3. Лозин Е.В., Аржиловский А.В., Червякова А.Н., и др. О гидродинамических последствиях массовой остановки скважин в 90-х годах XX века // Нефтяное хозяйство. 2018. № 6.*
- 4. Попов И.П., Томилов А.А., Казанцев Г.В. Инновационные технологии разработки нефтяных и газовых месторождений. Нефтепромысловое дело, № 7, 2015.*
- 5. Викторин В.Д. Влияние особенностей карбонатных коллекторов на эффективность разработки нефтяных залежей. М.: Недра, 1988.*
- 6. Ентов В.М. Теория фильтрации. Государственная академия нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, 1998.*
- 7. Желтов Ю.П. Механика нефтегазового пласта. М.: Недра, 1975.*

**В.Н. Комлев**

г. Апатиты, Россия, [komleva\\_ap@mail.ru](mailto:komleva_ap@mail.ru)

## **ЕНИСЕЙСКИЙ ПРОЕКТ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ: НЕДОСТАТКИ ЯВНЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА НЕИЗВЕСТНЫ (СБОРНАЯ РЕЦЕНЗИЯ НА ЧЕТЫРЕ СТАТЬИ ПО ТЕМЕ)**

*Приведен фрагмент дискуссии по проблеме захоронения радиоактивных отходов в России. В частности, высокоактивных и долгоживущих отходов на берегу Енисея (участок «Енисейский»). Выявлены тенденции применения новых видов исследования буровых скважин на новом этапе работ. Показано начало реалистичной, адекватной задаче захоронения, трактовки предыдущих работ поисковой и оценочной стадий геологами - исполнителями научной части проекта. Отмечены новые недостатки геологического изучения площадки будущего захоронения. Высказано предположение о продолжении попыток подмены научным руководителем необходимых, системных, профессиональных этапов выборочными и вряд ли аттестованными исследованиями старых скважин. На примере США и Германии обращено внимание на потенцию и факт перевода зарубежных национальных программ решения проблемы захоронения РАО из-за допущенных принципиальных ошибок в состоянии формирования основ. Обозначена возможность возвращения и России к нулевому уровню и перезапуску работ с самого начала – с выбора площадки. Практическая ценность результатов критического анализа рассмотренных статей состоит в содействии безупречному обоснованию перспектив массива пород для выполнения комплекса особой важности задач на промышленной территории Горно-химического комбината и глубинного захоронения РАО здесь.*

*Ключевые слова: радиоактивные отходы, геология, научные исследования, планирование безопасности, комплексный национальный проект, формирование образа, международный опыт.*

**V.N. Komlev**

Apatity, Russia

## **YENISEI RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL PROJECT: DISADVANTAGES EXPRESSED, ADVANTAGES UNKNOWN (COMBINED REVIEW OF FOUR ARTICLES ON THE TOPIC)**

*An excerpt from a discussion on the problem of radioactive waste disposal in Russia is presented. In particular, high-level and long-lived waste on the banks of the Yenisei (Yeniseisky site). The tendencies of application of new types of borehole survey at a new stage of work are revealed. One can see the beginning of a realistic, adequate to the task of disposal, interpretation of the previous work of the prospecting and evaluation stages by geologists - the executors of the scientific part of the project. New shortcomings of the geological study of the future disposal site are noted. An assumption is made about the continuation of attempts by the scientific supervisor to replace the necessary, systemic, professional stages with selective and hardly certified studies of old boreholes. On the example of the United States and Germany, attention is drawn to the potential and fact of transferring foreign national programs for solving the problem of radioactive waste disposal due to fundamental mistakes made into the state of formation of the foundations. The possibility of returning Russia to the zero level and restarting work from the very beginning, from the selection of the site, is indicated. The practical value of the results of the critical analysis of the considered articles is to facilitate the impeccable substantiation of the prospects for the rock mass for the implementation of a complex of special importance tasks on the industrial territory of the Mining and Chemical Combine and deep burial of radioactive waste here.*

*Key words: radioactive waste, geology, scientific research, safety planning, complex national project, image formation, international experience.*



## Введение

Непосредственным поводом для написания настоящей статьи — сборной рецензии или полурецензии (см. Википедия. Рецензия: история понятия, типология) явилась необходимость критического анализа открытых публикаций 2021 года [1-4], посвященных новому этапу геологического изучения участка «Енисейский» для обоснования национального пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО). Уточнены также возникшие ранее базовые причины и обстоятельства, обусловившие выполнение новых работ. Новые исследования спланированы и реализуются сотрудниками ИБРАЭ РАН (ФГБУН «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» РАН) – научного руководителя Енисейского проекта.

## Результаты исследования рефлексии темы авторами рецензируемых статей и рецензентом

### I. И.И. Линге и Д.А. Озерский, ИБРАЭ РАН [1].

Констатация фактов авторами (особо примечательное выделено мной, - В.К.).

ИБРАЭ РАН открывает филиал в Железногорске и сообщает *«о начале практических исследовательских работ на участке «Енисейский» ... в рамках реализации крупной многолетней научной программы, осуществляемой в интересах создаваемой лаборатории Национального оператора по обращению с радиоактивными отходами - РАО (ФГУП «НО РАО») и с целью решения задач обеспечения долгосрочной радиационной безопасности объектов Горно-химического комбината (ФГУП «ГХК»)»*.

Представлены данные, полученные с применением новой пакерной технологии на скважине Р-8 в течение полевого сезона 2021 года. Отмечено, что *первичные результаты полевых работ чрезвычайно позитивны в контексте подтверждения необходимых характеристик массива*.

### II. А.Ю. Озерский, Е.Г. Полякова, АО «Красноярскгеология» [2].

Констатация фактов авторами.

Стр. 443-444. *Участок «Енисейский» не принадлежит к геологической структуре Нижнеканского гранитоидного массива, но определение «участок Енисейский Нижне-Канского массива» продолжает использоваться в Росатоме по привычке*.

В 2003-2007 годах (лицензия на геологическое изучение от 2006 г.) на участке «Енисейский» *была пробурена всего одна скважина 1-Е*, достигшая глубины целевого интервала. В этот же период был выявлен наиболее перспективный блок размерами 2 на 2,5 км, который отвечал требованиям НП-055-04.

Стр. 444. Граница первоначальной лицензионной площади участка «Енисейский» (12), площадь поисково-оценочных работ 2009-2011 годов и

инженерных изысканий 2013-2014 годов (13), лицензионная площадь ПГЗРО (14) показаны на рис 1.

Стр.445. **Обширный перечень существенных недостатков геологических работ 2003-2007 годов и их экспертизы** (В.К. - период назначения участка «Енисейский» приоритетным!).

Стр. 445. **Систематическое изучение лишь части участка «Енисейский» площадью около 6 кв. км было начато в 2009 г.** С 2014 г. по настоящее время геологоразведочных работ на участке не проводилось.

Стр. 445-446. **Целенаправленно бурением изучали даже не участок (лицензионная площадь около 64 кв. км) и, тем более, не сопряженные с ним породы, а лишь непосредственно площадку будущего строительства. При этом собственно геологическое изучение (формально поиск и оценка): 2009-2011 годы.** Инженерные изыскания (это уже отдельная стадия проектных работ): 2013-2014 годы.

Стр. 446. Вопреки настойчивым рекомендациям ГКЗ (Федеральное государственное учреждение «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых», ФГУ «ГКЗ»), **стадия геологической разведки участка «Енисейский» не была выполнена, направления возможной миграции подземных вод остались неисследованными.**

Стр. 446-447. В 2016 году ФГУП «НО РАО» получило лицензию на захоронение РАО на участке «Енисейский» (площадка 1,75 кв. км), **при этом отказавшись от лицензии на геологическое изучение.**

Стр. 447. В 2020 году ИБРАЭ заключил договор с АО «Красноярскгеология» на составление проекта геологоразведочных работ (наземные работы + подземная исследовательская лаборатория, ПИЛ) **на лицензионной площадке 1,75 кв. км.** По факту – это уже эксплуатационная разведка, не предусмотренная этапами геологического изучения территории до проектирования и строительства объектов. **Стадия разведки при геологическом изучении всего участка «Енисейский» и путей питания/разгрузки его подземных вод по-прежнему проигнорирована. В такой ситуации положительное решение ГКЗ вряд ли будет получено.** Кроме того, недропользователь не выполняет условия (мониторинг геологической среды) действующей лицензии по использованию лицензионной площадки, хотя строительные работы уже начались.

### **Ш. А.Ю. Озерский, АО «Красноярскгеология» [3].**

Констатация фактов автором.

Стр. 90-91 и список литературы. Не указан Закон о недрах как регламентирующий документ. Статья 12 (п. 2) Закона об обращении с радиоактивными отходами цитируется с принципиальными искажениями: **цитата оборвана там, где предписан переход к Закону о недрах.**

Стр. 91. **Автор не рекомендует размещать ПГЗРО на границе литосферных плит и на границах крупных геологических регионов.**

Стр. 92. *Автор считает необходимым преодолеть произвольное толкование терминов, от которых зависит безопасность промышленных объектов и населения страны.*

Стр. 91-92 (табл.1 и пояснения). По мнению автора, *есть формальные основания не рассматривать участок «Енисейский» при проведении государственной геологической экспертизы.*

Стр. 93. Автор справедливо считает, что при больших глубинах создания ПГЗРО в подстилающей толще неизбежно будут формироваться большие напоры на подошву подземной выработки. Поэтому *нормировать и изучать нужно породы и выше, и ниже ПГЗРО.*

Стр. 93. *Автор справедливо считает нерешенными вопросы классификации пород глубинного захоронения РАО по фактору водопроницаемости и ошибочность, скорей всего, применения для этих целей в условиях участка «Енисейский» строительной классификации на основе ГОСТ 25100-2011, благодаря которому результаты получили положительное заключение Роснедр.*

Стр. 94. Автор справедливо использует горно-геологические аналогии для обоснования необходимости изучения геологической среды в гидрогеологическом отношении, прежде всего, вне участка горных выработок в недрах, в пределах вероятной миграции радионуклидов.

Стр. 95. Высказаны мысль о необходимости совершенствования нормативных документов и вывод: *«Можно ли говорить о том, что решение, принятое на основе несовершенных документов, обеспечит безопасность ПГЗРО в будущем? По-видимому, нет.* На данном этапе можно говорить лишь о формальном соответствии изученного участка недр требованиям государственных органов».

#### **IV. Д.А. Озерский и др., ИБРАЭ РАН [4].**

Констатация фактов авторами (вольный перевод с высоконаучного многословия).

Фактических данных о свойствах массива в дальней зоне возможного влияния ПГЗРО, назначенной по орографическим признакам (рельеф земной поверхности), *нет.* Возможность масштабной экстраполяции геологических данных и доказательства непроницаемости пород *отсутствуют.* Сформировать выводы о процессах миграции радионуклидов в недрах *нельзя.* Нужно моделировать ситуацию на основе переноса *данных с площадки ПГЗРО, которых, в свою очередь, недостаточно.* Поскольку в дальней зоне нет даже реперных скважин для проверки модели, *моделирование, особенно по глубине до 400, 500 и более метров, ненадежно.* Для получения достаточного объема необходимых исходных данных разрабатываются некие программы доизучения недр в ближней и дальней зонах ПГЗРО.

**V. Дополнительная к авторской рассмотренных статей информация, комментарии, предложения и вопросы по теме.**

1. Специалисты АО «Красноярскгеология» [2, 3] отметили ряд серьезных недостатков работы в связи с выбором и изучением площадки захоронения РАО 1 и 2 классов опасности в регионе. Работа с такими недостатками, к сожалению, продолжается по привычке. Этим привычкам вряд ли должно быть место в дальнейшем при геологическом обосновании единственного и неповторимого национального ПГЗРО.

2. На основании каких документов и лицензий выполняют геологическое изучение особой важности участка «Енисейский» специалисты ИБРАЭ? Кем аттестованы к применению их методики, аппаратура и оборудование? Какая организация будет нести ответственность за результаты изучения, если они будут представлены на государственную геологическую экспертизу (ФГУП «НО РАО» - недропользователь, АО «Красноярскгеология» - строительство и подготовка скважин или ИБРАЭ – выполнение геофизических и гидрогеологических работ)? Если лицензии на геологическое изучение недр участка «Енисейский» нет, то работы ИБРАЭ на участке в 2021 г. и публичное представление непроверенной информации о их результатах при помощи СМИ вряд ли правомерны. Как сомнительным, скорей всего, было афиширование в 2009 г. на международном уровне после бурения одной скважины 1-Е перспектив участка «Енисейский».

3. Обеспечение долгосрочной радиационной безопасности стратегических объектов Горно-химического комбината (в частности, объектов хранения и переработки ОЯТ, фабрикация нового топлива, а также, добавлю, объектов АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» и АО «Красмаш» - Роскосмос) – важная новая мотивация геологических исследований ИБРАЭ на участке «Енисейский». А настрой статей [2,3] сотрудников АО «Красноярскгеология» порождает робкую надежду на то, что в будущем геологи региона и России, а также распорядитель недр добудут в полном объеме необходимые знания о массиве участка для оценки безопасности всех этих объектов и национального ПГЗРО.

4. Гнейсы не входят в перечень пригодных для захоронения РАО геологических структур согласно Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых (ГКЗ, приняты 03.04.2007). Поэтому распорядитель недр, видимо, не имел формального права принимать в 2016 г. материалы заявки на лицензию относительно захоронения РАО на участке «Енисейский» и должен был с учетом уже готовившихся рекомендаций внимательно рассматривать в 2006 г. материалы заявки на лицензию геологического изучения участка «Енисейский».

5. Первоначальная лицензионная территория участка «Енисейский» в 2006 г. введена специалистами ГХК, когда ФГУП «НО РАО» и ИБРАЭ РАН не было среди участников работ [2, рис. 1]. Наверное, границы участка были установлены со знанием дела в контексте безопасности существующих подземных и наземных ядерных объектов. Со временем началось произвольное толкование терминов, был трансформирован/искажен смысл участка «Енисейский» (как и геологического массива для размещения ПГЗРО, его

свойств, а также статуса самого ПГЗРО). Выбрали лучшую по представлениям исполнителей часть участка (десятую по площади) – оценили (не разведали) бурением. По остальной (худшей части участка «Енисейский»), похоже, не бурили и не собираются бурить. Согласно подготовленному проекту эксплуатационной разведки (это стадия уже проектирования ПГЗРО, а не геологического изучения участка), площадь дополнительных работ – 1,75 кв. км. Тем не менее, интерпретаторы ситуации постоянно сообщают обществу, включая и принимающих решения лиц, о начале работ на участке в 1992 г, изученности и пригодных свойствах всего участка. Хотя следует, видимо говорить, что не менее 9/10 недр участка «Енисейский» не только не разведаны, но и не изучены бурением на поисковой и оценочной стадиях. Начало на площади 6 кв. км (!) *поисковых* работ в 2009 г. и окончание *оценочных* работ в 2011 г. не впечатляют с учетом статуса промышленной территории ГХК, потребностей проблемы федерального (!?) ПГЗРО и традиций геологического изучения – такая торопливость не радует!

В прошлом целенаправленное и преждевременное сведение изучаемой площади до 1,75 кв. км ныне обернулось преградами для законного ведения геологической разведки/геологического изучения в государственных целях вне строительной площадки национального ПГЗРО?

6. Насколько обосновано активное математическое моделирование гидрогеологических процессов в недрах участка «Енисейский», если 9/10 недр участка не имеют никакого отображения с помощью фактических натуральных данных? Результаты моделирования нельзя проверить.

7. Промышленная территория ГХК и ее недра являются природно-техногенным единым многофункциональным комплексом. Появилась необходимость детально изучить свойства, структуру и гидрогеологию массива пород – базы этого комплекса. Изучение массива на самостоятельном этапе опережающей проектирование и строительство ПГЗРО геологической разведки с помощью буровых скважин может обеспечить требуемые знания и не изменит значимо его состояния. Изучение массива с помощью ПИЛ само по себе для получения знаний о исходном состоянии основной (9/10) части массива *бесполезно*. Но строительство и эксплуатация новых горных выработок, даже в формате ПИЛ, приведет к техногенному воздействию на общую базу комплекса. При неизвестном исходном состоянии массива, перенесшем уже масштабные горные работы при создании ГХК, предсказать заранее меру, обратимость/необратимость и конечный результат этого воздействия невозможно.

8. Состояние скважин старого фонда по материалам ФГУП «НО РАО» (технические задания в закупках услуг по ревизии, ликвидации, ремонту или консервации скважин), отображающее качество массива, оценено по уровню 2019 г. как в целом неудовлетворительное [5, с. 30; 6, с. 32]. Неудовлетворительное состояние этих скважин учтено специалистами ИБРАЭ в 2020 г. при планировании работ [7]. Другая группа ИБРАЭ при видеообследовании скважин столкнулась с той же проблемой на практике. Так, в статье [8] приведены, в основном, материалы по интервалам скважин

глубиной до 200 м. Обследованные интервалы скважины 1-Е (первая и единственная на то время скважина, на основании которой даже в Швеции поспешили доложить о приоритетности участка «Енисейский») сильно нарушены, встречаются трещины с апертурой раскрытия, превышающей 1 см. Показана трещиноватость верхних интервалов и в других скважинах. Реально подтвержденные нарушенные зоны на уровне 200 м – тревожный факт сам по себе. Ведь это условный уровень размещения подземного комплекса ГХК. А если они есть на верхних горизонтах, то весьма вероятна их связь с нижними. Тем более, если на нижних горизонтах появятся выработки ПГЗРО. Связь, например, по разломам, которые на участке «Енисейский» имеются.

9. Отдельно дополнение для обсуждения результатов [1] по скважине Р-8: 131 м – значительные нарушения сплошности, 179 м – завал скважины, требуется чистка скважины буровым инструментом [8, с. 82]. Хотя по данным [9, табл. 1 и 2] Р-8 не относится к худшим скважинам с явными зонами трещиноватости и водопритоков. Возможно, проходимость ее ствола и восстановили к 2021 г. Может быть, какими-то из этих факторов объясняется «чрезвычайно позитивная» информация в сообщении [1]? Надо разбираться с «позитивными перспективами». И не только на примере одной, подобранной из не самых худших для эксперимента 2021 г., скважины.

10. Ближние и дальние зоны. Эти филологические построения, допустимые в вопросах чистой теории, в ситуации конкретных границ лицензионной территории от 2006 г., невыполнения с 2012 г. рекомендаций ГКЗ по разведке и наличия уже весомой совокупности разрешительных документов (лицензионный участок от 2016 г. для строительства ПГЗРО и захоронения РАО задан конкретными координатами), полученной на основе ненадежной геологической информации, несут неприятный оттенок неумышленного искажения сути проблемы. Они создают предпосылки потерять важный, устойчивый, имеющий наработки - примеры по месту, времени и объемам, понятный элемент российской геологической традиции – этап геологической разведки площадки/участка и путей питания/разгрузки подземных вод горизонта ПГЗРО до начала проектирования и строительства объекта. Необходимо вернуться к законодательно установленным терминам «лицензионные участки».

11. Не исследованы взаимоотношения по воде и газам гнейсов промышленной территории ГХК (с участком «Енисейский» и площадкой ПГЗРО) и вмещающих эту территорию юрских отложений Западно-Сибирской равнины/низменности [10; 11 (Часть 1, с. 13-34)] – кладовой России по части нефти, газа (предположительно, урана) и пресной воды. На соседней территории (Нижнеканский гранитоидный массив) результаты комплексной геохимической съемки весьма интересны [12]. Подобные геохимические исследования необходимо выполнить на участке «Енисейский» или вблизи промышленной территории ГХК на аналогичных (водосборная зона Енисея, гнейсы на контакте с юрой) участках.

12. Известны новые предположения о возможности восходящих потоков подземной воды в скважинах участка «Енисейский» ([13], с. 68).

13. Подтверждены известные ранее обстоятельства: без детального знания структуры массива (структурных элементов, которые являются наиболее важными гидрогеологическими характеристиками массива) надежное математическое моделирование подземной гидросферы невозможно [13], а структура и динамические процессы (новые каналы водопроницаемости) для недр участка «Енисейский» и окрестностей изучены весьма противоречиво даже для системы более крупных нарушений ([14], с. 82-83), нежели зоны трещиноватости, дробления, контактов гнейсов с дайками и пр.

14. О якобы принадлежности участка «Енисейский» к геологической структуре Нижнеканского гранитоидного/гранитного массива (давно оспоренной) по-прежнему, даже в компании с зарубежными специалистами, продолжают сообщать ([15], с. 73,75,76).

15. В 2008 г. (В.К., - практически еще до начала буровых работ на участке «Енисейский») немецкими специалистами было предложено учитывать немецкий опыт проведения геологоразведочных работ по выбору мест для изоляции РАО ([15], с. 75):

- объект такого национального значения требует открытости (население должно иметь доступ к итогам исследований);

- эксперты будут проверять результаты и выводы (поэтому должна быть создана система обеспечения высокого качества работ, а также необходимо обеспечить хранение керна до конца процесса лицензирования могильника);

- требуется строгое соблюдение применяемых стандартов и норм выполнения работ, в том числе при пробоотборе кернового материала, определении химического состава подземных вод, проведении геохимических анализов и т. д.

Немецкие рекомендации выполняются?

16. Гнейсы как таковые в мире не являются приоритетом применения в качестве вмещающей среды для ПГЗРО. Гнейсы не входят в перечень пригодных для захоронения РАО геологических структур согласно Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых (ГКЗ, приняты 03.04.2007). Тем более, не должны рассматриваться конкретные (участок «Енисейский») гнейсы глобальной (плита-платформа) и локальной (древние гнейсы и молодая интрузия гранитов вблизи мощных еще более молодых юрских осадков) переходных зон, находящиеся предположительно в контакте с зоной восходящей разгрузки глубинных напорных вод, вряд ли свободные от влияния водоносных горизонтов Западно-Сибирского артезианского бассейна. Они ограничены в размерах, имеют сложную структуру массива, назначены (следуя за плановой функцией ГХК по массовой переработке гражданского ОЯТ, которая не является мировым каноном) без должного для национального ПГЗРО (с потенциальностью до международного уровня и захоронения ОЯТ) выбора, без детальной разведки, без детальных геохимических исследований территории при съемке по воде и газам, с эффектом хаотичного изменения (по какой причине?) содержания индикатора-третия в воде на уровне ПГЗРО. Возможность профессиональной и объективной оценки их безопасности, с уже

выявленными (всеми ли?) негативными инженерно-геологическими, геодинамическими и гидрогеологическими характеристиками, отсутствует. Гнейсы уже перегружены стратегическими объектами ядерной и космической отраслей, а также хранилищами и могилами РАО. Они находятся в контуре угольного бассейна/провинции месторождений полезных ископаемых, в центре страны - при сложной (по стратегическим магистралям) схеме транспортировки РАО (каких?) разных (каких?) поставщиков, вблизи крупной реки - фундаментальной биосферной геосистемы, вблизи города-миллионника Красноярска и АО «Красмаш» (Роскосмос) - сложной системы в экстремальных экологических условиях. Гнейсы не соответствуют по ряду критериев требованиям законодательства и технических норм, международным подходам, в итоге – заявленному и предполагаемому статусу ПГЗРО, но торопливо легализованы рядом документов!

А есть ли подобное в мировой практике выбора площадок для крупных захоронений РАО наивысшей опасности? Автор настоящей статьи, десятки лет работая по теме (см. публикации В.Н. Комлева, например, в журналах «Экологический вестник России» и «Атомная стратегия»), не знает таких примеров. Участок «Енисейский» уникален своим несоответствием мировому научно-техническому и социально-гуманитарному опыту. Кроме того, в геополитическом смысле он – худший из возможных (на Кольском полуострове и в Забайкалье) площадок.

17. В США ([16], с. 114-116) обнародована устремленность к своеобразному обнулению позиций (В.К., - если я правильно понял) относительно проблемы обоснования (включая выбор) площадки национального ПГЗРО. В частности, обозначены те шаги, которые следует предпринять Министерству энергетики США с целью разработки надежной, безопасной и эффективной программы... по обеспечению **основы** (выделено мной, - В.К.) для успешной реализации проекта создания пункта глубинного геологического захоронения РАО. Рекомендовано:

1. Обеспечить информационное взаимодействие с общественностью...;
2. Обеспечить прозрачность процесса принятия решений...;
3. Принять во внимание уроки, извлеченные другими странами...;

4. Еще **на раннем этапе** создания ПГЗРО Министерство энергетики США должно **четко и однозначно** охарактеризовать сам объект, представить описание... характеристик... **любой новой площадки**, выбранной для сооружения ПГЗРО...;

5. **До начала процедуры выбора площадки разработать критерии для оценки ее пригодности** сведя к минимуму любую двусмысленность и неоднозначность их интерпретации... (В.К., - именно так, с разработки сначала геологических, затем социально-экономических критериев, начинался международный проект NUCRUS 95410 для Северо-Запада России [17]);

6. **В случае создания** в США одной или нескольких подземных исследовательских лабораторий (В.К., - обязательность создания ПИЛ, тем более – на площадке ПГЗРО, как повсеместно объявляют в России, не отражена).



В Германии пошли еще дальше: государство признало ошибки, законодательно встало на новый, с нуля, путь и окончательно отказалось от ранее выбранной площадки [18-20].

Отметим, что эти страны несколько десятилетий (40-50 лет) реально (с горными работами в ПИЛ) и не без выполнения *вновь* заявленных принципов исследовали выбранные массивы. Тем не менее, налицо обнуление уровня проектов.

18. Несоответствие работ и результатов поисковой и оценочной стадий законам, техническим нормам и международному опыту, выявленное вопреки многолетним (в том числе, некоторых авторов публикаций [1-4]) и продолжающимся утверждениям/внушениям (в научных статьях и СМИ) обратного, рассмотрено ранее в работах [10,21]. Добавлю, что трата керн на сувениры [22] и аттракционы для фестиваля «науки» [23,24] - плохая идея.

И еще, цитата из интервью по поводу открытия филиала ИБРАЭ: «Для строительства подземной исследовательской лаборатории был выбран участок «Енисейский», расположенный в западном обрамлении Нижнеканского скального массива. Его уникальность заключается в том, что он практически водонепроницаем. Пригодность и перспективность объекта была доказана в процессе кропотливой исследовательской работы, длившейся десятки лет. За это время сменилось два поколения специалистов» [25]. В ней почти каждое словосочетание, скорей всего, – прямое или косвенное лукавство вне связи с прошлым и настоящим. Подобных интервью, к сожалению, достаточно много. Ситуация разрыва образа участка «Енисейский» и действительности, склонность авторов и исполнителей Енисейского проекта к негативному корпоративному мифотворчеству отражены в [2,3,5,6,7,9,10,21], настоящей статье, а также неоднократно Б.Е. Серебряковым в журнале «Атомная стратегия», В.Н. Комлевым в журналах «Горно-геологический журнал», «Экологический вестник России» и других изданиях, другими авторами.

Кто гарантирует достоверные выводы по завершении нового, кулуарно подготовленного исполнителями прежних стадий, проекта «геологоразведочных» работ для лицензионной площадки строительства ПГЗРО?

19. В работе [10] было отмечено цивилизационное значение ПГЗРО для долговременного избавления земной поверхности от РАО и большей части ОЯТ. Кроме того, Россия готова принимать на хранение отработавшее ядерное топливо из других стран [26,27]. В этой связи напомним, что ошибки при хранении ОЯТ, его переработке и захоронении старых и новых отходов высокой активности и долгоживущих могут вызвать переход в окружающую среду опасных доз радионуклидов. Безупречное обоснование надежности массива в контексте комплекса особой важности задач промышленной территории ГХК и глубинного захоронения РАО здесь, без выхолащивания сути и даже частичного блокирования общепринятых при изучении недр подходов, таким образом, жизненно важно. ***Отсутствие такого обоснования затруднит реализацию озвученных Н.П. Патрушевым инициатив руководства страны.***

## **Заключение**

В связи с созданием в Железногорске филиала ИБРАЭ РАН, продолжают, похоже, попытки научного руководителя (не относится к организациям геологического/горного профиля) сформировать отказ от полноценного, до начала горных работ, геологического изучения (включая в необходимом объеме разведку) специализированной организацией лицензионного участка «Енисейский». Особенно путей питания/разгрузки подземных вод лицензионной площадки строительства ПГЗРО.

Необходимые, системные, профессиональные этапы предполагают, видимо, подменить собственными, наверное, не аттестованными и локальными/выборочными исследованиями старых скважин. Эти скважины, как правило, непригодны для полновесного изучения и долговременного мониторинга/проверки результатов изучения недр любыми исполнителями. Такие устремления могут отражать непонимание российской традиции обоснования строительства особо ответственных подземных сооружений и противоречат указаниям распорядителя недр.

Вряд ли нужно необоснованно упрощать геологические исследования, принижать их значение в общем комплексе задач, а также, применяя элементы методологии «потемкинских деревень», спешить, скорей всего, с очередными «чрезвычайно позитивными перспективами», тем самым - вводить в заблуждение руководство Росатома, СМИ и общество, подталкивать Росатом к неподготовленным действиям при сомнениях в должном/достаточном уровне геологического, в государственных целях, изучения ситуации.

Помимо недостаточности геологической информации, едва ль известны вообще базовые параметры комплексного проекта в части объемов РАО, логистики, экономики, социальных вопросов, безопасности объекта и страны... Обоснование преимуществ захоронения РАО на участке «Енисейский» перед другими российскими вариантами также, похоже, «потеряно». Никто не сможет, в частности, доказать, что подавляющее большинство отходов для федерального ПГЗРО будет производить ГХК. Тем более, например, для периода, когда в полную силу войдет неизбежный процесс вывода из эксплуатации отработавших блоков АЭС в европейской части страны. Отсутствие в публичном пространстве обсуждения этих фрагментов не вызывает сомнения и в научной добротности обоснования Енисейского проекта в целом?

Не целесообразно, кроме того, игнорировать уроки реального длительного (не единичные годы российских «поисково-оценочных» работ) зарубежного опыта. Не исключено, что при объективной оценке прошлых и текущих событий по обоснованию площадки российского ПГЗРО страна вынуждена будет (подобно США и Германии и, возможно, совместно с ними) направиться к нулевому уровню решения проблемы.

## ***Библиографический список***

1. ИБРАЭ РАН открывает филиал в г. Железногорск Красноярского края // Сайт <http://www.ibrae.ac.ru>. Новости института от 24.09.2021.
2. Озерский А.Ю., Полякова Е.Г. История, результаты и проблемы геологического изучения Енисейского участка для захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы VI Международной конференции (20-24 сентября 2021 г.). Том 1 / Томский политехнический университет. Томск. 2021. С. 443-447.
3. Озерский А.Ю. Оценка требований к геологической среде при выборе участка недр для захоронения радиоактивных отходов в глубокие геологические формации // Радиоактивные отходы. 2021. № 2 (15). С. 90-98.
4. Озерский Д.А., Гупало В.С., Казаков К.С., Неуважаев Г.Д. К вопросу обоснования границ области исследований геологической среды при создании и эксплуатации подземной исследовательской лаборатории в Красноярском крае // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы VI Международной конференции (20-24 сентября 2021 г.). Том 1 / Томский политехнический университет. Томск. 2021. С. 448-451.
5. Комлев В.Н. Мифы о площадке пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Экологический вестник России. 2020. № 4. С. 28-32.
6. Комлев В.Н. Методология и пример выбора площадок для захоронения радиоактивных отходов // Научный вестник Арктики. 2020. № 8. С. 31-36.
7. Комлев В.Н. Геологическое изучение площадки российского пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (Первый шаг – всегда самый сложный) // Маркиейдерский вестник. 2021. № 1. С. 48-54.
8. Гупало В.С., Казаков К.С., Минаев В.А., Озерский Д.А., Устинов С.А., Нафигин И.О. Результаты исследований в существующих скважинах на участке недр «Енисейский», в т ч для определения основных систем трещин и анизотропии массива пород // Радиоактивные отходы. 2021. № 1 (14). С. 76-86.
9. Морозов О.А., Расторгуев А.В., Неуважаев Г.Д. Оценка состояния геологической среды участка «Енисейский» (Красноярский край) // Радиоактивные отходы. 2019. № 4 (9). С. 46-62.
10. Комлев В. Н. Образ глубинного ядерного могильника в России: уникальное негативное несоответствие канонам // Менеджмент социальных и экономических систем. 2021. № 3. С. 36-54.
11. Малолетко А.М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Томский государственный университет. 2008. 288 с.
12. 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. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Гл. редактор И.С. Копылов. Пермь, 2021. С. 135-143.
13. Расторгуев А. В., Неуважаев Г. Д., Смирнов К. Д. Интерпретация опытно-фильтрационных работ из несовершенных скважин в слабопроницаемом скальном массиве с учетом потока в стволе совершенной наблюдательной скважины на примере участка «Енисейский» // Радиоактивные отходы. 2021. № 3 (16). С. 61-71.
14. Кишкина С. Б., Татаринов В. Н., Бугаев Е. Г., Гупало В. С., Забродин С. М. Подземная исследовательская лаборатория: преодоление неопределенностей в оценке сейсмических условий участка «Енисейский» // Радиоактивные отходы. 2021. № 3 (16). С. 80-93.
15. Петров В. А., Кроне Ю., Камнев Е. Н., Тимайер Т. Ретроспектива двух десятилетий германо-российского сотрудничества в области безопасного обращения с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. 2021. № 3 (16). С. 72-79.
16. Цебаковская Н.С. Зарубежные новости по ОЯТ и РАО // Радиоактивные отходы. 2021. № 3 (16). С. 114-119.
17. 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. 270p. (In Russian/English).
18. Krone J. Уроки неудачи немецкой программы захоронения высокорadioактивных отходов, приведшей к её запуску с самого начала – с выбора площадки. URL: [http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2017/materials/05\\_Lessons\\_learned\\_\\_Krone.pdf](http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2017/materials/05_Lessons_learned__Krone.pdf) (дата обращения: 23.10.2021).

19. Германия начинает искать место для захоронения отходов АЭС. URL: <https://www.seogan.ru/germaniya-nachinaet-iskat-mesto-dlya-zaxoroneniya-otxodov-aes.html> (дата обращения: 23.10.2021).
20. В Германии закрыт проект строительства пункта захоронения РАО в Горлебене. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/09/21/117623> (дата обращения: 23.10.2021).
21. Комлев В.Н. Глубинное захоронение радиоактивных отходов: требования и реальность // Маркшейдерский вестник. 2020. № 6. С. 61.
22. Мараховец А. В Сибири строят подземную лабораторию как в корпорации Umbrella. URL: <https://alexio-marziano.livejournal.com/240264.html> (дата обращения: 23.10.2021).
23. Безобразов Э. Ахерейское танго. URL: <https://uranbator.ru/67447/> (дата обращения: 23.10.2021).
24. НО РАО принимает участие в фестивале науки «Кстати». URL: <http://noraо.ru/press/news/3518/> (дата обращения: 23.10.2021).
25. В скалу – в будущее. URL: <https://iline.info/articles/obshchestvo/nauka-i-tehnologii/v-skalu-v-budushchee.html> (дата обращения: 23.10.2021).
26. Патрушев заявил о готовности РФ хранить отработанное ядерное топливо из других стран. URL: <https://www.interfax.ru/russia/800461> (дата обращения: 30.10.2021).
27. Будет ли Россия хранить у себя ядерные отходы из других стран? URL: <http://bezrao.ru/n/4807> (дата обращения: 02.11.2021).

## **ОБРАЗ ГЛУБИННОГО ЯДЕРНОГО МОГИЛЬНИКА В РОССИИ: УНИКАЛЬНОЕ НЕГАТИВНОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ КАНОНАМ**

*Рассмотрены геологические условия российской площадки глубинного захоронения радиоактивных отходов около Енисея. Не только изолированно в границах заданной площадки, как было принято прежде. Но и с учетом более масштабных факторов: тектоника литосферных плит, свойства ряда аналогичных функционально площадок в переходных условиях (Балтика-Енисей-Тихий океан), районирование локальной смежной территории по полезным ископаемым, наличие вблизи площадки других объектов захоронения. В таком смысловом соединении предложено изучать на стадии разведки главный для безопасности инженерно-геологический параметр горного массива – состояние подземной гидросферы. Отмечена необходимость надежной нормативно-правовой базы. По результатам первичных стадий работ по пункту глубинного захоронения РАО выявлены недостатки применения и исполнения законодательства и технических норм. Сформулировано предложение о правовой экспертизе подготовленных для участка «Енисейский» документов. Кроме того, оценка общей ситуации представителями гуманитарных наук может быть полезной.*

*Ключевые слова: геологическое захоронение радиоактивных отходов, гнейсы, Юра, подземное строительство, могильник, безопасность, гидравлическая проницаемость пород, право, технические нормы, вечность, мера человечности.*

**V.N. Komlev**

Apatity, Russia

## **IMAGE OF A DEEP NUCLEAR GRAVE IN RUSSIA: UNIQUE NEGATIVE NON-CONFORMITY TO CANONS**

*The geological conditions of the Russian site for deep burial of radioactive waste near the Yenisei are considered. Not only isolated within the boundaries of a given site, as was the case before. But also taking into account more ambitious factors: tectonics of lithospheric plates, properties of a number of functionally similar sites in transitional conditions (Baltic-Yenisei-Pacific Ocean), zoning of the local adjacent territory by mineral resources, the presence of other disposal facilities near the site. In such a semantic connection, it is proposed to study at the exploration stage the main engineering-geological parameter of the rock mass for safety - the state of the underground hydrosphere. The need reliable regulatory and legal framework was noted. Based on the results of the initial stages of work on the deep disposal site for radioactive waste, shortcomings in the application and implementation of legislation and technical standards were identified. A proposal was formulated for a legal examination of documents prepared for the Yeniseisky site. In addition, an assessment of the general situation by representatives of the humanities can be useful.*

**Keywords:** *geological disposal of radioactive waste, gneisses, Jurassic, underground construction, waste storage facility, safety, hydraulic permeability rocks, law, technical regulations, eternity, measure of humanity.*

### **Введение**

Настоящая статья, как оценочное профессиональное суждение автора для попытки понимания долговременного будущего, посвящена анализу информации по теме захоронения особо опасных радиоактивных отходов (РАО) в России, опубликованной в открытых источниках. Хоронить РАО, безусловно, нужно. Но где и как?

В мировой практике использования ядерной энергии выделяют заключительную стадию ядерного топливного цикла (ЯТЦ), которую реализуют по одному из двух вариантов: с переработкой отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) или без нее. Важно, что оба варианта в части подземного строительства приводят к принципиально неразличимым подземным объектам глубинного/геологического захоронения либо отходов высокой активности (ВАО) и долгоживущих от переработки ОЯТ, либо непосредственно (прямое захоронение) ОЯТ [1, 2].

Россия пока предпочитает основную часть ОЯТ перерабатывать и планирует создать в Красноярском крае, на участке «Енисейский», в пределах ЗАТО Железногорск, на промышленной территории ФГУП «Горно-химический комбинат» (ГХК) национальный/федеральный шахтного типа ПГЗРО (архейские гнейсы, на глубине 450-550 м) - пункт глубинного захоронения РАО 1 и 2 классов опасности, твердых. Речь идет об объекте ЯТЦ, у которого по международным представлениям перспектива на миллион лет экологических тревог и на сотни миллиардов долларов затрат только в обозримом будущем. По принципу условной паритетности военных и гражданских ядерных программ СССР/России и США объем российских РАО предположительно можно оценивать лишь в сравнении с американским. А российский ПГЗРО в центре страны – с совокупностью двух (WIPP и Yucca Mountain) американских в приграничной (как и китайский Weishan) пустыне.

## **Основные черты ситуации**

### **1. Методологические аспекты работы**

Как известно, решение научно-технической задачи предусматривает в качестве основных несколько этапов/стадий/циклов. В частности, такие: выбор цели/проблемы/объекта, накопление фактов, их изучение, систематизацию и обобщение, построение логически стройной системы знаний и действий, проверка результатов с точки зрения их истинности и соответствия всем реальным условиям конкретного объекта. Должны быть также системный подход и социальная ответственность за свои действия и их последствия.

К сожалению, этапы обоснования национального ПГЗРО далеки от требуемых. Для первоначального объекта - ПГЗРО низшего уровня – цеха ГХК (функционально наравне с другим цехом захоронения жидких РАО) был определен участок «Енисейский». Затем статус объекта для того же участка, на том же уровне обоснования и изучения участка, повысили до национального ПГЗРО с потенцией перехода к международному. При этом для важного/ключевого действия - выбора площадки были «потеряны» должного наполнения и качества этапы сравнения с зарубежным опытом, рассмотрения российских альтернатив. Многие реальные условия участка «Енисейский» не были приняты во внимание, а его геология изучена слабо. Обсуждение результатов превратилось во многом в пиар без профессиональной аргументации.

Более подробно негатив методологии работ по ПГЗРО рассмотрен на конкретных примерах в публикациях автора [3] и других по ссылкам настоящей статьи, а также непосредственно в ней. Принятая методология изначально не могла не привести к неудовлетворительному, скорей всего, итогу работ.

## **2. Законодательство и технические нормы**

Связанные с любым местом размещения аспекты, прежде всего, безопасности федерального ПГЗРО принципиально нуждаются в надежном доказательстве на базе законодательства, норм и правил в области использования и охраны недр. Естественно, что должна быть уверенность в правильности/надежности самой базы – сформированной подборки регулирующих документов. В связи с этим, каждый из подготовленных, обычно в разное время и разными исполнителями (в том числе, разных ведомств), обосновывающих ПГЗРО материалов, по части законов и технических норм, целесообразно, видимо, тестировать. Используя разработанный внешними экспертами перечень необходимых для контроля регулирующих документов и их разделов/пунктов. Тестировать последовательно и порознь по факторам: **ОБОЗНАЧЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЯМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИЕ ДОКУМЕНТЫ** (в первую очередь, так как заведомое неприменение важных регулирующих документов/ошибочные ориентиры/ущербность выбранной для процедуры обоснования нормативно-правовой базы практически неизбежно порождают нарушения) и **ИСПОЛНЕНИЕ ЭТИХ ДОКУМЕНТОВ**.

К сожалению, при создании ПГЗРО присутствуют, похоже, непрофессиональная, несвязная, неполная и во многом неадекватная горно-геологическая трактовка истории, будущего и объемов работ, идентификации и свойств массива пород, некоторых других важных позиций, а также далеко не в полном объеме применение регулирующих документов (их исполнение и соответствие результатов нормам также далеки от безупречных), недостаточная открытость экономических показателей, принятых разрешительных документов, геологических материалов по участку «Енисейский» [3].

Например, предписано (Закон № 190-ФЗ от 11 июля 2011 г. «Об обращении с радиоактивными отходами...», статья 12, п.2), что захоронение твердых высокоактивных долгоживущих и твердых среднеактивных долгоживущих радиоактивных отходов осуществляется в пунктах глубинного захоронения РАО, обеспечивающих локализацию таких отходов в соответствии с Законом о недрах. Стало быть, «в соответствии с Законом о недрах» относится и к Железногорску. Кстати, Закон о недрах рассматривал нормы захоронения РАО в рамках проблемы регулирования отношений при использовании недр в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, уже до и вне указаний Закона № 190-ФЗ. Поэтому, как только сложное многоэтапное обращение с особой опасности РАО доходит до захоронения, как только функцией создаваемого объекта объявляется обоснование (наука) или реализация (промышленность) захоронения этих РАО - главенствующая роль и необходимость неукоснительного соблюдения переходят к Закону о недрах.

Не все причастные к проблеме об этом помнят. В «Стратегическом мастер-плане исследований в обоснование безопасности ПГЗРО в Нижнеканском массиве» для «строительства ПГЗРО и создаваемой “параллельно” с ним ПИЛ (подземной исследовательской лаборатории)» Закон о недрах не обозначен/отсутствует в качестве ориентира «в рамках горизонта планирования 2070 г.» [4]. Как и в препринте «Обоснование долговременной безопасности захоронения ОЯТ и РАО на 10 000 и более лет: методология и современное состояние» [5]. В как бы основополагающем (выпущен позже начала работ и оформления основных разрешений) документе «Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» Закон о недрах не упоминается (раздел 2), зато объявляется вопреки Закону, что «создаваемые... сооружения ПИЛ ... предназначены для захоронения... РАО классов 1 и 2» (раздел 4) [6]. Закон о недрах, по мнению авторов отчета для Международного научно-технического центра, специалистов стратегического планирования захоронения РАО, ответственного исполнителя геологических работ на участке «Енисейский» и специалистов по проблеме захоронения реакторного графита (Т.А. Гупало, разделы 1.1, 2 [7]; А.А. Ковальчук, слайд 2 [8]; А.Ю. Озерский [9]; [10]), к основе их решений не относится. В условиях действия лицензии Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 (п. 2, [11]) не прописано (по крайней мере, напрямую) обязательное выполнение Закона о недрах. В.А. Караулов (ОАО «Красноярская горно-геологическая компания») в выводах приложения 3 протокола ГКЗ - ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (с. 36, [12]) не указывает соответствие условий участка «Енисейский» Закону о недрах.

В 2015 г. ФБУ «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» (ИБРАЭ РАН) отмечал ([13], предисловие, с. 7), что до 2011 г. (участок «Енисейский» был уже запущен в работу,- В.К.) в России отсутствовали правовые требования по захоронению РАО. Это не соответствует действительности: уже действовали, например, Закон о недрах (1992 г.), НП-050-03 «Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла (ЯУ ЯТЦ). Основные критерии и требования по обеспечению безопасности» (2003 г.) и НП-055-04 «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности» (2004 г.). Неточности про Закон о недрах и федеральные НП, видимо, воспроизведены не один раз ([14]: введение, с. 6; глава 2; разделы 2.1, 2.3; список литературы; трансляция статьи 12 Закона № 190-ФЗ относительно ВАО без важного указания на Закон о недрах, с. 57).

При выборе и экспертизе площадки и района ПГЗРО никем пока не задействованы федеральные нормы и правила НП-050-03, п. 1.1 которых напрямую их применение предписывает для такого случая. Хотя в перечне «Нормативные документы» на сайте ФГУП «НО РАО» (Национального оператора по обращению с радиоактивными отходами) НП-050-03 присутствуют, а Свидетельством Госкорпорации «Росатом» от 07.03.2012 № ГК-С008 ФГУП «НО РАО» было признано организацией, пригодной эксплуатировать ядерные установки (см. Материалы обоснования лицензии,



МОЛ, на размещение и сооружение..., том 1, с. 13 [15]). Если ПГЗРО не является ЯУ ЯТЦ, то какие эксплуатируемые ФГУП «НО РАО» сооружения [16] ими являются? Не известно пока и полновесное применение документа НП-100-17 (Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов»), по смыслу расширенного набора требований тесно связанному с НП-050-03.

Труднопонимаем лицензируемый вид деятельности лицензии ГН-01,02-304-3318 (которая должна быть документом конкретных и однозначных действий в рамках строго определенной одной стадии пользования недрами, а также строго определенных объемов и типов РАО, а не основанием для опережающих волонтаристских рассуждений о странных вариантах). Нужно еще доказать, что витиеватая (изобретено комплексное пользование недрами: воедино сведены наука, а также хранение, захоронение и ненормативная «окончательная изоляция» РАО!) формулировка вида деятельности в этой лицензии и МОЛ [11,15] не противоречит терминологии и сути Закона о недрах, НП-055-14 (которые заменили НП-055-04), Закона о лицензировании и НП-050-03. Терминологии МАГАТЭ ([17], ядерная установка nuclear facility, с. 284, п. 3) и устоявшимся представлениям о составе объектов ЯТЦ (см. [1,2]) эта формулировка вряд ли соответствует.

Заявленный вид деятельности есть следствие попытки механистически объединить результаты разных по причинам, обстоятельствам и смыслу работ, выполнявшихся на территории и вблизи ГХК в связи с проблемой захоронения твердых РАО.

Даже в материалах к ФЦП ЯРБ-2 (Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года»), дополнительно к массе аналогичных публикаций в СМИ, представитель ФГУП «НО РАО» излагает историю вопроса и суть лицензируемого вида деятельности, мягко говоря, лукаво [18]. Достаточно сказать, что к 2000 г. (моменту возникновения лишь идеи участка «Енисейский») были не только найдены, но и изучены площадки на Новой Земле и территории ПО «Маяк» (ВНИИПромтехнологии – с 1970 г., ИГЕМ РАН – с 1992 г. [19]), Кольском полуострове (Горный институт Кольского НЦ РАН), сформировано надежное научное направление поиска площадок такого ранга в пределах урановых месторождений, подкрепленное примерами площадок вблизи Краснокаменска (ИГЕМ РАН), вышло Распоряжение правительства России № 1576-р от 27.08.92 (подготовлено Институтом динамики геосфер и Горным институтом Кольского НЦ РАН) о создании ПИЛ на Кольском полуострове.

Выдающийся геолог, организатор науки и государственный деятель Н.П. Лаверов, при поддержке других лидеров ИГЕМ РАН, считал захоронение ВАО и создание подземной исследовательской лаборатории в урановых рудниках Краснокаменска единственно верным путем [20]. А нынешние горняки готовы на практике доказать, что такой ПГЗРО будет надежным, эффективным и выгодным [21]. Думаю, если не будет ненаучного противодействия со стороны

администрации Енисейского проекта, то докажут для всех категорий РАО. Вероятно, не только для готовых подземных выработок Стрельцовского уранового поля, но и Печенгского медно-никелевого (см. статьи В.Н. Комлева о гипотетическом Печенгском ПГЗРО, хотя бы с 2016 г.). Оба альтернативных Железногорску и не худших варианта – это удачное географическое/геополитическое положение, детально изученная геология района и площадок рудников, отработанные горные технологии, практически полностью готовая инфраструктура, полная обеспеченность кадрами, избавление центральных регионов страны от значительных объемов опасных перевозок и другие позитивные факторы.

Основные этапы (можно, видимо, выделить три) и главные особенности/цели локальных работ на территории и вблизи ГХК проявляются при анализе **первичных публикаций на основе информации от непосредственных исполнителей и заказчика**. Потому как история ПГЗРО искажена последующими «интерпретациями» вслед за первым (от цеха ГХК к федеральному ПГЗРО) изменением статуса объекта.

Первый этап (1992-2001 годы). Нижнеканский массив гранитов. Сведения о участке «Енисейский» и федеральном ПГЗРО отсутствуют. Локальный ПГЗРО запланирован исключительно для РАО ГХК. Добротный обзор работ 1992-1998 годов - [22]. Приведем некоторые факты из этой публикации. В конце 1992 г. по поручению ГХК был сформирован коллектив специалистов, представлявший около 15 организаций и предприятий. Задача – определить возможность и найти участок для безопасного захоронения ВАО завода РТ-2 (ГХК вряд ли должен был иметь полномочия ставить задачу поиска и обоснования площадки для федерального ПГЗРО). Три научно-исследовательских и проектно-изыскательских темы, комплексная программа от 1994 г., утвержденная зам. министра Н.Н. Егоровым и академиком Н.П. Лаверовым, ФЦП № 1030 от 1995 г. на 1996-2005 годы – внушительное планирование исследований. Надежность информации контролировалась сопоставлением результатов, полученных различными организациями. Всеми группами исследователей независимо друг от друга наиболее перспективными были признаны гранитоиды Нижнеканского массива и участки «Итатский» и «Каменный». В принципе, древнейшие гнейсовые толщи ближайшего окружения рассмотренных (Белогорский, Таракский, Нижнеканский) гранитоидных массивов не были оставлены без внимания. Но такие гнейсы не вошли в число перспективных структур. Ни в планах «начала пути», ни в описании выполненных работ, ни в планах завершения работ (включая детальную разведку) не упоминаются ни участок «Енисейский», ни гнейсы Атамановского крыжа Саян (вмещающие подземный комплекс ГХК породы), ни федеральный ПГЗРО, ни ПИЛ формата горных выработок. В.В. Жидков – тогдашний гендиректор ГХК: 1992-1999 годы, Нижнеканский гранитоидный массив, только для отверженных ВАО оборонной программы ГХК в связи с отказом от захоронения жидких РАО комбината [23]. В материалах международного семинара 1998 г. по проблемам, касающимся отходов в России

[24], информация о работах по федеральному ПГЗРО и любым другим на участке «Енисейский» отсутствует.

Таким образом, этот этап, к сожалению, не является этапом изучения участка «Енисейский» и работ по федеральному ПГЗРО. См. также [25,26].

Второй (2002-2012 гг.). Обозначены масштабные (как по поставщикам – вплоть до зарубежных, так и по типам РАО - вплоть до ОЯТ) желаяния [7]. Работы впервые [7, с. 281; 26] начаты за пределами настоящего Нижнеканского массива (резкий переход от гранитов к породам их западного обрамления), вблизи Енисея, на контактирующих с мощными отложениями юры архейских гнейсах, ПГЗРО с ПИЛ / ПИЛ в составе ПГЗРО, смешанная/неадекватная терминология, искажение истории работ, РАО ГХК уже лишь как частный случай, упоминание НП-055-04 без Закона о недрах, начало оформления (2008 г.) предпроектной документации на базе результатов бурения лишь одной «глубокой» (600 м, пройдена не ранее 2005 г.) скважины 1-Е, «на основании выполненных предпроектных исследований (какая стадия геологического изучения, - В.К.?) определены характеристики массива горных пород в районе площадки строительства объекта, обеспечивающие пригодность массива для окончательной изоляции РАО» [27].

Однако, в 2012 г. существовало и другое авторитетное мнение: «Сравнительный анализ полученных данных показал, что в толще вскрытых пород присутствуют тектонически слабонарушенные низкопроницаемые интервалы. Однако также установлены зоны повышенной трещинной и матричной проницаемости, в которых может осуществляться фильтрация подземных вод и миграция радионуклидов. Учитывая ограниченность исходных данных о геологии и тектоническом состоянии участка «Енисейский», представляется преждевременным принимать решение о его пригодности для подземного захоронения твердых и отвержденных радиоактивных отходов» [28]. См. также [29, 30].

Третий (с 2013 г. по настоящее время). Продолжение работ на участке «Енисейский», «стационарные объекты и сооружения, не относящиеся к ядерным установкам, радиационным источникам и предназначенные для хранения радиоактивных веществ, хранения или захоронения радиоактивных отходов в составе ПИЛ» [11], оформление разрешительных документов, серьезное несоответствие условий участка «Енисейский» международному опыту, требованиям Закона о недрах и ряда других регулирующих документов [3].

Для сравнения и правильного/полного понимания ситуации: в материалах лицензии Роснедр КРР 16117 ЗД от 22.07.16 (со странным сроком действия, по результатам поисковой и оценочной стадий геологического изучения), хотя (вопреки правилам) и не обозначены выдавшие/согласовавшие разрешение на пользование земельным участком органы, а она сама по состоянию на 15.04.21 отсутствует (!) на сайте ФГУП «НО РАО», в части лицензируемого вида деятельности четко и однозначно записано: «захоронение радиоактивных отходов в глубоких горизонтах», участок «Енисейский», никаких других вариантов нет [31].

Для авторов и исполнителей Енисейского проекта Закон о недрах как бы не существует, а большинство лицензий и базовые документы для их получения они оформляют у распорядителя недр! При таком оформлении распорядитель недр, похоже, не очень внимателен. Это может привести к ошибочным трактовкам и действиям. Перефразируя мысль христианства и Ф.М. Достоевского, можно сказать: если Закона о недрах нет, то все дозволено.

Общим итогом перечисленных административно-процессуальных нарушений/системных ошибок/тотальной забывчивости/странной ментальности авторов Енисейского проекта можно, видимо, назвать фактическое неприменение (автоматически - невыполнение) статьи 12 (п.2) Закона № 190-ФЗ. Что, одновременно, обусловило несоответствие многих реалий создания ПГЗРО горно-геологическим нормам Закона о недрах и связанных с ним документов.

### **3. Ограничения промышленной территории ГХК**

Вблизи площадки ПГЗРО уже имеются разные, ядерного топливного цикла, объекты долговременного размещения (хранение и захоронение) РАО и ОЯТ, комплекс переработки ОЯТ и другие в составе ядерно-космического кластера. Завершают захоронение промышленных реакторов ГХК по способу «на месте» и эксплуатируют полигон «Северный» (юрские осадочные пласты-коллекторы во впадине скального архейского фундамента, захоронение жидких РАО). Документом НП-050-03 предусмотрен, соответственно этому факту, «учет наличия в районе размещения и на площадке ЯУ ЯТЦ других действующих, сооружаемых и проектируемых объектов использования атомной энергии, зданий, относящихся к категории взрывопожарной и пожарной опасности, объектов, содержащих токсичные и коррозионно-активные вещества, а также транспортных путей, аварии на которых могут оказывать воздействие на ЯУ ЯТЦ» (п. 2.1 и 4.2.1). Предусмотрены также «ограничения техногенного воздействия на ЯУ ЯТЦ действующих ядерных установок, расположенных в районе размещения и на площадке ЯУ ЯТЦ» (п. 2.5).

Рисунки страниц 27, 29, 30, 45, 47, 50, 194 [32], 13 [27], 3 [28] и публичных МОЛ (2015, 2018, 2020 и 2021 годов) для комплекса соседствующих объектов ГХК и Национального оператора, отчета [7] дают обобщенную (более полную, нежели лишь в МОЛ-2015 только для пункта захоронения РАО) ситуационную картину промышленной территории ГХК, площадки ПГЗРО и сопряженных территорий (административные границы, горный и земельный отводы, геоморфология, геология). Промышленная территория ГХК («гнейсовый полуостров») на земной поверхности зажата между Енисеем и угленосными (и обводненными) образованиями юры (долина притока Енисея Большая Тель – долина Черского). От площадки ПГЗРО (блок 37) до Енисея – 4, 5 км, до блока 38 (юрские отложения в составе долины Черского, по А.Ю. Озерскому [33] - наличие водонасыщенных угленосных месторождений) – 2 км.

Если рассматривать геологическую ситуацию вглубь минимум до целевого интервала ПГЗРО, то картина еще тревожней. «Енисейский» и его соседи ГХК находятся в синем «море-океане» юры. Вмещающая «гнейсовый

полуостров» (с.13 [27]) промтерритории ГХК юра принадлежит Западно-Сибирскому артезианскому бассейну. Воды проводящих горизонтов имеют высокий напор. Многие скважины в интересующем районе фонтанируют. Считают (по повышенным показаниям фтора и хлора), что проводящие горизонты запитываются неиссякаемой восходящей глубинной водой по зоне Приенисейского (или Байкало/Саяно-Енисейского) глубинного разлома под долиной Енисея [34]. Восходящие потоки глубинной древней воды не могут быть локальным процессом. С помощью каких-либо технологий с ними вряд ли возможно справиться. Тем более, что они и их поведение уже в покрывающих отложениях юры вблизи «гнейсового полуострова» не изучены. Случайно последствия их присутствия зафиксированы в Енисейске. А где еще ими интересовались?

Кстати, аномальные хлор и углерод фиксировали в скважинах участка «Енисейский». Но тогда этот факт объяснили возможным влиянием ГХК [12, с. 58] (что тоже не может радовать, рассматривая эти элементы как индикатор перемещения подземных вод в гнейсах промышленной территории). Подземные воды «водонепроницаемой» зоны (целевого интервала) в сравнении с водами расположенной выше «относительно водоносной» зоны уже несут в себе заметные примеси (превышения ПДК) ряда микроэлементов [12, с. 46-47] (то есть, отличаются по составу от подземной воды, формируемой, преимущественно, атмосферными осадками). Отметим результаты трассерного опыта в скважине ПР-1: хаотичное изменение индикатора-третия в отбираемых на протяжении почти двух месяцев пробах воды целевого интервала (а не посторонний ли это тритий, например, полигона «Северный», см. Вакуловский С.М. в списке литературы, хаотично перемещающийся в массиве, искажал результаты опыта?), существенное поступление жидкости извне, нестабильность по химическому составу воды процесса стабильного обводнения, поступление в изолированную зону опробования молодых инфильтрационных вод и их смешение с древними [12, с. 59; 3, см. <https://proza.ru/2020/09/20/903>]. В итоге, натурные исследования показали, что механизмы питания-разгрузки целевого интервала вряд ли ясны.

Сложный по структурно-тектоническим характеристикам «гнейсовый полуостров» контактирует по всему интервалу глубин с сотнями метров юрских отложений, содержащих водонасыщенные (возможно, и газонасыщенные из-за известного явления дегазации Земли по глубинным разломам) и водонапорные высокой проницаемости слои. Возможен, дополнительно к воде с земной поверхности (и даже как основной), механизм питания целевого интервала по проводящим зонам трещиноватых гнейсов глубинной водой (газом/метаном). Факт существования в гнейсах участка «Енисейский» восходящего потока подземных вод может получить еще одно обоснование. Предстоящая геологоразведка должна быть дополнена глубоким бурением (не менее 1 км, как было предусмотрено для участка ранее – табл. 3 [7]) не только по гнейсам, но и по юре (причем как вдоль восточной границы пород, так и западной).

Потребность изучать герметичность/проницаемость контакта «гнейсы-юра» на промышленной территории ГХК уже возникала в связи с полигоном ЖРО «Северный». Соответствующие работы были выполнены. Новые изучения контактов в связи с ПГЗРО обусловлены не только возможностью обмена водой между гнейсами и юрой, но и необходимостью прогноза сохранения/изменения флюидного (вода, ЖРО) режима в контуре ПГЗРО – подземный комплекс ГХК – полигон «Северный».

Если контакт юры с «гнейсовым полуостровом» изначально недостаточно герметичен по воде и газу или потеряет/уменьшит герметичность по каким-либо техногенным причинам, то функционирование всех подземных объектов (в том числе, захоронения РАО) на промплощадке ГХК может осложниться. Свойства и потенциал контакта в плане безопасности должны быть надежно изучены до начала горных работ по ПГЗРО.

Эта промтерритория – место уже существующих наземных и подземных объектов, возможное взаимовлияние которых необходимо учитывать. Ее ресурс для размещения сейчас новых объектов ограничен или вообще исчерпан. Современный славный подземный комплекс ГХК («подземный город») с захороненными навечно реакторами (если говорить о интегральных свойствах горы - зона техногенного разуплотнения гнейсов, гигантские объемы вынудой скальной породы [35]), как ни печально (после вывода из эксплуатации, нет вечных производств), – будущие каналы сбора воды и «естественных» водотоков, которые не улучшат и без того сложную в контексте ПГЗРО гидрогеологию общего массива.

К сожалению, гидрогеологические прогнозы на основе математического моделирования в связи с ПГЗРО выполняют чересчур упрощенно, без достаточной полноты исходных данных, при слабом соответствии модели реальности и ожиданиям – следовательно, прогнозы вряд ли надежны. Сценарии [36; обложка 37] включают лишь сбор и фильтрацию воды с земной поверхности, структура и трещиноватость массива - взгляды до 2015 г. (которые многократно критиковались), не принимаются во внимание (при «горизонтах планирования» сто, тысячи и миллион лет) резервуары воды в массиве на 200-300 м выше целевого интервала захоронения РАО – техногенные пустоты ГХК, которые, скорей всего, заполнятся к тому времени водой. Как не учитывают и техногенные пустоты для резервуаров системы пожаротушения (которые будут заполняться из подземных запасов «ближайшей периферии») [38]. Видимо, при отсутствии детальной разведки экспериментальную базу для качественного и надежного моделирования обеспечит «новый утвержденный облик ПИЛ» [39].

Два крупных подземных объекта (и потревоженный горный массив): не будет ли негативное воздействие друг на друга и на породный целик между ними уже на стадии строительства ПГЗРО? С юга чередой, практически впритык, – Железногорск, Сосновоборск и Красноярск.

В США, Китае, Швеции и Финляндии целевой горизонт ПГЗРО запланировано вскрывать наклонными спиралеподобными технологическими выработками – туннелями за внешним контуром зоны захоронения РАО [40].

Туннелями вскрывали и подземный комплекс ГХК. В концептуальных проектах Горного института Кольского НЦ РАН для подхода к целевому интервалу предложено использовать принципиально похожую на зарубежный вариант обособленную выработку – многофункциональный уклон (например, Концепция подземного хранилища отработавшего ядерного топлива судовых ядерных энергетических установок на Кольском полуострове). ИГЕМ РАН вблизи Краснокаменска предлагает создавать подземный объект изоляции ОЯТ (возможно, с международным статусом) штольневой типа [19].

А ПГЗРО на промышленной территории ГХК начинают вертикальными технологическими стволами непосредственно в будущую рабочую зону [40]. Не следствие ли это тесноты на гнейсовом «полуострове»? Кроме того, такие стволы на стадии автономного существования ПГЗРО (даже при качественном заполнении их внутреннего свободного/технологического объема, например, бентонитом) могут быть эффективными рукотворными «водосточными трубами/коллекторами» для поступления воды в подземный комплекс с земной поверхности и из массива (скорее всего, так как бетон/тюбинги их стенок без ремонта не сохранят герметичность и сотню лет - потекут). И никакие памперсы на стенках ПИЛ по планам подземных исследований не дадут прогноза долговременного флюидного режима в зоне РАО.

Впервые (с помощью стволов «под одной крышей») так предлагали строить ПГЗРО и в пределах санитарно-защитной зоны ПО «Маяк» [41]. Более того, из-за перегруженности промышленной территории наземными объектами и разломными зонами был предложен вариант отказа здесь от ПГЗРО шахтного типа и перехода к захоронению ВАО в скважинах большого диаметра, пробуренных с поверхности [28, рис. 2]. То есть, подход, порождающий тесноту, осознан давно соответственно общему стремлению Росатома, вопреки мировой тенденции (тем более, ее лучшим проявлениям, например, в Германии [2, табл. 3]), создавать федеральные пункты захоронения РАО на пока охраняемых территориях своих крупных уже действующих производственных комплексов (Новоуральск, Озерск, Северск, Железногорск), обрамляя южную часть Западно-Сибирской низменности – нефтегазовой и с запасами пресной воды провинции (усиливая потенциальные риски штатного и аварийного ее радиационного загрязнения [42]). Подземного пространства для надежного маневра выработками ПГЗРО в таком назначенном варианте (при горно-геологических осложнениях или желаемом наращивании объемов захоронения РАО/строительстве новых очередей объекта) при этом, похоже, нет.

Информация к размышлению: не полностью раскрытая всего лишь шестидесятилетняя (не миллион лет!) история постепенно разраставшегося ядерного кластера в Сосновом Бору - необходимы новые законодательные нормы и инструменты для обеспечения ядерной и социально-экологической безопасности объектов [43]. И еще. В 2004 г. был подготовлен проект по строительству первого федерального хранилища низко- и среднеактивных ТРО в многолетнемерзлых коренных породах на архипелаге Новая Земля. Консорциум западных фирм (Швеция, Норвегия, Англия, Испания, Германия) выдал положительное заключение об экологической безопасности сооружения

предполагаемого объекта. Ряд других западных фирм уже готов был инвестировать свои средства. Проект был одобрен на заседании коллегии Министерства по атомной энергии. Но он не получил утверждения министра А. Ю. Румянцева и не был осуществлен [44].

#### **4. Геологические ограничения участка и района**

Участок «Енисейский» принадлежит Атамановскому кряжу Саян - тектоническому узлу Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы и Алтае-Саянской орогенической области. Русло и берега Енисея, маркирующего глобальную континентальную неоднородность/глобальный геологический переход, не будут миллион лет безразличными к динамике земной коры, наложенной на динамику реки. В пределах той же промышленной территории комплексно следят за состоянием горного массива объекта-аналога (см. протокол ГКЗ, В.А. Караулов и А.А. Верчеба [12]). Кстати, до начала строительства подземных объектов ГХК скальный массив в гидрогеологическом отношении был практически не изучен [7].

Массив участка «Енисейский» сложен. Особое внимание при его изучении и эксплуатации должно быть уделено флюидному режиму, влиянию разломно-блоковой структуры земной коры на состояние подземной гидросферы. Важно не только наличие в массиве блоков с относительно низкой водопроницаемостью, но и наличие по их границам зон повышенной водопроницаемости (мощностью 0,2-13 м). В условиях масштабных горных работ и последующего автономного функционирования многозвенного ПГЗРО с прогревом пород и подземных вод до 100-150 градусов [12,45,46], при благоприятных для образования трещин растягивающих напряжениях в горе и ее «потряхивании» отголосками землетрясений в соседних регионах, именно сеть таких границ будет определять безусловное присутствие и динамику воды в массиве и горных выработках с РАО – главный фактор выноса радиоактивности.

На исходную/природную монолитность пород ПГЗРО трудно рассчитывать в принципе, исходя из представлений о процессах в земной коре. Север (Заангарье) и юг (Саяны) региона - провинции месторождений золота и урана, генетически обусловленные геодинамической историей территории. Кроме того, «Грандиозность позднемеловых движений можно считать доказанной и надежда, что гнейсы в районе участка «Енисейский» ими не затронуты – явный самообман. К тому же в течение кайнозоя... были новые... подвижки, о чем свидетельствуют разломы... Подновления разломов происходят иногда и сейчас», породы целевого интервала для ПГЗРО выходят на поверхность вне участка «Енисейский» [47]. Они могут быть независимо изучены там. Результатом движений является и сброс размером не менее 200 м на глубине 500 м полигона «Северный» (с. 20, поперечный геологический разрез ПГЗ ЖРО полигон «Северный», [48]). Следы разнонаправленных подвижек с потерей консолидации гнейсов на участке «Енисейский» и пример непрекращающегося поступления через целевой интервал воды массива в скважину отмечены в разделе ХLI [46].



Для полигона «Северный», вмещающие пласты-коллекторы скальные породы которого и участка «Енисейский» однотипны, не исключена возможность гидрологической связи поверхностных вод с областью разгрузки загрязненных подземных горизонтов [49]. Эти же породы средней трещиноватости, вмещающие один из подземных объектов ГХК, содержат жильные включения, немногочисленные (мощностью до 0,5 м) зоны рассланцевания и дробления. Однако имеется и зона дробления мощностью до 40 м, а также мощная зона рассланцевания [50]. Утверждают важное обстоятельство: достоверные исторические и современные инструментальные данные о сейсмичности этого района отсутствуют [51].

Анализ изучения участка «Енисейский» выявил целый ряд существенных пробелов и неопределенностей в информации о геологической среде, которая необходима, согласно существующим нормативным документам [52-56]. Например, глубокие скважины были пройдены за пределами структурного тектонического блока, в котором запланировано размещение ПГЗРО. Отсутствует описание керна скважин, нет достоверной геологической карты земной поверхности масштаба 1:2000. Кроме этого, часть экспериментального материала, в частности, данных геофизического изучения участка, была утеряна и т.д. [56].

Район участка «Енисейский» относится к зоне активного орогенеза, т. е. процесс его формирования как горного сооружения еще не закончен. Поэтому «подходящие» гидрогеологические условия и характеристики в таком блоке, существующие на момент начала строительства ПГЗРО, не могут гарантироваться на весь проектируемый срок его эксплуатации. За длительный период геодинамические процессы способны кардинально изменить гидрогеологический режим в геологической среде, но наибольшую угрозу представляет вероятность тектонической деструкции структурно-тектонических блоков. Участок «Енисейский» располагается на северо-западной границе Нижнеканского гранитоидного массива и вмещающих его докембрийских толщ гнейсов. Точнее (рис. 2 [54] и рис. 3 [28]) – полностью в гнейсах вблизи границы с гранитами и осадочными породами. Такие зоны экзоконтактов магматических тел, как правило, отличаются повышенной трещиноватостью и структурной неоднородностью.

Тектоническая мотивация выбора участка «Енисейский» до конца не обоснована: разломы на данной территории в настоящее время являются активными, скорости относительных вертикальных движений и зоны динамического влияния активных разломов, слабо изученные, сравнительно с нормами, возможно, велики [52-56]. С точки зрения геодинамики района (как и по ряду многократно рассмотренных нами других причин, - В.К.), включая новые данные о горизонтальных движениях блоков, при обосновании долговременной безопасности захоронения высокоактивных РАО в породах массива нельзя замыкаться на исследованиях только в подземных выработках ПИЛ [57]. Согласно НП-055-14 (п. 53), породный массив должен быть однородной структуры и низкой трещиноватости; целесообразно размещение площадки в районах, не испытывающих интенсивные тектонические движения.

И еще. «На участке выделено два блока - 37 и 38. Но 38-й отвергли из-за наличия водонасыщенных угленосных месторождений» [33]. Впервые применительно к участку «Енисейский» дали повод задуматься о возможном опасном соседстве (природные вода и метан с наложенным радиолизом от РАО?). Пласты угля повышенной водопроницаемости (наряду с другими недостатками) ранее фиксировали вблизи полигона «Северный» [58].

Юрские отложения Западно-Сибирского плитного комплекса вторгаются на сопряженную территорию достаточно близко от площадки ПГЗРО (восточнее) в виде широкой долины Черского (а также юго-западнее, см. с. 13 [27]). К возможности проявлений угля на участке «Енисейский» и в окрестностях (на путях питания/разгрузки подземных вод) с разных позиций (полезные ископаемые, подземные пожары, геомеханика, гидрогеология) необходимо относиться очень внимательно. Это ведь промышленная территория ГХК в контурах Канско-Ачинского угольного бассейна, Приенисейского горнопромышленного района [59]. И соседние с ней районы Красноярского края (Сухобузимский, Березовский, Емельяновский) – часть угленосной (с проявлениями урана) провинции [60, табл. 25 и 27]. А статус ЗАТО вряд ли предполагал проведение здесь ранее изысканий по части полезных ископаемых. Возможно, по этой причине зафиксировано мнение в протоколе ГКЗ [12], что на участке «Енисейский» полезные ископаемые отсутствуют. Механизм появления юрских отложений, с которыми связаны проявления углей, в пределах ЗАТО Железногорск объясняют нам карты МОЛ и статья Р.М. Лобацкой [32,61].

Месторождения угля с водой - весомое основание для отказа от площадки/участка ПГЗРО в целом, а не только от отдельного блока! Даже перспективное захоронение РАО аналогично компании Deep Isolation на горизонтальных интервалах глубоких скважин здесь вряд ли применимо. В протоколе ГКЗ [12] информация о углях не замечена. Необходима, видимо, ревизия представленных на экспертизу геологических данных и дальнейшее изучение участка на стадии детальной разведки до начала горных работ.

В период интереса к настоящему Нижнеканскому массиву (гранитоидов) геологами ООО «Енисейнефтегаз» была выполнена комплексная оценка его южной части на предмет геодинамической активности и монолитности. В том числе, на основе геохимических исследований. В частности, при газовой съемке выявлены устойчивые аномалии повышенных содержаний углекислого газа и (предположительно, глубинных) углеводородов (особенно метана) [62]. Нужна подобная оценка и применительно к гнейсовому «полуострову» ГХК (содержащему участок «Енисейский») с его разнообразными контактами. Кроме того, в силу возможной взаимосвязи на разных глубинах флюидных режимов гнейсового «полуострова» и Западно-Сибирского артезианского бассейна, полезно напомнить и о необходимости, с целью прогноза будущего в геологическом масштабе времени, ретроспективного изучения динамики водного режима, осадков местных болот и озер – индикаторов воды на сопряженных с площадками объектов ЯТЦ территориях [42].

Создание российского ПГЗРО и соответствующее пользование недрами позиционируют как абсолютно безопасное дело - «стройка века и на века» [63]. Такая позиция – результат ошибочных взглядов, сформированных ранее: «Главной гарантией является гидрогеологическая характеристика горной породы, которая образовалась в архей-протерозойский период развития Земли (от 2500 до  $541 \pm 1$  млн лет назад). За это время разрушению подверглись только первые 30 метров пород массива (и стали доступны для проникновения поверхностных вод). По прогнозам, вода с поверхности попадет в зону размещения отходов не ранее, чем через 15 миллионов лет. Срок потенциальной опасности объекта оценивается в 2 миллиона лет. Геологическая среда является основным барьером по обеспечению экологической безопасности. Зона размещения объекта находится в горных породах (водонепроницаемых с застойным режимом трещинно-поровых вод). Движение подземных вод носит нисходящий характер и не выходит на поверхность» [64].

Однако, в последние годы представления о геологических условиях участка «Енисейский» и их соответствии существующим нормам, с учетом требований Закона о недрах, коренным образом меняются [45,46,65,66]. Не только у «сторонних» специалистов. Важно, что и у исполнителей работ по ПГЗРО появляется признание справедливости, на примере выбранных ими самостоятельно для рассмотрения фрагментов и с дополнительной аргументацией [9], известной критики Енисейского проекта. С высказанными при этом необходимостью совершенствования нормативных документов и с выводом «Можно ли говорить о том, что решение, принятое на основе несовершенных документов, обеспечит безопасность ПГЗРО в будущем? По-видимому, нет. На данном этапе можно говорить лишь о формальном соответствии изученного участка недр требованиям государственных органов» нельзя не согласиться. Добавим, что и с «формальным соответствием» не все благополучно. Хотелось бы увидеть в дальнейшем честный профессиональный анализ автором [9] ВСЕХ (не двух) имеющих отношение к делу документов и ВСЕГО объема критических замечаний по ПГЗРО на участке «Енисейский».

#### **5. Взгляд за пределы участка «Енисейский», территории ГХК, района работ и нашего времени**

Российский ПГЗРО - природно-техногенная генерирующая энергию геосистема сложного внутриконтинентального перехода, входящая в эффективный водосборный бассейн Енисея. А если это будет прототипом/надеждой для дальнейшего развития идеи (в каком направлении?) за рубежом? В настоящее время сброс жидких РАО Фукусимы в океан все более приобретает черты плановой неизбежной практики. И ураганы самовольно моют территорию. Но здесь ждут и много твердых РАО [67].

При демонтаже/выводе из эксплуатации ядерных объектов Японии, Республики Корея и КНДР (серьезный рынок полного цикла услуг в части ядерных технологий «бэк-энд») где-то будут хоронить значительные объемы образующихся при этом РАО. Где? Если в национальном варианте, то фактически – в еще более сложной переходной зоне «суша-море». Других

территорий у этих стран нет. Для такой переходной зоны были и российские предложения: научные и управленческие [68,69]. Этот вариант, конечно, не будет аналогом Балтики, где побережье и дно (граниты) осваивают для ПГЗРО Швеция и Финляндия. И, скорей всего, потребуется обоснование или обоснованный запрет (например, во имя защиты общего Тихого океана) при, вероятно, внимательном постоянном сравнении с потенцией амбициозного (конкурентные преимущества [6] и возможность предельного повышения статуса ПГЗРО [70]) Енисейского проекта. Правда, в том числе, и при сравнении относительно механизма триггерной активизации «спящих» негативных факторов под воздействием деформационных тектонических волн от удаленных сильных землетрясений [71].

ПГЗРО – вечность в рамках жизни человечества. Но пока российская концепция его создания и реальные дела вряд ли учитывают нарождающиеся процессы даже ближайших ста лет. Прогнозы долговременной обеспеченности углеводородами (традиционные нефть и газ, неорганические/глубинные нефть и газ, газогидраты), новые энергетические технологии (на основе возобновляемых источников, термоядерные и другие), экологические трудности и риски переработки ОЯТ, принцип нераспространения – все это и, возможно, другое могут достаточно быстро обернуться ненужностью/невозможностью массовой переработки ОЯТ и общемировой потребностью его прямого захоронения (и сейчас уже значимого за рубежом, так как основная доля мирового ОЯТ вряд ли подлежит переработке; это еще не канон, но дело идет к тому). В России также (в том числе, на уровне решений НТС Росатома) появились сомнения в реальности планов развития двухкомпонентной ядерной энергетики [72], для которой и декларируют необходимость основных объемов переработки накопленного ОЯТ. Соответственно, нужда в ПГЗРО с гражданским ОЯТ и требования к нему могут резко повыситься.

В контексте вечности создаваемого объекта ЯТЦ необходимо глубокое понимание человека и общества. И учет этого. Например, на базе художественного, религиозного и философского наследия Ф.М. Достоевского и опыта исследователей его творчества. В год 200-летия со дня рождения выдающегося русского писателя не лишне еще раз об этом напомнить. Решению проблемы ПГЗРО не помешает доброжелательная интеллектуальная помощь гуманитарного сообщества для исправления сложившихся однобоких, с чрезмерными геополитическими надеждами и рыночной экспансией, некачественных естественнонаучных и технократических «правил игры» [73-76].

### **Послесловие**

При создании ПГЗРО на всех этапах работ безусловным и обязательным является применение и исполнение статьи 12 (п.2) Закона № 190-ФЗ ОБ ОБРАЩЕНИИ С РАО.

Многие аспекты безопасности федерального пункта захоронения радиоактивных отходов нуждаются в дополнительном надежном доказательстве на базе разведочной стадии геологического изучения площадки,

а также законодательства, норм и правил в области использования и охраны недр. Эти мысли никем не отрицаются, но и не порождают, к сожалению, адекватного действия по их реализации.

При утверждении «стройка века и на века» [63] геология дела (главный гарант масштабной безопасности) должна быть изучена полно и безупречно. Этот этап работ уж совсем не должен сопровождаться комплексом нарушений, как предшествующий [77]. Ведь в ИБРАЭ РАН (научное руководство Енисейским проектом) не исключают, «что спустя несколько десятков лет мы вынуждены будем... искать другое место» [78]. Хотя, например, комиссия по экологии Общественного совета Госкорпорации «Росатом» вообще не видит какие-либо работы по Красноярскому ПГЗРО приоритетными в 2021 году [79].

Материалы выбора, изучения и обоснования района и площадки размещения ПГЗРО (геологические задания и проекты на выполнение поисковой и оценочной стадий изучения участка «Енисейский», планируемое геологическое задание на разведочную стадию, геологические отчеты по работам предварительных стадий, протоколы ГКЗ по рассмотрению работ, прежде всего, № 4523 от 03-02-2016), документ «Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов», проект ПГЗРО, лицензии на изучение массива участка «Енисейский» с земной поверхности и изнутри (из ПИЛ), создание ПГЗРО и захоронение РАО, как отражающие все отдельные и важные этапы пользования недрами, должны для повышения безопасности неукоснительно соответствовать ЗАКОНУ О НЕДРАХ (с сопутствующими документами), НП-055-14, ЗАКОНУ О ЛИЦЕНЗИРОВАНИИ и, возможно, НП-050-03, которыми в дело давно введены географо-горно-геологические критерии, по факту недостаточно применявшиеся до сих пор, а также научному подходу к решению проблемы и отобранном временем лучшим образцам международного опыта (см. [3,45,46]).

Целесообразна не только геологическая (как предлагалось в [65,66] и других публикациях), но отдельно и правовая экспертиза (исследование документов, их анализ на соответствие формы и содержания действующему законодательству РФ, как в настоящий момент, так и ретроспективе) всего набора перечисленных выше документов. Возможно, в свете Приказа Генпрокурора РФ И.В. Краснова «Об организации прокурорского надзора за исполнением законодательства в экологической сфере» (письмо № 198 от 15.04.2021).

*Гнейсы как таковые (в мире не является приоритетом их применение в качестве вмещающей среды для ПГЗРО), глобальной (плита-платформа) и локальной (древние гнейсы и относительно молодая интрузия гранитов вблизи мощных еще более молодых юрских осадков) переходных зон, находящиеся предположительно в контакте с зоной восходящей разгрузки глубинных напорных вод, вряд ли свободные от влияния водоносных горизонтов Западно-Сибирского артезианского бассейна, ограниченные в размерах, при сложной структуре массива, назначенные без должного для национального ПГЗРО (с потенцией до международного уровня и захоронения ОЯТ) выбора, без детальной разведки, без детальных геохимических исследований территории*

*при съемке по воде и газам, без возможности профессиональной и объективной оценки безопасности, с уже выявленными (всеми ли?) негативными инженерно-геологическими, геодинамическими и гидрогеологическими характеристиками, уже перегруженные стратегическими объектами ядерной и космической отраслей, а также хранилищами и могильниками РАО, с эффектом хаотичного изменения (по какой причине?) содержания индикатора-трития в воде на уровне целевого горизонта, в контуре угольного бассейна/провинции месторождений полезных ископаемых, в центре страны, при сложной (по стратегическим магистралям) схеме транспортировки РАО (каких?) разных (каких?) поставщиков, вблизи крупной реки - фундаментальной биосферной геосистемы, города-миллионника/городской агломерации Красноярска и АО «Красмаш» (Роскосмос), не соответствующие по ряду критериев требованиям законодательства и технических норм, международным подходам, в итоге – заявленному и предполагаемому статусу ПГЗРО, но торопливо легализованные рядом документов!*

Все это в сочетании с отсутствием у ведущих специалистов ИБРАЭ РАН (научный руководитель) и ФГУП «НО РАО» (ответственный исполнитель), при активном и открытом (как утверждается) международном сотрудничестве, убедительного подтверждения внутри страны на должном уровне системного подхода, а также знания, понимания и умения относительно проблемы национального ПГЗРО, понимания цивилизационного, естественнонаучного и технического смыслов ПГЗРО - сложной системы в экстремальных условиях.

*А есть ли вообще подобное в практике выбора площадок для крупных национальных захоронений РАО наивысшей опасности? Автор настоящей статьи, десятки лет работая по теме (см. публикации В.Н. Комлева, например, в журналах «Экологический вестник России» и «Атомная стратегия»), не знает таких примеров. Участок «Енисейский» уникален своим несоответствием мировому научно-техническому и социально-гуманитарному опыту.*

И еще. Пожалуй, необходимо признать всем причастным к делу важное обстоятельство из сферы регулирующих документов ([80], см. также дополнительно ниже):

**I. ПГЗРО НА УЧАСТКЕ «ЕНИСЕЙСКИЙ» ЯВЛЯЕТСЯ ЯДЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ (УСТАНОВКОЙ, СООРУЖЕНИЕМ, КОМПЛЕКСОМ) ЯТЦ:** 1. Напрямую, соответственно составу объектов ЯТЦ по [1,2]; 2. Напрямую, соответственно п.1.1 НП-050-03; 3. Аналогично статусу всех/других объектов обращения с РАО на промышленной территории ГХК, технологических спутников ГХК, на которые распространяются Нормы и Правила для ЯУ ЯТЦ и для которых оформляются Заключение по ядерной безопасности; 4. Соответственно термину МАГАТЭ в контексте Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами ([17], ядерная установка nuclear facility, с. 284, п. 3); 5. Соответственно комплексному смыслу применяемого политологами/политиками термина «ядерная безопасность» [81];

II. ДЕЙСТВИЕ НП-050-03 НА ПГЗРО участка «Енисейский» РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ (как и на другие ядерные объекты промышленной территории ГХК). Этот документ должен быть задействован при анализе безопасности взаимоотношений объектов ГХК между собой и с их соседями.

При этом нетрудно понять, что на миллион лет человек не может исправить недостатки горного массива, если они есть, и скрыть информацию о них (пример - несостоявшийся ПГЗРО «Горлебен», Германия). Но, в связи с созданием в Железногорске филиала ИБРАЭ РАН, продолжаются, похоже, попытки научного руководителя обосновать отказ от полноценной, до начала горных работ, разведки специализированной организацией участка «Енисейский» и путей питания/разгрузки его подземных вод, подменяя необходимый, системный, профессиональный этап собственными, вряд ли лицензированными/аттестованными и локальными/выборочными исследованиями старых скважин [82].

В 2008 г. (В.К., - практически еще до начала буровых работ на участке «Енисейский») немецкими специалистами было предложено учитывать немецкий опыт проведения геологоразведочных работ по выбору мест для изоляции РАО ([83], стр. 75):

- объект такого национального значения требует открытости (население должно иметь доступ к итогам исследований);

- эксперты будут проверять результаты и выводы (поэтому должна быть создана система обеспечения высокого качества работ, а также необходимо обеспечить хранение керна до конца процесса лицензирования могильника);

- требуется строгое соблюдение применяемых стандартов и норм выполнения работ, в том числе при пробоотборе кернового материала, определении химического состава подземных вод, проведении геохимических анализов и т. д.

Будем надеяться, что немецкие рекомендации выполняются.

Полезно, вероятно, выйти из повторяющейся (вспомним планы могильника при ПО «Маяк») ситуации сложной тесноты, отказаться от идеи «под одной крышей», найти для федерального (!) ПГЗРО другую территорию/площадку (без явной негативной уникальности) – разгрузить ЗАТО Железногорск и промышленную территорию ГХК («фундамент»). Наиболее потенциально пригодные районы с готовой горной инфраструктурой известны – Стрельцовское рудное поле в Забайкалье и Кольский полуостров. Не исключены подходящие площадки (скальные массивы высокого инженерно-геологического качества, при положительных температурах, под покровом многолетнемерзлых пород), сочетающиеся с потенциалом северо-восточных промышленных территорий НОРНИКЕЛЯ и АЛРОСЫ. Переход на другую/ие площадку/и может быть модернизацией планов ради сохранения главных смыслов идеи надежного ПГЗРО в России и главных подземных стратегических объектов ГХК и АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва».

Тревога за эти объекты вполне обоснована. В июне 2021 г. Ростехнадзор приостановил действие лицензии на эксплуатацию одного из них [84]. ИБРАЭ

РАН сообщает «о начале практических исследовательских работ на участке «Енисейский» ... в рамках реализации крупной многолетней научной программы, осуществляемой в интересах создаваемой лаборатории Национального оператора по обращению с РАО **и с целью решения задач обеспечения долгосрочной радиационной безопасности объектов Горно-химического комбината**» [82]. Модернизация планов необходима ради, разумеется, также безопасности, как минимум, Красноярского края, Западно-Сибирской равнины и Енисея не без техногенных радионуклидов [49,85,86], чтобы не искать деньги и не тратиться потом на нечто похожее проекту «Безопасные воды Арктики» (см. [87]), чтобы не множить число ликвидаторов [88].

### **Библиографический список**

1. Экономика ядерного топливного цикла, М., 1999, перевод Информ-Атом.
2. Юрген Кройш, Вольфганг Нойманн, Детлеф Анпель и Питер Диль. Ядерный топливный цикл / Heinrich Böll Foundation 2006 г. ([https://atompool.ru/images/data/gallery/1\\_1127\\_nuclear\\_myth3.pdf](https://atompool.ru/images/data/gallery/1_1127_nuclear_myth3.pdf)).
3. Комлев В.Н.: Глубинный ядерный могильник (<https://proza.ru/2020/05/10/812>), Ядерный могильник на Енисее и норвежская Беллона (<https://proza.ru/2018/11/07/898>), Научные эксперты о ядерном могильнике (<https://proza.ru/2020/06/25/1546>), Радиоактивные отходы как повод подумать о вечном (<https://proza.ru/2018/02/13/284>), Закон о недрах и радиационная безопасность страны (<https://proza.ru/2020/09/20/903>).
4. Стратегический мастер-план исследований в обоснование безопасности ПГЗРО в Нижнеканском массиве (<http://www.ibrae.ac.ru/contents/451/>).
5. Обоснование долговременной безопасности захоронения ОЯТ и РАО на 10 000 и более лет: методология и современное состояние (<http://radwaste-journal.ru/docs/116/prepr2019i03.pdf>).
6. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов ([http://en.ibrae.ac.ru/docs/Radwaste\\_Journal\\_2\(3\)18/114\\_120\\_Strategy.pdf](http://en.ibrae.ac.ru/docs/Radwaste_Journal_2(3)18/114_120_Strategy.pdf)).
7. Гупало Т.А. и др. Разработка обобщенного плана проведения научно-исследовательских и проектно-испытательских работ по созданию объекта подземной изоляции РАО на Нижнеканском массиве. Итоговый отчет (за период 01.05.2002–31.01.2005) по проекту МНТЦ 2377. Москва, 2005. (<https://www.osti.gov/servlets/purl/877906-STrTSU/>).
8. Ковальчук А.А. Программа международного научно-практического семинара и технического тура для участников международного научно-практического семинара «Имплементация Соглашения об информационном взаимодействии государств – участников СНГ при перемещении радиоактивных источников», доклад «Национальный оператор по обращению с РАО: основы, планы и реализация деятельности по захоронению РАО» / ФГУП «НО РАО», 5 декабря 2018 г., М. / Комиссия государств – участников Содружества Независимых Государств по использованию атомной энергии в мирных целях (<http://sng-atom.com>).
9. Озерский А.Ю. Оценка требований к геологической среде при выборе участка недр для захоронения радиоактивных отходов в глубокие геологические формации // Радиоактивные отходы. 2021. № 2 (15). С. 90-98.
10. Волков В. Г., Сафронова Н. Н., Морозов Ф. Т., Комаров Е. А., Зимин В. К., Былкин Б. К., Зверков Ю. А., Павлюк А. О., Котляревский С. Г., Кан Р. И. О проблеме заключительного этапа обращения с облученным графитом блоков АЭС с водографитовыми реакторами // Радиоактивные отходы. 2021. № 2 (15). С. 10-20.
11. Лицензия Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318. На размещение и сооружение пункта хранения радиоактивных отходов. Объект, на котором и/или в отношении которого проводится заявленная деятельность: стационарные объекты и сооружения, не относящиеся к ядерным установкам, радиационным источникам и предназначенные для хранения радиоактивных веществ, хранения или захоронения радиоактивных отходов в составе подземной исследовательской лаборатории / ФГУП «НО РАО», 27 декабря 2016 г., М ([http://www.gosnadzor.ru/service/list/reestr\\_licences\\_170fz/license.php?licNum=%D0%93%D0%9D-01%2C02-304-3318](http://www.gosnadzor.ru/service/list/reestr_licences_170fz/license.php?licNum=%D0%93%D0%9D-01%2C02-304-3318)).
12. Протокол ГКЗ № 4523 от 03-02-2016 (<https://yadi.sk/i/Nbvvx8zrv58tlQ>).
13. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО, М., 2015 (<http://xn---2030-bwe0hj7au5h.xn--p1ai/upload/iblock/d5a/d5a48e55bcd4d5c8df15fe4a91d08723.pdf>).
14. Особые радиоактивные отходы, М., 2015 (<http://xn---2030-bwe0hj7au5h.xn--p1ai/upload/iblock/cc5/cc536086a1af77aab435d88b1581f79a.PDF>).



15. Материалы обоснования лицензии, МОЛ, 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, том 1 (<http://www.norao.ru/ecology/mol/>).
16. ФГУП «НО РАО». Филиалы и отделение (<http://www.norao.ru/about/affiliates/>).
17. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности (2007 г.) ([https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary\\_2007r.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary_2007r.pdf)).
18. Красильников Виктор. Мнение эксперта / ФЦП ЯРБ-2: Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года» (<http://xn---2030-bwe0hj7au5h.xn--p1ai/expertise/expert-opinion/detail.php?ID=2005>; <http://xn---2030-bwe0hj7au5h.xn--p1ai/society/news/v-no-rao-rasskazali-o-spetsifike-sozdaniya-podzemnoy-laboratorii-v-nizhnekanskom-massive/>).
19. Петров В.А., Камнев Е.Н. Опыт многолетней совместной работы ИГЕМ РАН и АО «ВНИПИПромтехнологии» // Горный журнал. 2021, № 3. С. 41-45.
20. Марьясов Федор. Единственно верный путь // Сегодняшняя Газета. Красноярск-26, 25.05.2017 (<https://sgzt.com/k26/?module=articles&action=view&id=4235&issue=817>).
21. 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. А также Комлев В.Н.: раздел 6 в <https://proza.ru/2018/02/13/284>; <https://proza.ru/2019/08/15/624>; <https://sgzt.com/k26/?module=articles&action=view&id=3630&theme=3>; <https://sgzt.com/k26/?module=articles&action=view&id=3693&rubric=157>; <https://sgzt.com/k26/?module=articles&action=view&id=4209&theme=3>.
22. Андерсон Е.Б., Даценко В.М., Курко В.И. и др. Результаты комплексных геологических исследований Нижнеканского массива для обоснования возможности его использования для захоронения отвержденных радиоактивных отходов / Сб.: Исследования гранитоидов Нижнеканского массива для захоронения РАО: Материалы КНТС. СПб. 1999. С. 14-23.
23. Чувашев Юрий. Безуспешные поиски атомной "помойки" под Красноярском // Независимая газета от 30.10.2001 ([http://www.krasrab.com/archive/2001/10/20/05/view\\_article](http://www.krasrab.com/archive/2001/10/20/05/view_article); [https://www.ng.ru/ecology/2001-10-30/11\\_krasnoyarsk.html](https://www.ng.ru/ecology/2001-10-30/11_krasnoyarsk.html)).
24. Семинар по обращению с отходами и их утилизации. Оскаршамн, Швеция, 9-14 ноября 1998 ([https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/33/017/33017280.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/33/017/33017280.pdf)).
25. Андерсон Е.Б. и др. Труды Радиового института им. В.Г. Хлопина (Том 11).
26. Гупало Т.А. Российские планы по созданию могильника ВАО и ОЯТ на Нижнеканском массиве ([https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/51/038/51038826.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/51/038/51038826.pdf)).
27. Лобанов Н.Ф. Создание подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском массиве скальных пород: выбор участка и современное состояние работ / ФГУП «НО РАО» ([http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Prezentetion\\_31\\_10\\_2013/Lobanov.pdf](http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Prezentetion_31_10_2013/Lobanov.pdf)).
28. Лаверов Н.П., Величкин В.И. Радиогеоэкологические проблемы начального и завершающего этапов ядерного топливного цикла (<https://www.atomic-energy.ru/articles/2012/11/29/37520?page=2>).
29. Комлев В.Н. Предыстория одной подземной лаборатории (<https://proza.ru/2020/07/17/220>).
30. Комлев В.Н. Научные эксперты о ядерном могильнике (<https://proza.ru/2020/06/25/1546>).
31. Лицензия Роснедр КРР 16117 ЗД. На захоронение радиоактивных отходов в глубоких горизонтах / ФГУП «НО РАО», 22 июля 2016 г., М (<https://rfgf.ru/license/itemview.php?iid=2717774>).
32. Материалы обоснования лицензии (включая материалы оценки воздействия на окружающую среду) на осуществление деятельности в области использования атомной энергии «Эксплуатация пункта хранения ядерных материалов. Стационарное сооружение, предназначенное для хранения ядерных материалов – водоохлаждаемое хранилище облученных тепловыделяющих сборок ядерных реакторов типа ВВЭР-1000, содержащих отработавшее ядерное топливо» (<https://sibghk.ru/images/services/dosrack/2021/05/001.pdf>).
33. В подземной лаборатории пройдет более 150 исследований // Город и горожане. Железногорск, 16 ноября 2017 (<http://www.gig26.ru/news/reklama/nid-11876.html>).
34. Озерский А.Ю., Иванова Т.П. Фтор в подземных водах юрских отложений юго-востока Западно-Сибирского бассейна / Подземная гидросфера. Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России. Иркутск. 2021. С. 521-526.
35. Скала / ФГУП «Горно-химический комбинат» (<https://sibghk.ru/images/pdf/skala/skala.pdf>).
36. Неуважаев Г.Д., Озерский Д.А., Расторгуев А.В. и др. Проблемы гидрогеологического моделирования в слабопроницаемых породах / Подземная гидросфера. Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России. Иркутск. 2021. С. 516-520.
37. Кочкин Б.Т., Мальковский В.И., Юдинцев С.В. Научные основы оценки безопасности геологической изоляции долгоживущих радиоактивных отходов (Енисейский проект). М., 2017. 384 с.
38. Озерский Д.А., Озерский А.Ю. Оценка возможности использования подземного источника водоснабжения для заполнения пожарных резервуаров площадки строительства подземной исследовательской лаборатории ([http://avpb.sibpsa.ru/avpb\\_2021.pdf](http://avpb.sibpsa.ru/avpb_2021.pdf)).
39. Представители общественности, СМИ и власти обсудили экологические аспекты финальной изоляции РАО (Озерский Д.А., <http://www.norao.ru/press/news/2895/>).

40. Способы строительства ПГЗРО в разных странах: США (<https://www.atomic-energy.ru/news/2020/02/28/101784>), Кумае (<http://bezrao.ru/n/4610>; <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/06/23/114932>; <https://bezrao.ru/n/4384>), Швеции (<https://bezrao.ru/n/3381>), Финляндии (<https://bezrao.ru/n/72>) и России (<http://bezrao.ru/n/1038>; <https://www.atomic-energy.ru/news/2017/01/11/65022>).
41. Гупало Т.А. Перспективы развития технологий подземной изоляции радиоактивных отходов в России (<https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-tehnologiy-podzemnoy-izolyatsii-radioaktivnyh-otodov-v-rossii/viewer>).
42. Комлев В.Н. Рецензия на брошюру А. Никитина о подземной исследовательской лаборатории. Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2019. Том 5. №1. С. 141-153.
43. SOСновый Бор, ядерный кластер южного берега Финского залива и уроки Чернобыля / <http://decommission.ru/> от 02.05.2021.
44. Шеметов А.И., Камнев Е.Н. Мы проектируем будущее (к 70-летию института «ВНИИПромтехнологии») // Горный журнал. 2021, № 3. С. 5-11.
45. Комлев В.Н. Глубинное захоронение радиоактивных отходов: требования и реальность // Маркшейдерский вестник. 2020, № 6. С. 61.
46. Комлев В.Н. Закон о недрах и радиационная безопасность страны // Горно-геологический журнал. 2020, № 2-3 (62-63). С. 24-33.
47. Васильев Н.Ф. Отзыв на статью // Уральский геологический журнал. 2021. № 1. С. 58-59.
48. Баринов А.С., Ткаченко А.В., Спешилов С.Л. Глубинная закачка жидких радиоактивных отходов ([http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Prezentation\\_31\\_10\\_2013/Speshilov.pdf](http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Prezentation_31_10_2013/Speshilov.pdf)).
49. Вакуловский С.М. Оценка радиационного воздействия Горно-химического комбината на экосистему Енисея // Безопасность Окружающей Среды, №2-2008: Радиационный мониторинг. С. 40-43 (<https://www.atomic-energy.ru/articles/2009/11/16/6205>).
50. Зверев А.Б. Результаты натурных исследований устойчивости камерных сооружений подземной атомной станции. Тезисы докладов международной конференции «Использование подземного пространства страны для повышения безопасности ядерной энергетики», Апатиты, 1992.
51. Дзедобоев Б.А., Гвишиани А.Д., Белов И.О. и др. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений на основе алгоритма с единственным чистым классом обучения: I. Алтай–Саяны–Прибайкалье.  $M \geq 6.0$  // Физика Земли. 2019. №4. С. 33-47.
52. Татаринцов В. Н., Морозов В. В., Колесников И. Ю. и др. Устойчивость геологической среды как основа безопасной подземной изоляции радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива // Надежность и безопасность энергетики, №1-2014. С. 25-29.
53. Колесников И.Ю., Морозов В.Н., Татаринцов В.Н., Татаринцова Т.А. Напряженно-деформированное энергетическое районирование геологической среды для размещения экологических инфраструктурных объектов // Инноватика и экспертиза, 2017, Выпуск 2 (20). С. 77-88.
54. Морозов В.Н., Татаринцов В.Н., Кафтан В.И., Маневич А.И. Подземная исследовательская лаборатория: геодинамические и сейсмотектонические аспекты безопасности // Радиоактивные отходы. 2018. № 3 (4). С. 16-29.
55. Федеральные нормы и правила: Оценка исходной сейсмичности района и площадки размещения объекта использования атомной энергии при инженерных изысканиях и исследованиях. РБ-019-17; Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности. НП-050-03.
56. Гвишиани А.Д., Татаринцов В.Н. Системная оценка факторов, определяющих устойчивость геологической среды при захоронении высокоактивных радиоактивных отходов // Вестник НЯЦ РК, выпуск 2, июнь 2019. С. 44-50.
57. Татаринцов В.Н., Морозов В.Н., Камнев Е.Н., Маневич А.И. Геодинамические аспекты захоронения высокоактивных радиационных отходов (Нижнеканский массив) // Горный журнал. 2021, № 3. С. 108-113.
58. Красноярский горнохимический комбинат (ГХК) (<http://www.yabloko.ru/Publ/Atom/atom00016.html>).
59. Клер В.Р. Канско-Ачинский бурогольный бассейн ([http://www.mining-enc.ru/images/k/4/kanskoachinskij\\_ugolnyj\\_bassejn\\_resize.jpg](http://www.mining-enc.ru/images/k/4/kanskoachinskij_ugolnyj_bassejn_resize.jpg)).
60. Схема территориального планирования Красноярского края ([http://minstroy.krskstate.ru/dat/bin/art\\_attach/7633\\_9\\_stp\\_kk\\_tom\\_vi\\_prilojeniy\\_castx\\_1.pdf](http://minstroy.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/7633_9_stp_kk_tom_vi_prilojeniy_castx_1.pdf)).
61. Лобацкая Р.М. Разломно-блоковая структура Байкало-Енисейского разлома в районе эксплуатации объектов ядерной энергетики // Геодинамика и тектоника, 2014, 5 (2). С. 547-562.
62. 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. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Гл. редактор И.С. Копылов. Пермь, 2021. С. 135-143.
63. Стройка века и на века / ФГУП «НО РАО» (<http://nora.ru/press/multimedia/2495/>).
64. Понизов Антон, Распопов Эдуард. Красноярский «могильник»: разговор начистоту (<http://online.newslab.ru/noran>).

65. Комлев В.Н. Геологическое изучение площадки российского пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (Первый шаг – всегда самый сложный) // Маркшейдерский вестник. 2021. № 1. С. 48-54.
66. Комлев В.Н. К обоснованию пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (рецензия на две статьи о геологическом изучении места) // Уральский геологический журнал. 2021. № 1. С. 53-58.
67. Утилизация радиоактивных отходов в Фукусиме обойдется недешево (<http://bezrao.ru/n/4604>; <http://bezrao.ru/n/4296>).
68. Курильский остров Симушир может стать хранилищем радиоактивных отходов (<https://ecosakh.ru/category/glavnaya/raze/simushir/>; <https://sakhalin.info/news/9807>).
69. Радиоактивные отходы превратят в минералы (<https://www.nkj.ru/news/18950/>).
70. Возможность дальнейшего (второй раз: от федерального к международному) изменения статуса ПГЗРО: разделы 1.1, 1.4, 1.5 <https://www.osti.gov/servlets/purl/877906-STRTSU/>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/07/01/115145>, <https://www.rosatom.ru/journalist/news/ao-tvel-naznachenno-bazovoy-organizatsiy-sng-po-voprosam-likvidatsii-yadernogo-naslediya/>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/06/08/114625>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/06/01/114399>, <http://bezrao.ru/n/4437>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/04/22/113523>, <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2017/01/16/71717>, <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2018/03/15/84085>.
71. Гарагаи И.А., Лобковский Л.И. Деформационные тектонические волны как возможный триггерный механизм активизации эмиссии метана в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11, № 41. С. 42-50.
72. Николаев М.Н. Страсти по двухкомпонентному пути (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=9781>).
73. Комлева Елена. Ядерное человечество и Ф.М. Достоевский (<http://www.mstu.edu.ru/science/actions/conferences/files/gum2011-9.pdf>).
74. Комлева Елена. Ядерная энергия: о мере человечности // Вестник аналитики. 2005. № 2 (20). С. 68-85.
75. Комлева Е.В. Некоторые аспекты хранения и захоронения ядерных материалов // Энергетическая политика. 2012. Выпуск 4. С. 45-57.
76. Комлева Е.В. Статьи в журнале «Север промышленный» №№ 5 (10) 2007, 6-7 (11) 2007, 10-11 (26-27) 2008, октябрь 2009, 1 (36) 2011 (<https://helion-ltd.ru/nuclear-children/>), а также на сайтах [http://www.intelros.ru/pdf/veck%20globalizatsii/2011\\_2/140-149.pdf](http://www.intelros.ru/pdf/veck%20globalizatsii/2011_2/140-149.pdf), <http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/1/Komleva/>, <http://www.arcticandnorth.ru/upload/iblock/16d/3.pdf>, <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=6309> и других.
77. Ковач Татьяна. Про пункт захоронения высокоактивных радиоактивных отходов в Железногорске (<https://groups.google.com/g/enwl/c/RspanPXU55Y>).
78. Представители Российской академии наук ответили на вопросы о подземной лаборатории (<https://www.atomic-energy.ru/news/2020/07/16/105480>).
79. В Москве прошло очередное заседание Общественного совета Росатома (<https://www.atomic-energy.ru/news/2021/03/26/112659>).
80. Комлев В.Н. Российский подземный объект заключительной стадии ядерного топливного цикла: необходимость правовой экспертизы обоснования площадки // Горно-геологический журнал. 2021, № 1-2 (65-66). С. 30-36.
81. Золотухин И.Н., Бобыло А.М. Ядерная безопасность в Юго-Восточной Азии: вызовы и направления сотрудничества // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2020. № 4. С. 137-147.
82. ИБРАЭ РАН открывает филиал в г. Железногорск Красноярского края // Сайт <http://www.ibrae.ac.ru>. Новости института от 24.09.2021.
83. Петров В. А., Кроне Ю., Камнев Е. Н., Тимайер Т. Ретроспектива двух десятилетий германо-российского сотрудничества в области безопасного обращения с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. 2021. № 3 (16). С. 72-79.
84. Безобразов Эдуард. На Горно-химическом комбинате будет отправлен в простой завод фабрикация топлива (<https://uranbator.ru/64714/>, <https://uranbator.ru/65121/>).
85. Tatiana Zotina, Michail Melgunov, Dmitry Dementyev, Leonid Miroshnichenko, Yuliyana Alexandrova. A comparative study of biota and sediments as monitors of plutonium in the Yenisei River (Siberia, Russia). *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 237, October 2021.
86. Радионуклиды в Енисейском заливе и Енисее. Результаты поиска научных публикаций в русско- и англоязычной сети Интернет.
87. Россия прорабатывает вопрос по обращению с затопленными РАО (<http://bezrao.ru/n/4566>). Утечка дизельного топлива в Норильске (материал из Википедии). Агония на Ангаре (<https://novayagazeta.ru/articles/2021/06/13/agoniia-na-angare>). Черный день «РУСАЛА» (<https://uranbator.ru/64793/>).
88. Атомный итрафбат (<http://rgo-sib.ru/book/articles/206/index.htm>).

## **ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ОШИБКИ ОБОСНОВАНИЯ ЯДЕРНОГО МОГИЛЬНИКА РОССИИ**

*Обобщен опыт критического в 2016-2022 годах анализа деятельности по обоснованию создания в России пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов наивысшей опасности. Отмечены принципиальные, на взгляд автора, ошибки. В контексте международного опыта, российского законодательства, отраслевых норм и правил в сфере геологических исследований, использования недр и атомной энергии. Приведен краткий перечень источников информации, в которых изложены первичные результаты анализа.*

*Ключевые слова: геологическое захоронение радиоактивных отходов, подземное строительство, безопасность, право, технические нормы, лицензия, экспертиза, комплексный национальный проект, международный опыт, Красноярский край, Россия.*

**V.N. Komlev**

Apatity, Russia

## **PRINCIPAL ERRORS IN SUBSTANTIATION OF THE DEEP NUCLEAR DISPOSAL IN RUSSIA**

*The experience of a critical analysis in 2016-2022 of the activities to justify the creation in Russia of a deep disposal facility for radioactive waste of the highest danger is summarized. Fundamental, in the opinion of the author, errors are noted. In the context of international experience, Russian legislation, industry norms and rules in the field of geological research, subsoil use and nuclear energy. A short list of sources of information is given, which outlines the primary results of the analysis.*

***Keywords:** geological disposal of radioactive waste, underground construction, safety, law, technical regulations, license, examination, complex national project, international experience, Krasnoyarsk region, Russia.*

В связи с подготовкой к повторному прохождению государственной экологической экспертизы проекта национального могильника (Железногорск, Красноярский край, <http://zakupki.rosatom.ru/2206080482106>), полезно будет укрупненно напомнить некоторые, на мой взгляд, принципиальные ошибки прежнего его (или пункта глубинного захоронения РАО - радиоактивных отходов наивысшей опасности, ПГЗРО) обоснования. Эти ошибки обусловили во многом последующие «случайные» неприятности проекта. И, возможно, необходимость его повторной экспертизы. Весь набор допущенных и ставших известными ошибок в одну статью не вместить. Да пока и время еще не подошло для такого уровня работы над ошибками.

1. Отход от идеологии захоронения высокорadioактивных и долгоживущих твердых отходов, зафиксированной четким термином «геологическое захоронение» («geological disposal of radioactive waste») и обеспечивающей для цивилизации радиационную безопасность земной поверхности - ликвидацию угроз существованию человека. Эта идеология десятилетиями шлифовала схему научно-технических и социальных действий.

2. Подмена стандартных терминов международных и государственных документов новыми удобно изобретенными. Например, «федеральный объект окончательной подземной изоляции долгоживущих РАО на Горно-химическом комбинате» вместо ПГЗРО/геологическое захоронение, участок «Енисейский» площадью от 64,14 кв. км до 1,75 кв. км, геологический массив промышленной территории ГХК с разными и не соответствующими реальности названиями, «глубокие скважины» не подпадающие ни под одну из существующих классификаций скважин по глубине.

3. Не было должного реального выбора места размещения ПГЗРО посредством сравнения альтернативных территорий и площадок по комплексу критериев.

4. По-настоящему не было учета международного опыта, современного уровня развития науки, техники и производства.

5. Участок «Енисейский» вряд ли можно назвать подлинно выбранным (как принято согласно международной методологии) местом. Видно коренное различие принципов выбора наилучших площадок. За рубежом доминирует геология. В России все объекты захоронения РАО «уникально» (любимое слово при информировании публики специалистами ФГУП «НО РАО» - Национального оператора по захоронению РАО) являются/планируются частью закрытых городов. Размещение этих славных городов в свое время никак геологией захоронения РАО не определялось.

6. Для страны с огромной территорией, от края и до края снабженной объектами использования атомной энергии разного назначения, планировать один ПГЗРО с потенциалом на статус международного – это зря.

7. Не учтено наличие в стране мощной горной инфраструктуры с готовыми крупными подземными, заглубленными (карьеры) и комбинированными сооружениями.

8. Для планируемого ПГЗРО не реализован принцип оценки условий: регион-район-площадка.

9. Не было следования на деле, а не на словах, принципу приоритета сверхдолговременной безопасности, а не сиюминутной экономики и корпоративных интересов. Приоритета защитных свойств участка земной коры, а не инженерных барьеров.

10. Площадка назначена быть в стратегически важном географическом центре страны.

11. Площадка назначена быть вблизи Енисея.

12. Площадка назначена быть на промышленной территории ГХК (Горно-химического комбината). Нельзя рисковать, как минимум, не только Енисеем с позиций экологии, но и ядерно-космическим кластером Железногорска,

объекты которого работают на оборону страны.

Информация/вопросы к размышлению. Ограничения и запреты пользования недрами.

Статья 8 (редакция до 1 января 2022 г.) Закона «О недрах».

Пользование отдельными участками недр может быть ограничено или запрещено в целях обеспечения национальной безопасности и охраны окружающей среды (наш случай?).

Пользование недрами на территориях населенных пунктов, пригородных зон, объектов промышленности, транспорта и связи может быть частично или полностью запрещено в случаях, если это пользование может создать угрозу жизни и здоровью людей, нанести ущерб хозяйственным объектам или окружающей среде (наш случай?).

Статья 8 (редакция после 1 января 2022 г.) Закона «О недрах».

Пользование отдельными участками недр может быть ограничено или запрещено в целях обеспечения обороны страны и безопасности государства, рационального использования и охраны недр, охраны окружающей среды (наш случай?).

Пользование недрами на территориях населенных пунктов и зон с особыми условиями использования территорий может быть ограничено или запрещено в случаях, если это пользование может создать угрозу безопасности жизни и здоровья населения, охране окружающей среды, сохранности зданий и сооружений, включая сохранность горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с использованием недрами (наш случай?).

13. Вмещающими ПГЗРО породами назначены потенциально не лучшего для захоронения РАО качества гнейсы, которые находятся в контуре Канско-Ачинского угольного бассейна и значимо контактируют в плане и на глубину с юрскими отложениями Западной Сибири, в частности Западно-Сибирского артезианского бассейна.

14. ПГЗРО размещается в регионе/районе без истории глубокого бурения (то есть, без надежных знаний о глубинной геологической обстановке).

15. Автоматическая трансформация в корпоративных целях площадки для одного объекта (могильника ГХК) в площадку для другого объекта (федерального ПГЗРО в системе замкнутого ядерного топливного цикла) слабо соответствует учету таких факторов как назначение, срок службы, условия строительства и эксплуатации объекта.

16. Основной исполнитель геологических задач (Красноярскгеология) и назначенный позднее научный руководитель работ (ИБРАЭ РАН) были абсолютными новичками в проблеме геологического захоронения РАО.

17. Ответы на вопросы, высказанные специалистами ИБРАЭ РАН в ходе, инициированной оппонентами дискуссии, трудно назвать удовлетворительными (<https://proza.ru/2020/06/25/1546>).

18. Не была выполнена геологоразведочная стадия изучения недр (предположительно низкого качества) района и площадки. Именно на разведочной стадии выполняют геолого-гидрогеологическое, инженерно-геологическое и экологическое обоснование проекта и технологии

эксплуатации намечаемого объекта, включая обоснование размеров горного отвода и санитарно-защитных зон (на каких фактических данных изучения участка «Енисейский» основано установление границ горного отвода и санитарно-защитных зон?).

19. Полезно смотреть хотя бы на шаг вперед. Нельзя при геологическом изучении массива полностью игнорировать уже сегодняшнее развитие технологий настоящего глубинного/геологического захоронения твердых РАО в скважинах. Необходима разведка на глубины 1,5-2.0 км минимум.

20. Нет четкого представления по поводу гидрогеологической среды в целом промышленной территории ГХК. Основные вопросы. Питание и разгрузка недр промышленной территории? Необходима оценка стабильности флюидного режима в недрах промышленной территории при строительстве ПГЗРО или нет? Возможна ли она в настоящее время? Возможно ли питание горного массива территории за счет воды не только атмосферных осадков? Нет уверенности в том, что строительство ПГЗРО не повлияет на безопасность и дееспособность, прежде всего, всех уже существующих стратегических объектов промышленной территории ГХК.

21. Анализ опыта поиска, оценки и разведки массива, горных работ и эксплуатации подземного комплекса ГХК, бурения по гнейсам и их изучения при работах по полигонам «Северный» и «Западный», туннелю под берегами и дном Енисея – этот полезный детальный анализ (прежде всего, гидрогеологических условий) вряд ли имеется в приложении к проблеме ПГЗРО.

22. Будет ли в свободном доступе полный комплект имеющихся данных по скважинам участка «Енисейский» для независимых экспертов: перечень, назначение, схема размещения на местности, даты и технологические условия бурения, геологические, геофизические и прочие результаты исследований? Полный комплект, для независимых экспертов, имеющихся данных по скважинам площадки планировавшегося ПГЗРО на территории ПО «Маяк» (для сравнения с аналогичными данными участка «Енисейский» и для подтверждения предпочтительности красноярского варианта)?

23. Не оценено возможное, гипотетически, следствие контакта ПГЗРО Росатома на территории ГХК с нефтяной кладовой страны ХМАО-Югрой и Томской областью, которое предполагает возникновение у обеих базовых отраслей России репутационных рисков, а также технологических, экологических и экономических трудностей.

24. Интерпретации, вряд ли достоверной, результатов поисковой и оценочной стадий было недостаточно для подготовки материалов обоснования лицензий (МОЛ-2015), принятия надежных решений и разрешительных документов.

25. По мере накопления ошибок, не был учтен аналогичный опыт серьезных предшественников (США и Германии), которые заново запускают свои национальные программы после глубокого анализа неудач.

26. Недопустимое пренебрежение частью норм недропользования, лицензирования и технических регламентов. Непонимание того, что с точки

зрения права Закон «О недрах» является главным регулирующим документом при решении проблемы ПГЗРО. А заключения Роснедр – главными разрешительными документами.

27. Поспешность оформления в 2015-2016 годах МОЛ и разрешительных документов на базе ненадежных результатов геологического изучения недр и при разночтениях в трактовке функции объекта – вида лицензируемой деятельности по использованию недр.

28. Важная особенность: все документы по результатам поисковой и оценочной стадий (разведочной стадии не было, как, впрочем, и полноценной поисковой!) геологического изучения оформлены для ПГЗРО, а не для подземной исследовательской лаборатории – ПИЛ, идея которой стала ныне главной темой обсуждения работ на участке «Енисейский». Не пригодность участка по комплексу условий и не ПГЗРО, а уникальный научный проект - ПИЛ! Замена объекта обсуждения не добавляет идее Красноярского ПГЗРО ни надежности, ни безопасности. Такой поворот недопустим.

29. Работы ФГУП «НО РАО» по ПИЛ не соответствуют смыслу и условиям проведения опытно-промышленной эксплуатации ПГЗРО; не соответствуют, значит, и Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых от 2007 года, так как других подземных лабораторий эти Методические рекомендации не предусматривают (п. XIII <https://proza.ru/2020/09/20/903>).

30. Трактовка мирового опыта применения ПИЛ, а также – «жонглирование» темами ПГЗРО (общее) и ПИЛ (частное) с искажением их статуса (ПГЗРО как бы вторичен и зависит от ПИЛ, а ПИЛ как бы первична, самостоятельна и не зависит от ПГЗРО) и подменами смыслов.

31. Монополия на мнения. В частности, «Условия реализации работ по проекту в период 2008—2013 гг. не только не предусматривали необходимости, но и исключали возможность привлечения широкого круга специалистов к экспертизе и оценке качества проектных решений» («Радиоактивные отходы», № 1 (1), 2017, стр. 34).

32. Игнорирование/оставление без ответов запросов (<https://proza.ru/2017/06/28/1457>; <https://proza.ru/2017/06/29/1002>; <https://proza.ru/2017/09/21/801>; раздел 4.1 <https://proza.ru/2017/12/07/307>; п. 10 <https://proza.ru/2018/11/07/898>; РАДИАЦИОННАЯ «ИНСПЕКЦИЯ» В ЖЕЛЕЗНОГОРСКЕ, <https://vk.com/id184439202> от 4 декабря 2018 г.; миф десятый <https://proza.ru/2020/02/23/1375>; <https://proza.ru/2018/02/13/284>) общественных экспертов в адрес руководства ФГУП «НО РАО», ИБРАЭ РАН и Экспертного совета по экологии при комитете по природным ресурсам и экологии Законодательного Собрания Красноярского края.

33. Увлечение мифами при дефиците реальной информации, бюрократизацией и формалистикой при общении с общественностью (<https://proza.ru/2018/11/07/898>; <https://proza.ru/2020/05/10/812>).

К слову сказать, ограничения на информацию (прежде всего, горно-геологическую по площадке) не встречаются в проектах зарубежных ПИЛ и ПГЗРО. Наоборот, как подчеркивают специалисты ИБРАЭ, оповещающая



российскую общественность, там фиксируют главенство горного массива среди барьеров безопасности ПГЗРО и требуют открытости, доступности, прозрачности, прослеживаемости, полной привязки доказательной базы к характеристикам объекта и вмещающих пород, а также полноты информации на всех стадиях работ и принятия решений (с. 6-8, 10, 11, 13...30-33; <http://radwaste-journal.ru/docs/116/prepr2019i03.pdf>).

Во время многочисленных экскурсий на участок «Енисейский» хозяева демонстрируют лишь наземную площадку и схемы на стендах. Вероятно, полезно было бы им уже сейчас «цельный камень без трещин и воды» в естественном залегании (основа безопасности всех хранилищ/могильников РАО в Железногорске; а это естество большинство экскурсоводов и экскурсантов вообще никогда не видело и руками не щупало) иллюстрировать натурой (например, стенки туннеля под Енисеем), документальными фотографиями всего керна (а они есть как результат обязательных процедур при документировании керна) или архивными фотографиями массива до бетонирования обнажений в период прежних горных работ.

34. Увлечение математическим моделированием. «Целью настоящей работы является краткий обзор методологии обоснования безопасности с акцентом на долговременное прогнозирование. Основным инструментом прогнозирования, как и в случае создания новых реакторных установок, являются расчетные модели и программы» (Препринт ИБРАЭ № 2019-03). Тысячелетняя история «инженерного» обоснования безопасности геологических массивов людьми никак не сравнится с историей (несколько десятков лет) обоснования безопасности реакторных установок. Когда обосновывают реактор, его еще нет. А геологический массив был, есть и будет. Поэтому, для реактора преобладают модели, а для массива – натурные исследования непосредственно объекта. Методология изучения «горы/камня» отшлифована, проверена, надежна, самодостаточна (в том числе, для долговременного прогнозирования). Какой резон полностью заменять ее на модели, которые без исходных данных от природы – красивая пустышка? Неоднократно сказано: основным инструментом обоснования безопасности захоронения является классическое горно-геологическое изучение массива/разведка должным образом при сравнении полученных конкретных параметров с международными критериями напрямую.

35. ФГУП «НО РАО» (владелец двух лицензий на пользование недрами участка «Енисейский») не информировал, скорей всего, Ростехнадзор и Роснедра о новых данных и изменениях в представленных сведениях относительно условий площадки и района размещения ПГЗРО, которые интенсивно публиковались после 2016 г. в разных СМИ и научно-технических изданиях, включая журнал «Радиоактивные отходы».

36. Уровень геологического и научно-технического обоснования, взаимодействия с обществом при выборе площадки ПГЗРО был существенно занижен неадекватно статусу объекта. Слабо проявлен системный подход и социальная ответственность за свои действия и их последствия.

37. «Стратегия» (Стратегия создания пункта глубинного захоронения

радиоактивных отходов) в конце пути обоснования (<https://proza.ru/2018/07/31/1196>).

38. Много родственного/схожего в методологии подходов к безопасности можно увидеть, сравнивая примерно двадцать лет истории реактора РБМК до Чернобыля и двадцать лет истории ПГЗРО нашего века (хотя бы по статьям автора на сайте Проза.ру и по многочисленным статьям разных авторов о Чернобыльской катастрофе на сайте ПроАтом). Катастрофа века и вечный ПГЗРО – родство творцов.

39. В Стратегии-2018 создания ПГЗРО базовая стоимость строительства (капитальные затраты) не приведена.

40. Относительно площадки на территории ГХК нормы Закона «О недрах» и другие нарушены неоднократно (п. IV <https://proza.ru/2020/09/20/903>).

41. По некоторым особенностям процедуры выбора и геологического изучения, инструментально измеренных характеристик пород и изотопного состава РАО обоснование так называемого участка «Енисейский» может не соответствовать ни рекомендациям МАГАТЭ, ни международной практике захоронения отходов, ни практике надежных гидрогеологических исследований, ни Закону «О недрах» и Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, ни Закону и Методическим указаниям о лицензировании, ни национальным требованиям в сфере использования атомной энергии НП-055-04, НП-055-14 и другим, соответственно, не доказана хотя бы потенциальная пригодность участка для строительства и опытной эксплуатации ни ПИЛ, ни первой, ни последующих очередей федерального ПГЗРО, а толкования ситуации сегодняшнего дня разными группами (Красноярскгеология + ГКЗ, НО РАО + ИБРАЭ) участников и сторонников Енисейского проекта противоречат друг другу.

42. Ошибочные ТЗ (технические задания) 2022 года (<https://proza.ru/2022/05/21/5> и <https://proza.ru/2022/06/26/146>) на новые геологоразведочные работы и Материалы обоснования лицензий.

43. Если обладатель лицензий КРР 16117 ЗД и ГН-01,02-304-3318 пришел к выводу о необходимости новых геологоразведки и МОЛ, а также не может выполнить некоторых условий лицензий, то должны ли они у него быть?

44. Правильно ли создание уникального геоядерного объекта со статусом не ниже федерального уровня, коммерческого назначения, огромных затрат и геологического масштаба времени от имени всего общества одобрять/отклонять населению отдельного ЗАТО? Проблема Красноярского ПГЗРО – уж точно не проблема только Железногорска.

45. По государственному ли подвергать опасности деятельность космического и ядерного центров ЗАТО Железногорск и объективно связанные с ними много лет служебные и государственные тайны (тайны мы не обсуждаем) из-за размещения дополнительно в закрытом (!) административном образовании нового потенциально опасного по внешним и внутренним условиям объекта (ПГЗРО), относительно которого Росатом декларирует и вынужден будет соблюдать принципы открытости, международного

сотрудничества и сравнения с зарубежным опытом?

Детально с разбором обозначенных и других ошибок можно ознакомиться в статьях автора в журналах «Атомная стратегия», «Экологический вестник России», «Маркшейдерский вестник», «Горно-геологический журнал», «Уральский геологический журнал», «Менеджмент социальных и экономических систем», «Вестник Норильского индустриального института / Научный вестник Арктики», «Недра и ТЭК Сибири плюс», сборниках материалов разных конференций (в частности, «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека», Томск), сетевом издании «Сибирский экономист».

Авторам МОЛ-2022, предваряя обязательную в рамках процедуры лицензирования внешнюю экспертизу обоснования безопасности, полезно было бы, вероятно, в порядке самоподготовки заранее рассмотреть выявленные ошибки. И либо оспорить, либо исправить их. Нужно прямо сказать, что даже процесс рассмотрения будет тяжелым. Число всех обозначенных ошибок разными оппонентами Енисейского проекта в разных статьях и комментариях к ним исчисляется, скорей всего, сотнями.

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ НИЖНЕКАНСКОГО МАССИВА ДЛЯ ВЫБОРА ПЛОЩАДОК РАЗМЕЩЕНИЯ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

*В статье приведены результаты специализированных геохимических исследований (летняя гидрогазобиогеохимическая съемка) на Нижнеканском гранитоидном массиве. Проведен анализ геохимических полей гидрогеохимическим и газогеохимическим показателям в природных водах и биогеохимическим показателям по растительности. Установлены геохимические аномалии. Дана оценка геодинамической активности территории по геохимическим критериям.*

*Ключевые слова: оценка геодинамической активности, геохимические методы, гидрогеохимические, газогеохимические и биогеохимические показатели, гранитоидный массив, Енисейский кряж.*

**I.S. Kopylov<sup>1,2</sup>, M.V. Chusov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia

<sup>2</sup>JSC Yeniseineftegaz (JSC Vostsibneftegaz), Krasnoyarsk, Russia

## **GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF GRANITOIDS OF THE NIZHNEKANSK MASSIF FOR THE SELECTION OF SITES FOR PLACEMENT OF RADIOACTIVE WASTE STORAGE FACILITIES**

*The article presents the results of specialized geochemical studies (summer hydro-gas-biogeochimical survey) on the Nizhnekansky granitoid massif. The analysis of geochemical fields in terms of hydrogeochemical and gas-geochemical parameters in natural waters and biogeochimical parameters in vegetation was carried out. Geochemical anomalies have been established. An assessment of the geodynamic activity of the territory according to geochemical criteria is given.*

*Keywords: assessment of geodynamic activity, geochemical methods, hydrogeochemical, gas-geochemical and biogeochimical indicators, granitoid massif, Yenisei Ridge.*

Проблема поиска монолитных неотектонических блоков в кристаллических породах для выбора площадок размещения хранилищ радиоактивных отходов отработавших ядерных материалов (ОЯМ) атомной промышленности является одной из самых актуальных геологоразведочных задач в настоящее время [18, 19]. В этой проблеме важную роль должны играть геохимические и гидрогеологические методы, которые в комплексе с морфоструктурными методами, могут эффективно, без больших затрат времени и средств решать задачу дифференцированной оценки неотектонических условий и локального прогноза активности современных тектонических движений.

Цель статьи – изложить результаты специализированных геохимических исследований, с целью геохимической оценки геологической среды и составления естественной геохимической модели Нижнеканской площади (Нижнеканский гранитоидный массив Енисейского кряжа, в бассейне рек Большой и Малый Итат) для выбора геологически безопасного участка размещения хранилища ОЯМ. Исследования выполнялись Северной геолого-поисковой партией ОАО «Енисейнефтегаз» по договору с НИФТИ КГУ в соответствии с геологическим заданием Красноярскгеолкома, в которых авторы принимали непосредственное участие в качестве ответственных и ведущих исполнителей.

### **Методика специализированных геохимических исследований на Нижнеканской площади**

Проводимые специализированные геохимические исследования носят опытно-методический характер, поскольку отсутствуют инструктивные указания к данному виду работ. Фактически они являются первой попыткой изучения допалеозойских отложений комплексом геохимических методов в южной части Енисейского кряжа с целью геодинамической (неотектонической) оценки. Исследования проводились на основе существующих нормативно-методических документов по проведению геохимических, гидрогеологических, геоэкологических исследований [1-3, 8, 21, 22] и опыта проведения отдельных видов этих работ в Красноярском крае [5-18]. Методика их проведения изложена в «Проекте на производство специализированных геохимических исследований на Нижнеканской площади», утвержденной Научно-исследовательским физико-техническим институтом Красноярского государственного университета (НИФТИ КГУ).

Основным видом полевых работ являлись поисковые геохимические маршруты, которые в зависимости от основных методов и условий проведения работ подразделялись на гидрогеохимические и литогеохимические.

В южной части Нижнеканской площади выполнено 303 км поисковых геохимических маршрутов. В комплексе с маршрутными исследованиями проводились гидрометрические, радиометрические, химико-аналитические работы, гидрогазогеохимическое, лито-и биогеохимическое, геокриологическое опробование. Лабораторные работы выполнялись в ОАО «Енисейнефтегаз», ГПП «Красноярскгеология», Восточносибирской партии ВНИИЯГГ.

В процессе проведения специализированных геохимических исследований на в южной части Нижнеканской площади выполнено 303 км поисковых геохимических маршрутов, закартирована территория по структурно-геохимическим условиям площадью 300 км<sup>2</sup>, на которую составлен комплект карт масштаба 1:100 000. Основными результирующими картами были: гидрогеологическая, структурно-гидрогеологическая, гидрогеохимическая, газогеохимическая (распределения УВГ и гелия), биогеохимическая, радиометрическая, районирования геохимических полей,

морфометрические (графика приведена в специализированном отчете НИФТИ Красноярского госуниверситета) [15-18, 20, 23].

## **Анализ геохимических полей**

### ***Гидрогеохимические показатели***

Гидрогеохимические показатели на Нижнеканской площади изучены по 110 химическим анализам. Объектами опробования являлись редкие на площади источники подземных вод (4 родника дебитом 0,1-0,3 л/с) и поверхностные водотоки; опробованы также скважина и колодец в пос. Кедровый.

Тип воды и характер минерализации являются наиболее общим гидрогеохимическим показателем условий водообмена. Гидрохимический фон на Нижнеканской площади составляют воды гидрокарбонатно-натриевого типа (по классификации В.А.Сулина, 1948). Распространение генетических типов вод и характеристика их состава по анионам и катионам показана на гидрогеохимической схеме. Подземные и поверхностные воды района пресные с минерализацией 0,13-0,44 (0,57 г/л в пос. Кедровый), в среднем 0,24 г/л. Распределение минерализации в природных водах в основном согласуется с рельефом, конфигурация изоминер по гидрогеохимической схеме в основном близка к конфигурации гидроизогипс на гидрогеологической схеме. Выделено 12 точечных аномалий с изоминерами 0,3 и 0,4 г/л, приуроченных к тектонически ослабленным участкам.

Воды района обладают низкой степенью метаморфизации. Коэффициент метаморфизации  $Na/Cl$  изменяется от 0,6 до 13. Среднее его значение 5,3 свидетельствует о преобладающем инфильтрационном питании. Среди анионного состава преобладающим компонентом является гидрокарбонат-ион, определяющий химический состав воды. Содержание его в пределах площади 1,6-6,0 мг-э/л. В водах практически отсутствуют сульфаты и очень незначительно присутствуют хлориды. Содержание хлор-иона 0,08-0,20 мг-э/л. Исключение составляют водопункты в пос. Кедровый /скважина, колодец/, содержание сульфат-иона 0,52, хлор-иона 1,1-1,4 мг-э/л, но здесь вероятно техногенная гидрохимическая аномалия. Из катионов преобладают кальций и магний. Содержание кальция изменяется от 0,5 до 4,8, магния 0,1-2,0, натрия 0,1-1,2 мг-э/л. Из микрокомпонентов отмечается повышенное содержание брома на участках рек Бол. и Мал. Итатов в их нижних течениях – 0,60-0,79 мг-э/л, что в 3-4 раза превышает содержание хлор-иона в соответствующих точках (в скважине пос. Кедровый содержание брома значительно меньше – 0,26 мг-э/л). Характеризуя гидрогеохимические показатели Нижнеканской площади в целом, можно отметить, что здесь, при достаточно большом объеме проб, не обнаружено значительных гидрогеохимических аномалий в их естественном проявлении, свидетельствующих о глубинной фильтрационной миграции вещества.

### *Газогеохимические показатели*

Газогеохимические показатели в природных водах Нижнеканской площади изучены по 95 анализам водорастворенного газа, характеризующих 47 водопунктов. Для характеристики приземной атмосферы также изучались пробы воздуха. Анализы проводились в двух лабораториях – ВНИИЯГГ и АООТ «Енисейнефтегаз». Для расчета углеводородных газов (УВГ) принимались средние значения.

Состав газа воздушных проб кислородно-азотный с незначительным содержанием углекислоты и незначительной примесью других газов. Содержание азота 77,3-79,2 %, кислорода 20,4-21,7%, углекислого газа 0,2-0,9 %, водорода 0-0,0008 %, гелия – до 0,001 %, метана 0,0077-0,0079 %, ТУ – не обнаружены.

Газонасыщенность природных вод в покровных горизонтах от 16 до 47, в среднем 30 см<sup>3</sup>/л. Состав газов азотный, кислородно-азотный, с примесью углекислоты, с незначительным содержанием водорода, гелия, УВГ, с аномальным содержанием метана в отдельных пробах.

Содержание азота колеблется от 64,8 до 92,3 %, содержание кислорода от 0,0 до 28,7 %, содержание углекислого газа от 0 до 20,8 %, содержание водорода от 0,00 до 0,2 %. Для целей геохимического моделирования интерес представляют гелий и УВГ.

Гелий (He) представляет значительный интерес при выяснении геохимических условий территории. Его основным источником является радиогенный распад и ядерные реакции в глубинах геосферы Земли [24]. Поэтому, повышенные концентрации, сопровождающие аномалии УВГ могут косвенно свидетельствовать об эпигенетичности газов, формирующих данную аномалию. Гелий из воздуха в открытые водоемы попадает в ничтожных количествах, максимально 0,000047 см<sup>3</sup>/л, что соответствует равновесному содержанию He в атмосфере 0,0005 %-об [2, 21].

В природных водах изученной площади содержание гелия колеблется от 4,0 до 14,0, в среднем 5,05 x 10<sup>-4</sup> %-об. По содержанию 5,4.10<sup>-4</sup> %-об (выше фона) на изученной площади выделено 4 аномалии, из них 3 аномалии имеют также аномальные характеристики по УВГ, что свидетельствует об эпигенетичности последних. Наиболее крупные аномалии по гелию установлены в среднем течении р.Мал.Итата и его левого крупного притока.

Углеводородные газы (УВГ) в составе изученных водорастворенных газов площади занимают подчиненное значение, включают метан и его гомологи, от этана до гексана, а также непредельные УВГ ряда этилена, пропилена, бутилена и изомеры С4 и С5. Пространственное распределение метана и суммы его гомологов показано на газогеохимической схеме площади.

Метан (СН<sub>4</sub>) является преобладающим компонентом в составе водорастворенных УВГ. Генетическая природа метана различная, наряду с поступлением из глубинного источника генерации органического вещества (ОВ), СН<sub>4</sub> образуется в современных осадках и входит в состав болотных и почвенных газов. Поэтому, генетическая диагностика метановых аномалий

затруднена и при интерпретации их осуществляться комплексный подход с учетом других показателей.

В природных водах Нижнеканской площади содержание метана изменяется от 21 до  $2537 \times 10^{-4}$  %-об. В восьми пробах установлены «ураганные» значения метана от 0,57 до 8,77 %-об. При исключении этих «ураганных» значений, среднее значение концентрации  $\text{CH}_4$  в природных водах площади составляет  $515 \times 10^{-4}$  %-об. Это значение в 15 раз превышает среднее содержание метана в природных водах Юрубченской площади с нефтегазоконденсатным месторождением.

На изученной площади установлены две крупные метановые аномалии в среднем течении р.Мал.Итата и его левого крупного притока. Они фиксируются по 5 и 6 аномальным точкам с концентрациями  $\text{CH}_4$  до 8,77 %-об. К ним приурочены крупнейшие на площади аномалии по гелию. Так, в т.н. 5238 установлено содержание  $\text{CH}_4$  3,2 %-об и  $\text{He}$   $14 \times 10^{-4}$  %-об. Это свидетельствует об эпигенетичности аномалий и делает возможным предположить наличие газовой залежи в недрах контура этого участка.

Тяжелые углеводороды (ТУ) включают гомологи метана от  $\text{C}_2\text{H}_4$  до  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . В своем составе они содержат, в основном, этан, этилен, пропан, пропилен, бутан, бутилен, остальные ТУ встречаются реже. Углеводородный коэффициент  $\text{CH}_4 / \text{ТУ}$  в среднем равен 197. Концентрации нормальных ТУ, в основном, превышают концентрации их изомеров. Сумма предельных ТУ, в основном, превышает сумму непредельных ТУ.

Основным источником ТУ в гидросфере считается рассеянное и концентрированное ОВ осадочных пород. Вопрос о возможности образования ТУ в почвах и современных осадках дискуссионный. Большинство российских и зарубежных исследователей считают, что современные осадки не содержат УВГ от этана до пентана.

В природных водах изученной площади ТУ имеют содержание 0,45-13,88, в среднем  $2,7 \times 10^{-4}$  %-об. Среднее значение ТУ в водах Нижнеканской площади равно среднему значению их в водах Юрубченской площади (даже с учетом их (ураганных) значений). Этот факт заслуживает внимания для оценки Нижнеканской площади на предмет перспектив нефтегазоносности.

На изученной площади установлены три аномалии по ТУ. Наибольший интерес представляет собой аномалия в нижнем течении левого крупного притока р.Мал.Итата. Она фиксируется по 9 точкам с содержанием ТУ  $3,0-13,88 \times 10^{-4}$  %-об и пространственно совпадает с аномалией по гелию. Так, в т.н.5200 установлена концентрация ТУ  $4,7 \times 10^{-4}$  %-об и  $\text{He}$   $9,0 \times 10^{-4}$  %-об. О миграционной природе ТУ в пределах этой аномалии могут свидетельствовать преобладания в составе ТУ предельных над непредельными, нормальных над изомерами; положительная корреляционная связь ТУ с  $\text{He}$ . Пространственно она совпадает с неотектонически активной и высокоактивной зоной и аномальными участками по модулю подземного химического стока.

Таким образом, по газогеохимическим показателям на Нижнеканской площади установлено следующее. В северо-восточной части площади выявлена крупная аномалия по ТУ, которая совпадает и соединяется с двумя крупными



аномалиями по метану, образует единую аномалию УВГ полукольцевой формы. Приуроченность к ней гелиевых аномалий и генетические коэффициенты диагностируют ее, как связанную с залежью углеводородов. В центральной части Нижнеканской площади, значительных газогеохимических аномалий не установлено, и эта часть может характеризоваться, как самая стабильная в неотектоническом отношении по геохимическим критериям.

### ***Биогеохимические показатели***

Биогеохимический метод основан на определении миграции химических элементов в системе почва – растение. Практическое значение для биогеохимических поисков в настоящее время имеет изучение геохимических аномалий элементов-индикаторов только в растениях, благодаря стабильному положению этих биообъектов на местности. Однако, субвертикальная миграция УВГ может привести к перераспределению элементов в зоне гипергенеза, благодаря чему, в фитосфере могут формироваться новые биогеохимические аномалии, свидетельствующие о нарушении монолитности пород [4].

Биогеохимические (фитогеохимические) исследования на Нижнеканской площади проводились в процессе литогеохимических маршрутов по сетке 2 x 2 км с кондицией 0,2 точки на 1 км<sup>2</sup> площади. Опробование проводилось по двум уровням растительности (нижний – мох, трава и верхний – преимущественно пихта, береза, ель). Объем проанализированных проб составил: 1 уровень (нижний) – 49 проб, 2 уровень (верхний) – 50 проб.

В результате обработки данных спектрального анализа золы растений получены следующие средние содержания микроэлементов ( $n \times 10^{-4} \%$ , по 1 и 2 уровням соответственно): Pb 7,3 и 1,9; Cu 7,4 и 6,7; Zn 45,4 и 64,8; Cr 5,4 и 1,6; Ti 198 и 105; Mn 392 и 846; Ba 241 и 754; Sr 88,6 и 174,4; Co 0,8 и 0,3; V 5,5 и 1,5; Ni 3,6 и 2,1; Mo 0,3 и 0,2; Sn 0,4 и 0,2; Zr 14,2 и 14,5; B 31 и 98; Cd 0,3 и 0,2; Ga 0,6 и 0,1; Be 0,2 и 0,2; Ge 0,07 и 0,01; W 0,2 и 0,0; Ag 0,02 и 0,01; Y 2,2 и 1,0; Yb 0,1 и 0,1; La 2,0 и 0,2; Se 0,5 и 0,04; Nb 0,8 и 0,5; P 1000 и 1000; Bi 0,2 и 0,2; As 0,0 и 0,0; Sb 0,0 и 0,04; Ce 0,3 и 0,0; Li 1,2 и 1,1.

Обращает внимание факт, что средние содержания по нижнему уровню в большинстве случаев значительно выше, чем по верхнему. Многие элементы имеют высокие значения, их средние содержания на порядок и более превышают кларковые содержания по А.И.Перельману [3].

Как отмечает Е.В.Стадник [22], окислительная среда обуславливает высокую подвижность Cu, Cr, Zn, Pb, V, Ni, которые накапливаются в растительности. В то же время, в окислительной обстановке отмечается дефицит в растительности Fe, Co, Mn и накопление их в почве.

Отношение содержания микроэлементов нижнего уровня к верхнему для подвижных элементов более 1 характерно для большей части Нижнеканской площади. На участках, где повышается общая концентрация элементов в растительности, этот коэффициент уменьшается, что вероятно связано с восстановительной обстановкой или с привнесением дополнительных компонентов. На таких участках в единичных пробах присутствуют Sb, Yb, Se, Se, La. По растительным ассоциациям отмечается некоторое отличие по

содержанию таких микроэлементов, как Ge, Nb, W, Ce, Se, которые встречены в пробах по моховому покрову и не отмечены в травах и древесной растительности.

Иллюстрация распределения по площади того или иного химического элемента, определенного спектральным анализом (всего определено 32 микроэлемента и 2 макроэлемента) посредством громоздкого набора схем, лишает наглядности представленный материал. Поэтому, для суммарной оценки по всем компонентам, результаты спектрального анализа были выражены в баллах. Подсчет баллов произведен по каждому элементу в каждой точке опробования, в зависимости от абсолютной величины концентрации элементов и оценены в равнозначных баллах.

Для характеристики полей концентрации микроэлементов, ореолов рассеивания, построения биогеохимических схем, выбраны 8 элементов-индикаторов: Pb, Cu, Zn, Cr, Ti, Mn, Ba, Sr со средним содержанием выше кларка и обязательным присутствием во всей выборке. Этот набор элементов также рекомендован при геохимических поисках нефти и газа на апробированных месторождениях в Западной и Восточной Сибири и Казахстане [22].

На биогеохимической схеме по 8 вышеперечисленным микроэлементам, построенная по двум уровням отдельно и обобщенно. По нижнему уровню растительности высокие и аномально высокие концентрации элементов отмечаются в северо-восточной части рассматриваемой площади – в бассейне среднего течения р. Мал.Итата, объединяющиеся в аномалию субширотного простирания. Повышенные значения этих элементов отмечены также еще в двух точках в бассейне р.Бол.Итата, остальные точки на большей части территории имеют значения ниже среднего.

По распределению вышеуказанных элементов верхнего уровня также выделяются участки с высокими содержаниями, объединенные в аномалию, полосой протягивающейся от центра площади в северо-восточном направлении, где она накладывается на аномалию по нижнему уровню. Отдельно обособленная аномалия выделяется в северо-восточной части площади, которая также совпадает с аномалией по нижнему уровню.

Биогеохимическая схема по сумме баллов двух уровней более контрастно подчеркивает аномалию в северо-восточной части площади, которая пространственно совпадает с аномалиями по структурно-гидрогеологическим и газогеохимическим показателям, а на морфометрических схемах – с неотектонически активной зоной. Дальнейшая детализация построений по результатам спектрального анализа не внесла изменений в полях распространения и концентрации микроэлементов по площади. На построенной биогеохимической схеме по сумме баллов 25 микроэлементов подтверждена морфология и пространственное положение биогеохимической аномалии в северо-восточной части площади (контуры аномалий по 8 и 25 микроэлементам полностью совпали), и небольшой аномалии в северо-западной части площади.

## **Заключение**

Проведенные в южной части Нижнеканской площади специализированные геохимические (структурно-геохимические) исследования позволяют сделать следующие выводы:

- по гидрогеохимическим показателям на изученной площади в северной части площади, в среднем течении рек Бол. и Мал. Итатов установлены повышенные содержания брома;

- по газогеохимическим показателям на изученной площади установлены несколько аномалий в северной и восточной частях территории. Крупнейшая углеводородная аномалия по метану и тяжелым углеводородам, совпадающая с гелиевой аномалией закартирована в северо-восточной части площади, на участке рек Мал. Итата и его левого крупного притока. В центральной части площади газогеохимических аномалий не установлено;

- по биогеохимическим показателям на изученной площади закартирована крупная аномалия в северо-восточной части, на участке рек Мал.Итата и его левого крупного притока и небольшая аномалия в северо-западной части площади. Эти аномалии фиксируются по всем биообъектам по 25 основным микроэлементам. На остальной части территории распределение показателей в основном фоновое и ниже фона;

- проведенные специализированные геохимические исследования – по анализу геохимических полей (и ранее проведенные морфоструктурный анализ, структурно-гидрогеологический анализ, геохимическая съемка по снежному покрову) однозначно характеризуют неотектонические условия Нижнеканской площади. В северо-восточной части отмечается наиболее активная в неотектоническом отношении зона, в центральной части – наиболее стабильная зона;

- геохимические показатели, изученные на рассматриваемой площади, являются показателями состояния геологической среды и могут быть использованы для фоновой геоэкологической характеристики при составлении оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при строительстве объектов на этой территории;

- по результатам проведенных геохимических исследований на Нижнеканской площади для размещения объекта хранилища РАО рекомендуется участок площадью 8 x 8 км с центром 4 км восточнее пос. Кедровый.

## **Библиографический список**

1. Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений. М., Недра, 1980.
2. Зорькин Л.Н., Старобинец И.С., Стадник Е.В. Геохимия природных газов нефтегазопоисковых бассейнов. М., Недра, 1984.
3. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., Мингео СССР, 1983.
4. Копылов И.С. Биогеохимические показатели, аномалии и их нефтегеологическое значение (Тунгусский бассейн) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2021. № 24. С. 106-112.
5. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской

- платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.
6. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
7. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
8. Копылов И.С. Методика комплексной геохимической и мерзлотно-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 применительно к условиям западной части Сибирской платформы, для районов Байкитской антеклизы и ее обрамлений. Требования и кондиции к производству полевых работ. Красноярск, ГГП «ЕНГГ». 1988.
9. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
10. 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.
11. 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.
12. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. 2017. С. 178-186.
13. Копылов И.С. Применение структурно-гидрогеологического анализа и модуля подземного углеводородного стока при поисках нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 225-229.
14. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ Камовского свода Сибирской платформы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2018. № 21. С. 395-401.
15. 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.
16. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ при оценке геодинамической активности Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2016. № 19. С. 356-361.
17. Копылов И.С., Ликутков Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.
18. 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.
19. Лаверов И.П., Величкин В.И., Кочкин Б.Т. и др. Методологические основы исследований на завершающем этапе выбора площадок для размещения хранилищ отработавших ядерных материалов в кристаллических породах // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2010. № 1. С. 3-12.
20. Ликутков Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.
21. Методические указания по применению и комплексированию методов массовых поисков месторождений урана. Водногелиевая съемка. МГ СССР, Алма-Ата, 1975.
22. Новые прямые методы поисков нефти и газа / Е.В. Стадник. Обзорн. инф. Серия нефтегазовая геология и геофизика. М., ВНИИОЭНГ, 1984.
23. Результаты поисковых и научно-исследовательских работ по выбору площадок для подземной изоляции ВАО и ОЯТ на Нижнеканском массиве гранитоидов (Южно-Енисейский кряж) / Е.Б. Андерсон и др.; Труды радиевого института им. В.Г. Хлопина Т. XI. СПб., 2006. С.8-64.
24. 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.

## **МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*В статье приведены результаты геоэкологических исследований и мониторинга на Юрубчено-Тохомском нефтегазовом месторождении. Описаны климатические, метеорологические, гидрологические, геоморфологические, ландшафтные, геоботанические, геокриологические, инженерно-геологические, гидрогеологические условия района. Проведен анализ экологического состояния геологической среды по гидрогазогеохимическим, литогеохимическим и биогеохимическим показателям.*

*Ключевые слова: геоэкология, геологическая среда, мониторинг, нефтегазовое месторождение, Восточная Сибирь.*

**I.S. Kopylov<sup>1,2</sup>, M.V. Chusov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia

<sup>2</sup>JSC Yeniseineftegaz (JSC Vostsibneftegaz), Krasnoyarsk, Russia

## **MONITORING OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE YURUBCHENO-TOKHOMSKOE OIL AND GAS FIELD**

*The article presents the results of geoecological studies and monitoring at the Yurubcheno-Tokhomskeye oil and gas field. The climatic, meteorological, hydrological, geomorphological, landscape, geobotanical, geocryological, engineering-geological, hydrogeological conditions of the area are described. The analysis of the ecological state of the geological environment was carried out according to hydro-gas-geochemical, litho-geochemical and biogeochemical indicators*

*Key words: geoecology, geological environment, monitoring, oil and gas field, Eastern Siberia.*

### **Введение**

Согласно «Концепции формирования нефтяной и газовой промышленности Красноярского края, утвержденной постановлением Администрации от 08.07.96 N 439-П, первым крупным центром нефтяной промышленности в крае определен Юрубчено-Тохомский район.

Район Юрубчено-Тохомского месторождения (ЮТМ) и прилегающая к нему территория (центральная часть Красноярского края, бассейн р.Подкаменной Тунгуски) начали изучаться задолго до открытия месторождения (1984 г.). Основной вклад в изучение геологической среды сделала Северная геолого-поисковая партия ОАО "Енисейнефтегаз" (ранее ГПП "Енисейнефтегазгеология"). С середины 60-х годов XX в. она проводила геолого-поисковые, структурно-геологические, гидрогеохимические, геохимические, затем – с 80-х годов XX в. – мерзлотно-гидрогеологические,

инженерно-геологические исследования, а начиная с 1991 г. – геоэкологические исследования, картографирование и мониторинг [6].

В 1972 г. была составлена первая структурная карта масштаба 1:100 000 по подошве ордовика, выделены антиклинальные структуры, даны рекомендации по направлению поисковых работ, тогда же начаты буровые работы. Первый промышленный приток нефти получен в 1977 г. на Куюмбинском поднятии. В 1980 г. начаты работы на Юрубченском поднятии (скв. Юр-1). В 1982 г. скв. Юр-5 дала промышленный приток нефти, что может считаться датой открытия месторождения. В 1984 г. Юрубченское месторождение поставлено на Государственный баланс. В 1993 г. Юрубченское, Терское, Усть-Камовское месторождения объединены в одно – Юрубчено-Тохомское месторождение (ЮТМ) [23].

В нефтегеологическом отношении ЮТМ расположено в пределах Байкитской нефтегазоносной области в составе Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. В тектоническом отношении месторождение приурочено к центральной части Камовского свода Байкитской антеклизы. Нефтегазоносность связана с карбонатными и терригенными (песчаники) отложениями вендского и рифейского возрастов. Извлекаемые запасы ЮТМ составляют по категории  $C_1$  – 64,5 млн тонн нефти,  $C_2$  – 172,9 млн тонн, газа ( $C_1+C_2$ ) – 387,3 млрд м<sup>3</sup>. Оператором месторождения является ОАО «Восточно-Сибирская нефтегазовая компания» (входит в структуру НК Роснефть). В 2013-2017 гг. велось строительство магистрального нефтепровода «Куюмба-Тайшет». 18.01.2017 г. нефтепровод «Куюмба-Тайшет» введен в эксплуатацию [25].

## **Природно-климатические характеристики ЮТМ**

### ***Климатические и метеорологические условия***

Район ЮТМ расположен в поясе умеренных широт и характеризуется резко континентальным климатом с холодной продолжительной зимой и коротким летом с жаркими днями и прохладными ночами. Преобладают ветры юго-западного и юго-восточного направления со средне-годовой скоростью 1–2 м/с. Весной иногда наблюдаются сильные ветры до 15-20 м/с.

Показателем теплового режима является среднегодовая температура воздуха. По данным метеопостов ЮТМ она колеблется от -1,8° до -2,5°. Самая низкая температура -53°С установлена в декабре 1991 г. (пост «Юрубчен»), самая высокая температура +36°С установлена в июле 1993 г. (пост «Чавичина») [6].

Режим осадков района определяется атмосферной циркуляцией различной в теплый и холодный периоды. Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции «Усть-Камо» составляет 460 мм, в целом по площади увеличивается в северо-западном направлении. Около 75-80% годовой суммы осадков выпадает в теплое время в период активизации циклонической деятельности. Осадки в летне-осенний период носят характер затяжных дождей, реже гроз с короткими сильными ливнями. Зимой устанавливается

область высокого давления – Сибирский антициклон, характеризующийся преобладанием малооблачной погоды со слабыми ветрами и незначительным количеством осадков в виде снега. Продолжительность снежного покрова составляет 180–190 дней. Максимальная высота его на полигонах ЮТМ на ровных участках 38–62 см, у подножий крутых склонов до 150–200 см. Промерзание почвы наступает в октябре, весеннее оттаивание происходит в начале июля.

Химический состав осадков района является в общем характерным для Средней Сибири, отражая типы географического ландшафта. Дождевые воды имеют слабокислую и кислую реакцию среды и характеризуются преобладанием гидрокарбонатных ионов при общей минерализации 20–40, в среднем 30 мг/л, характеризуются отсутствием сульфатов и нитратов и небольшим содержанием хлора. Из катионов преобладают натрий и кальций. Осадки по снегу по химическому составу аналогичны дождевым осадкам, но характеризуются большей минерализацией 50–100, в среднем 70 мг/л.

### *Гидрологические условия*

Реки района принадлежат к бассейну р. Подкаменной Тунгуски и ее левого притока р.Камо. Гидрографическая сеть района хорошо развита. Густота речной сети составляет 0,15–0,20 км на 1 км<sup>2</sup>. Основными крупными реками являются р.Камо со своим левым притоком р.Тохомо, протяженностью 260 и 150 км, протекающими в субширотном направлении на восток. Ширина их русел в верховьях 5–10 м, в нижнем течении до 100 м. Крупнейшие их притоки – реки Юрубчен и Чавичина с протяженностью до 60–70 км, Сумума, Малый Юрубчен, Ниж.Делингадон, Вэдрыше и др. с протяженностью до 30–40 км. Реки часто меандрируют, образуют крупные излучины с медленным течением воды, которые сменяются бурным и быстрым течением, шумными перекатами, небольшими порогами.

Водный режим водотоков непостоянный и зависит от количества атмосферных осадков и характерен для области развития многолетне-мерзлых пород (ММП). Питание рек происходит за счет весеннего снеготаяния, летне-осенних дождей, вод сезонно-действующих источников, грунтовых и неглубоко залегающих подземных вод и артезианских глубинных подземных вод.

Летняя межень с преимущественно подземным питанием рек выражена отчетливо в августе – сентябре. В зимнюю межень расход рек (Юрубчен и Малый Юрубчен) уменьшается в 5–8 раз по сравнению с меженным периодом, в летне-осенний паводок увеличивается в 4–6 раз, а в весенний паводок – в 50–80 раз.

Среднегодовой сток поверхностных вод составляет в среднем по району 6 л/с /км<sup>2</sup>. Модуль речного стока по зимней межени составляет в среднем 1 л/с /км<sup>2</sup>. Расчеты основанные на генетическом расчленении гидрографа (по методу В.И.Куделина) показывают, что доля подземного стока в общем стоке составляет в среднем 25–30%.

Поверхностные воды пресные, с фоновой минерализацией 0,15–0,40 г/л, с гидрокарбонатно-кальциевым, магниевым и натриевым составом. В связи с

интенсивным развитием буровых работ, состав поверхностных вод на некоторых участках значительно изменился.

### ***Геоморфологические условия***

Рассматриевый район расположен в пределах Средне-Сибирского плоскогорья и представляет собой приподнятую полого-холмистую равнину, изрезанную сильно разветвленной гидрографической сетью. Средние превышения над уровнем моря колеблются в пределах 500–600 м, отдельные участки имеют абсолютные отметки свыше 800 м. Относительные превышения водоразделов над днищами долин составляют в среднем 250–400 м.

Рельеф района сформировался на слабонаклонно залегающих осадочных породах с различной степенью устойчивости к выветриванию, инъецированных интрузиями траппов. Ведущими факторами рельефообразования явились тектонические движения, эрозионно-денудационные процессы и литологический состав отложений.

По генетическим признакам рельеф территории подразделяется на денудационный, эрозионно-денудационный, и эрозионно-аккумулятивный. Основными историко-генетическими категориями рельефа являются поверхности выравнивания, поверхности врезания (склоны), и комплекс речных террас.

Денудационный рельеф включает в себя верхнюю поздне триасовую поверхность выравнивания, выработанную на траппах с базисными отметками свыше 580 м. Для нее характерен холмисто-увалистый рельеф с относительными превышениями холмов до 20–40 м. Отмечаются отдельные скальные останцы, встречаются низкие, плосковерхие, пологонаклонные гряды. Повсеместно наблюдаются элювиальные глыбовые развалы долеритов. Отмечается большое количество мегатрещин, к которым часто приурочены болотные массивы и озера.

Эрозионно-денудационный рельеф включает в себя среднюю и нижнюю поверхности выравнивания, охватывает до 40% всей площади. Для средней поверхности выравнивания (отметки 360–600 м), выработанной на интрузиях и терригенно-карбонатных породах эвенкийской и пролетарской свит, характерен грядовой, холмисто-увалистый рельеф с амплитудами расчленения до 100 м. Нижняя поверхность выравнивания (240–500 м), выработана на породах средне-эвенкийской подсвиты, для нее характерен полого-волнистый и грядово-холмистый рельеф. Рыхлые отложения представлены маломощным слоем элювиально-делювиальных суглинков с мелкой щебенкой.

Денудационно-эрозионный рельеф включает в себя склоны водоразделов современной гидросети. Основной фон рельефа составляют склоны средней крутизны (15–30°), и пологие склоны (до 10–15°). Крутые (30–40°) и гравитационные склоны (более 40°) характерны для прирусловых частей долин. Склоновые отложения представлены крупноглыбовым материалом, а также рыхлыми супесями и суглинками.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф представлен речными долинами с поймой, долинами с преобладанием глубинной эрозии и комплексом



надпойменных террас. Долины наиболее крупных рек – Камо, Тохомо, Юрубчена, Чавичины, имеют довольно сложное строение, ширина их на некоторых участках достигает 1–1,5 км. Наиболее характерны два морфологических вида: долины с V-образным поперечным профилем и долины с трапециидальным поперечным профилем. Террасы развиты ограниченно. Четко выделяется лишь пойма и 1 надпойменная терраса. Она прослежена почти повсеместно, высота ее 2–8 м, поверхность сравнительно ровная, слабо наклонена в сторону реки.

Более высокие террасы зачастую не имеют отчетливых границ. Поймы и террасы сложены аллювиальными песками, супесями и суглинками с гравием и галькой. Поверхность их часто заболочена (Копылов и др., 1992ф, 1993ф).

### *Характеристика ландшафтов и геоботанические условия*

Рассматриваемый район относится к зоне тайги к подзоне средней тайги, характеризуется темно и светлохвойными лесами. На территории развиты различные типы почв и растительности. Преобладающим является горно-мерзлотно-таежный тип почвообразования и связанные с ним широко развитые суглинистые и глинистые дерново-подзолистые, местами маломощные щебенистые почвы. В долинах рек развиты болотно-подзолистые и болотные почвы, местами торфяники.

Растительный покров является одним из важнейших компонентов ландшафтных индикаторов мерзлотно-гидрогеологических условий. Наличие связи между характером и составом растительности с одной стороны и мерзлотно-гидрогеологическими условиями с другой, позволяет выделить на рассматриваемой территории следующие индикаторные растительные ассоциации (Копылов и др., 1992ф, 1993ф).

1). Для участков распространения ММП:

- лиственничник ерниковый бруснично-голубичный, на хорошо дренированных поверхностях, на подзолистых почвах;
- лиственничник сфогново-зеленомощный на увлажненных поверхностях;
- ерnikово-сфагновые болота с угнетенным лиственничным редколесьем (лиственничные мари) на торфяно-глеевых мерзлых почвах;
- тальниковое лиственнично-ерниковое криволесье в долинах рек на торфянистых, гумусовых почвах.

2). Для участков распространения маломощной многолетней мерзлоты и талых пород:

- леса темнохвойные (кедр, пихта, ель) на склонах и водоразделах;
- лиственнично-кедровое редколесье на вершинах водоразделов и поверхностях с хорошей дренированностью пород;
- леса смешанные березово-елово-сосново-лиственничные, разнотравные, на торфянистых, гумусовых почвах;
- леса преимущественно березовые, разнотравные (восстановленный лес на старых гарях);

3). Для участков распространения таликовых зон:

- леса лиственные (береза, осина, лиственница) на склонах и водоразделах;
- леса сосново-лиственничные зеленомошные на поверхностях со слабой дренированностью пород;
- сосновые боры бруснично-разнотравные на поверхностях хорошо дренированных с маломощным чехлом грубообломочных рыхлых отложений;
- густые кедровые леса;
- осоковые болота в поймах рек, широких и плоских логах и седловинах с небольшими повышениями над долинами;
- горелые участки леса (молодые гари).

Животный мир богат видами. В лесах сохранилась чисто таежная фауна – лоси, медведи, олени, соболь, белка, лисица, заяц. Из птиц характерны: глухари, утки, совы, кедровки.

В последние годы на природные ландшафты описываемой территории оказывает влияние хозяйственная деятельность человека, особенно геолого-разведочные работы, под влиянием которых создаются антропогенные ландшафты.

### ***Геокриологические условия***

Рассматриваемая территория входит в южную зону распространения многолетнемерзлых пород (ММП) и область глубокого сезонного промерзания и характеризуется преимущественно островным характером распространения ММП. В зависимости от ведущего – геоморфологического фактора выделены геокриологические элементы: комплексы речных долин, склонов современной гидросети и водораздельных поверхностей.

Для речных долин существуют наиболее благоприятные условия для глубокого многолетнего промерзания. Мощности ММП здесь составляют в большинстве случаев 20–40, в среднем 30 м. Максимальная мощность ММП – 70 м, установлена в долине р.Камо, напротив устья р.Чавичины (скв. Юр-43). Однако в речных долинах располагаются и наиболее крупные талики.

Для склонового типа местности характерна более однородная геокриологическая обстановка, глубина многолетнего промерзания пород составляет 20–30 м.

На водораздельных поверхностях ММП отсутствуют, реже имеют островное распространение с мощностью до 30 м.

Сезонное промерзание и протаивание пород (СПП) зависит от многих факторов: наличия ММП, геоморфологического положения, экспозиции склона, состава, генезиса и мощности отложений, затененности места, растительности, влажности грунта, времени измерения и др. В результате этих факторов, СПП даже на локальных участках может сильно варьировать. По данным наших измерений на геокриологических полигонах установлено, что средняя мощность СПП в начале летнего периода составляет 0,3–0,5 м, в начале осеннего периода 0,7–1,0 м. Наименьшие мощности СПП 0,2–0,4 м наблюдаются в оторфованных суглинках и глинах озерно-болотных отложений, пойм и террас, но здесь же на сильно дренированных поверхностях эта

мощность может достигать нескольких метров. В аллювиальных песках, галечниках мощность СПП часто 1,5–2 и более метров.

Для мерзлых грунтов характерна крупная и тонкая линзовидная криогенная текстура для увлажненных разностей с влажностью от 20–60% и сетчатая текстура для переувлажненных сильно льдистых прослоев с влажностью до 200%.

Температура на поверхности грунтов в данном районе колеблется около 0°C, в целом повышается от днищ долин к водоразделам.

Температура пород на глубине 15–20 м (которая отождествляется со среднегодовой температурой пород) по всем скважинам ЮТЗ варьирует от 2,3 до - 3,0°C.

Температурное поле осадочного чехла в пределах рассматриваемой территории достаточно однородно, температуры на поверхности катангской свиты изменяются от 22,6°(скв.Юр-54) до 26,3°C (скв.Юр -16) [4].

### ***Инженерно-геологические условия***

По инженерно-геологическим условиям территория расположена в пределах Приенисейского инженерно-геологического региона. На данной территории по принципу литолого-генетического (формационного) анализа выделены три геологические формации.

Красноцветная терригенная формация верхнекембрийского возраста (эвенкийская свита) имеет преимущественное распространение. Представлена песчаниками, алевролитами, аргиллитами, мергелями с прослоями доломитов и известняков. Мощность отложений 300–500 м. Породы имеют следующие физико-механические свойства. Общая пористость пород изменяется в широких пределах от 5,1 до 26,5% в известняках и доломитах и от 7,3 до 25,4% в алевролитах. Наиболее трещиноваты загипсованные доломиты, наименее - аргиллиты и алевролиты. Объемная масса известняков и доломитов 2,1–2,6 г/см<sup>3</sup>, песчаников и алевролитов - 2,2–2,5 г/см<sup>3</sup>. Водопоглощение пород составляет 1,5–14%. Временное сопротивление сжатию сухих образцов в известняках 120–180 Па, в доломитах 15–32 Па, при насыщении и промораживании снижают прочность в 2-5 раз. Коэффициент размягчения в карбонатных породах составляет 0,27–0,52, коэффициент морозостойкости - 0,22–0,39. Породы формации легко выветриваются, образуя песчано-глинистый элювий, а у подножья крутых и высоких склонов – осыпи песчано-глинистого материала с большим количеством щебенки и глыб песчаников и карбонатных пород.

Терригенно-карбонатная формация ордовика развита локально на водоразделах. Отложения представлены доломитами и известняками с прослоями песчаников, аргиллитов и алевролитов. Мощность формации до 120 м. Физико-механические свойства пород близки верхнекембрийским породам.

Трапповая формация триасового возраста приурочена к зонам глубоких разломов. Преобладают долериты и габбродолериты мощностью до 200 м. Невыветрелые долериты имеют очень высокую прочность, объемную массу и плотность, низкую пористость и водопоглощение близкое к нулю. Породы

водостойки и морозостойки, очень устойчивы к выветриванию. На водоразделах и склонах образуются крупноглыбовые осыпи и развалы, реже щебенистые накопления с супесчаным заполнителем.

Четвертичные отложения представлены тремя основными геолого-генетическими комплексами.

Геолого-генетический комплекс элювиально-делювиальных отложений сплошным чехлом покрывает склоны и водораздельные пространства. Мощность достигает 3 м, в среднем 0,5–1,5 м. Состав и окраска зависят от подстилающих пород. Для отложений характерен большой разброс показателей физико-механических свойств. Мерзлые грунты при оттаивании могут переходить в тегучепластичное состояние и давать значительную неравномерную осадку. Породы на склонах находятся в неустойчивом положении.

Геолого-генетический комплекс озерно-болотных отложений представлен оторфованными суглинками, глинами, супесями, торфами и приурочен к пониженным участкам рельефа, поймам рек с мощностью до 5 м. Из-за большой водонасыщенности, влажности, пористости отложений, наличия слоистых криогенных текстур, при оттаивании следует ожидать высокую сжимаемость отложений.

Геолого-генетический комплекс аллювиальных отложений занимает узкие вытянутые участки в долинах рек. Русловая фация представлена валунно-галечными, реже песчано-галечными накоплениями.

Отложения пойм и надпойменных террас представлены песками, супесями, суглинками, с включением гравия и гальки. Общая мощность аллювия в долинах крупных рек 5–10 (до 44) м. Для этого комплекса характерен большой разброс физико-механических свойств, высокая влажность. При оттаивании мерзлые грунты будут давать значительную и неравномерную осадку, пески могут приобретать плавунные свойства.

Экзогенные геологические процессы (ЭГП) на рассматриваемой территории имеют широкое развитие. Их особенностью является то, что они протекают в промерзающих, протаивающих и мерзлых породах при изменениях температуры и переходах ее через точку плавления льда. Наибольшее развитие на территории получили следующие криогенные процессы: заболачивание, пучение грунтов, термокарст, солифлюкция, наледеобразование, а также развиты другие ЭГП – морозное выветривание, склоновые процессы отседания, оползни, эрозионная работа рек, оврагообразование, карст.

Особую роль в развитии современных геологических, в том числе и криогенных процессов играет антропогенная деятельность и в частности геолого-разведочные работы – бурение скважин, проходка геофизических профилей, строительство дорог, вахтовых поселков и др. На территории ЮТМ процессы оврагообразования, заболачивания и оползни установлены на 27 промплощадках поисковых и разведочных скважин. На двух из них (скв. Юр-43 и Вдр-6) проводились режимные нивелировочные работы [3, 9].

### *Гидрогеологические условия*

По гидрогеологическому районированию данная территория расположена в юго-западной части Тунгусского артезианского бассейна Восточно-Сибирской гидрогеологической области и характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными влиянием многих природных факторов – интенсивной разрывной тектоникой, резкой неоднородностью неотектонических движений, развитием ММП, карстом.

В разрезе осадочного чехла рассматриваемого района принимают участие три гидрогеологические формации: нижняя (подсолевая) – рифей, венд и основание кембрия; средняя (соленосная) – нижний и верхний кембрий и верхняя (надсолевая) – средний и верхний кембрий и ордовик. Нижняя и средняя формации характеризуются затрудненным и весьма затрудненным водообменом. В зоне активного водообмена в верхней гидрогеологической формации на рассматриваемой территории имеет распространение четыре водоносных комплекса (ВК): ВК четвертичных отложений, ВК интрузивных траппов триаса, ВК ордовикских отложений и ВК средневерхнекембрийских (эвенкийских) отложений.

Питание водоносных комплексов осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и за счет подтока из подмерзлотных горизонтов. Разгрузка происходит по трещинам на участках литологических контактов водопроницающих пород (карбонаты, песчаники) с водоупорными (аргиллиты, мергели, алевролиты, ММП). Водообильность неравномерна по площади. Встречаются обширные необводненные или спорадически обводненные участки и участки с водообильными зонами, обусловленными тектонической трещиноватостью. Сток подземных вод в зоне активного водообмена определяется рельефом и структурно-тектоническими условиями. Подземные воды движутся от водоразделов к местным эрозионным врезам.

На рассматриваемой площади преимущественное распространение имеет ВК средневерхнекембрийских отложений. Установлено более 100 выходов подземных вод с дебитами от 0,1–1 до 30 л/с. Пластовые выходы и групповые источники с дебитами более 10 л/с обусловлены тектонической трещиноватостью и связаны с развитием локальных тектонических структур и особенно – с геодинамическими активными зонами (на Камовском своде нами установлены источники с дебитом до 511 л/с) [7, 11-13, 24].

В ВК верхнесреднекембрийских отложений выделено 5 водоносных горизонтов. Для целей технического водоснабжения скважин глубокого бурения интерес представляют три верхних горизонта. Первый водоносный горизонт мощностью 35–40 м со статическим уровнем воды 62–130 м, второй – мощностью 6–10 м со статическим уровнем воды 32–176 м, третий – мощностью 3–20 м со статическим уровнем воды 15–30 м. Дебит по водозаборным скважинам в первых двух горизонтах достигает 10–12, в третьем 1–4 м<sup>3</sup>/час. В четвертом и пятом горизонтах испытания не проводились.

Подземные воды в основном пресные, с минерализацией 0,2–1,5, в среднем 0,4 г/л. Локально встречены пункты разгрузки соленоватых вод с

минерализацией до 10 г/л. Преобладающий состав гидрокарбонатно-кальциево-магниевый, реже сульфатно-хлоридно-натриевый.

## **Геоэкологическая изученность и основные результаты геоэкологических исследований ЮТМ**

### ***Существующие пункты мониторинга и стационарных режимных наблюдений***

Наблюдения за уровнем атмосферы и гидросферы на региональном уровне в Российской Федерации осуществляются государственными организациями Госкомгидромета. Территория ЮТМ не охвачена этой сетью наблюдений. Ближайшие пункты наблюдений расположены в пос. Байките и Богучанах на реках Подаменной Тунгуске и Ангаре. Также имеется метеостанция «Усть-Камо».

### ***Геоэкологическая изученность ЮТМ (по работам Северной ГПП)***

Фоновое состояние геологической среды, в т.ч. – состава природных вод района ЮТМ изучено по данным гидрогазобиохимических и литогеохимических съемок, проведенных ГПП «Енисейнефтегазгеология» в 1972-1976, 1982 и 1987-1997 гг. (А.А. Агеев, А.П. Баландин, В.И. Бурмин, А.П. Ветчанинов, В.С. Гилин, Н.И. Горбунов, Н.А. Испанов, И.С. Копылов, Г.И. Попов, Ю.А. Тишин, М.В. Чусов, В.С. Ширококов и др.) [2, 5, 7, 8, 9, 21].

Геоэкологическое картирование масштаба 1:200 000 на Юрубченском месторождении началось в 1991 г., было проведено в районе ЮТМ и прилегающей территории (в бассейне рек Камо, Тохомо, Юрубчена, Чавичины, Ниж. и Верх. Мадры, Юж. Токуры, Куюмбы) в летне-осеннее время, на общей площади 5000 км<sup>2</sup>. Было выполнено 2150 км маршрутов с изучением 600 пунктов наблюдений. Обследованы все технологические площадки глубокого бурения (73 скважины).

В связи с созданием Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), разработкой программы по проведению Государственного мониторинга окружающей среды (ГМГС) на территории Красноярского края и Эвенкии автором (Копылов, 1994ф) была разработана программа работ на проведение ГМГС на 1995-2015гг.) и концепция территориального уровня на принципах: приоритетности, реальности, комплексности и использовании имеющихся возможностей [13]. Для ЮТМ И.С. Копыловым и М.В. Чусовым в 1996 г. (Северная ГПП ОАО «Енисейнефтегаз» совместно с институтом «Гипровостокнефть» - Самара) была разработана программа экологического мониторинга [20].

В конце мая проведен первый контрольный маршрут по рр. Тохомо и Камо (протяженностью 160 км) в период весеннего паводка с опробованием 32 водопунктов – 1 этап мониторинга по весеннему паводку.

В октябре начались проводиться режимные наблюдения на двух геоэкологических постах «Юрубчен» и «Тохомо» с ежедневными измерениями уровней воды, температур, гидрогеохимии.

В 1992 г. геоэкологическое картирование ЮТМ проведено на площади 6000 км<sup>2</sup> (верховье рек Камо, Горбилка, Каменки, на р.Кумонде) и на площади 3000 км<sup>2</sup> проведен площадной геоэкологический мониторинг по техногенному изучению геологической среды. Выполнено 2308 км маршрутов, проводилось комплексное периодическое опробование на режимных скважинах Юр.65, 69 (до 10 повторов).

В начале апреля проведен мониторинг по снежному покрову («снежная съемка») на участках «Юрубчен» и «Тохомо» (площади по 10х10 км).

В конце мая проведен 2 этап мониторинга по весеннему паводку на рр. Тохомо и Камо.

Режимные работы на постах «Юрубчен» и «Тохомо» проводились регулярно с января по декабрь, с июня начал действовать пост «Чавичина» - по более полной программе с устройством инженерно-геокриологического полигона.

В 1993 г. геоэкологическое картирование проведено на площади 1500 км<sup>2</sup> (бассейн рр.Тайги и Тери) и площадной геоэкологический мониторинг проведен на площади 2500 км<sup>2</sup> (по скважинам Юрубченского месторождения). Выполнено 1130 км маршрутов.

Проведен мониторинг по «снежной съемке» на участке "Юрубчен" (февраль-март), «Тохомо» (март-апрель) и на промплощадке скв.Юр-65.

Проведен мониторинг (3 этап) по весеннему паводку на рр. Тохомо и Камо (в конце мая).

Режимные работы проводились регулярно на всех трех постах с января по декабрь. В декабре пост «Чавичина» был закрыт, а на посту «Юрубчен» работы временно приостановлены.

В 1994 г. геоэкологическое картирование проведено на площади 2500 км<sup>2</sup> (в бассейне рек Тохомо, Манкуры, Верх. Зелиндукона и р. Камо в среднем течении) и на площади 2500 км<sup>2</sup> - площадной геоэкологический мониторинг по скважинам Юрубченского и Оморинского месторождений. Выполнено 1180 км маршрутов.

Проведен мониторинг (4 этап) по весеннему паводку рр. Тохомо и Камо (май-июнь).

Проведены рекогносцировочные геоэкологические исследования по водопунктам на участках рек Кычет и Моктыгина (Кычетская площадь - август 1994 г.).

Режимные работы проводились регулярно на посту «Тохомо» с января по декабрь, а на посту «Юрубчен» - с октября.

В 1995 г. проведен геоэкологический мониторинг в бассейне р. Юрубчен на площади 1000 км<sup>2</sup>, проведен маршрут по р.Тохомо. Выполнено 534 км маршрутов.

«Снежная съемка» проводилась на участке «Юрубчен» дважды – в январе и апреле, на участке «Тохомо» - в январе.

Режимные работы проводились регулярно на двух постах – «Юрубчен» и «Тохомо» с января по декабрь.

С 1996 г. площадных геоэкологических работ, мониторингов по весеннему паводку, «снежной съемки» не проводилось. Пост «Юрубчен» с июня 1996 г. был закрыт.

Режимные работы проводились регулярно (Северной ГПП) только на посту «Тохомо» (до 2013 г.).

### ***Основные результаты геоэкологических исследований на ЮТМ***

Оценка состояния химического состава приповерхностной гидросферы в 1991–1996 гг. изучена по 3000 химическим анализам. Среднестатистические данные гидрохимических компонентов по подземным и поверхностным водам отдельно для фонового района (бассейн р.Камо выше устья р.Кумонды) и района разведочного бурения ЮТМ, показывают, что в пределах площадей бурения фоновые концентрации солей увеличились по сравнению с прежним состоянием в 1,2–1,3 раза, как в поверхностных, так и в подземных водах. При этом, содержание химических компонентов (минерализация, хлориды, сульфаты и др.) в отдельных водотоках под воздействием техногенного загрязнения увеличились в несколько раз. Сформировались устойчивые гидрохимические аномалии. За пределами площадей бурения, химический состав вод в течение длительного времени остается практически постоянным.

Основными источниками загрязнения приповерхностной гидросферы являются химические токсичные вещества, содержащиеся в буро-сточных водах (БСВ). В результате проведенных исследований выявлены 33 скважины, где установлено наличие стоков БСВ в близлежащие водоемы. Отмечены факты аварийных выбросов БСВ из амбаров-накопителей, вследствие чего наблюдалось повышение минерализации и других компонентов в десятки раз - в ручьях, дренирующих эти стоки. Так, на ручье Калан (левый приток р.Чавичины, с дебитом по летней межени 20–30 л/с) содержание хлор-иона по данным режимных наблюдений до начала бурения скв.Юр-65 составляло 0,1–0,2 мг-э/л, в период бурения в течение всего лета 1992 г. оно колебалось в пределах 5–15 мг-э/л, в 1993 г. достигало 80 мг-э/л, в 1994 г. составляло 1,4–2,9 мг-э/л. При попадании БСВ путем выноса ручьями в крупные водотоки, химические реагенты растворяются в большом объеме воды и как правило, химический состав рек изменяется незначительно, растворенные компоненты не превышают предельно-допустимых концентраций (ПДК).

Более точно масштабы изменения гидрохимического фона показывает модуль поверхностного химического стока (Мпхс), представляющий собой величину, учитывающую зависимость химического состава вод от расходов водоисточников (количество вещества выносимого реками в единицу времени с единицы площади). Сравнительный анализ Мпхс по бассейнам рек ЮТЗ показывает следующее. На фоновых участках рек (где не было глубокого бурения) Мпхс практически не меняется, либо имеет тенденцию к уменьшению. На техногенных участках (где в бассейнах рек имеются глубокие скважины) Мпхс в течение времени меняется по-разному, увеличение его значений происходит в периоды особенно сильного воздействия (загрязнения) скважин на поверхностные водотоки. Так, в бассейне руч. Калан, в 1993 г.



модули по минерализации и хлор-иону выросли по сравнению с фоном 1987 г. соответственно в 32 и 1075 раз. По большим рекам – Тохомо, Юрубчену и Чавичине эти модули увеличились соответственно в 1,5–2,1 и 1,2–3,1 раза [14, 16, 18, 22].

Среднефоновые концентрации по углеводородным газам, углеводородоокисляющей микрофлоре, нефтепродуктам и другим растворенным органическим веществам (РОВ) в природных водах ЮТЗ с течением длительного времени изменялись незначительно, за исключением локальных участков техногенного загрязнения. Установлены водопункты с превышением ПДК в водах по Pb, Cr, Ni, Ti, Mn, Ba, Be, Sr, Ag, Sb, Cd. Анализ РОВ методом инфракрасной спектromетрии показал, что некоторые источники и водотоки в бассейнах рек Камо, Юрубчена и Чавичины на участках бурения имеют техногенное нефтяное загрязнение – воды их содержат окисленную нефть со значениями превышающими ПДК.

На территории ЮТЗ проведен отбор 1500 проб на определение токсичности воды из источников и поверхностных водотоков. Полученные данные по их биотестовому анализу позволили построить схему распределения коэффициента токсичности (Кт), где выделены две зоны. Первая зона характеризуется преобладанием токсичных и высокотоксичных вод (Кт выше 0,5), охватывает низовья крупных рек района в пределах площадей нефтегазопромыслового и разведочного бурения. Вторая зона характеризуется преобладанием нетоксичных и слаботоксичных вод (Кт ниже 0,5), распространена за пределами площадей глубокого бурения и охватывает в основном участки в верховьях рек района. Средние значения коэффициента токсичности в подземных и поверхностных водах в пределах каждой из зон существенно не отличаются друг от друга. Так, среднее значение Кт в первой зоне в подземных водах составляет 0,67, в поверхностных водах – 0,71, а во второй зоне соответственно – 0,06 и 0,14 [17].

Оценка состояния приповерхностной атмосферы изучена по опробованию приземного воздуха и снежного покрова. Состав газа воздушных проб кислородно-азотный с примесью углекислоты, незначительным содержанием водорода и углеводородов, не превышающих ПДК. Состав газа по снежному покрову аналогичный составу приповерхностного воздуха, но отмечаются повышенные содержания тяжелых углеводородов в некоторых пробах. Химический состав осадков в целом фоновый, однако отмечено, что на промплощадках действующих скважин, химический состав снежного покрова значительно изменен. Так, на промплощадке скважины ЮР-65 в феврале 1993 г. установлена техногенная гидрогазогеохимическая аномалия.

Оценка геохимического состояния приповерхностной литосферы и фитосферы проведена по лито-и биогеохимическому опробованию на спектральный анализ грунтов и растительности по двум уровням. Результаты спектрального анализа по грунтам (660 проб) и растительности (1500) проб показывают на сложное распределение микроэлементов по площади. Во многих точках установлены значения превышающие ПДК по Pb, Cu, Cr, Ti, Ba. Однако,

существенного различия в средних содержаниях микроэлементов по фоновым точками промплощадкам скважин не установлено [1, 6].

В пределах отдельных лицензионных участков в последние годы осуществляется ведомственный мониторинг объектного уровня нефтедобывающими компаниями.

В 2001-2007 гг. ЗАО «ЭКОПРОЕКТ» (г. Санкт-Петербург) по режимным наблюдениям Северной ГПП провел экологический мониторинг участка опытно-промышленной эксплуатации на Юрубченском лицензионном участке ОАО «ВОСТСИБНЕФТЕГАЗ» в пределах территории Эвенкийского автономного округа» (А.Ю. Пузаченко и др., 2008ф). В период наблюдений отмечались превышения ПДК в природных водах по нефтепродуктам, фенолам, цинку и др. В последний год наблюдений – в 2007 г. антропогенного воздействия на состав вод и донных отложений водотоков (Малый Юрубчен и Юрубчен), контролируемых в рамках программы локального мониторинга, выявлено не было. Состояние почвы в границах землеотвода участка опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) по известному в геохимии суммарному показателю «Zc» – «удовлетворительное». Анализ аэрофотоснимков и космических снимков QuickBird, ASTER позволил уточнить представление о растительном покрове участка и оценить современный уровень преобразования территории. В среднем по участку антропогенному воздействию подверглось 1,24 % территории. Площадь антропогенно-трансформированной территории на ключевом участке составляет около 8,7 %, что почти в пять раз выше, чем на остальной территории. В целом около 16 % территории участка представлено гарями на различной стадии восстановления. В районе экологического мониторинга доля различных гарей составляет около 27 %.

В 2010 г. ООО «Экосупервайзер» выполнил мониторинг состояния недр и сопредельных сред в пределах Куюмбинского и Терско-Камовского лицензионных участков ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз» (А.Л. Лелекова и др., 2010ф). Были проведены регулярные наблюдения за состоянием природной среды на постах объектной мониторинговой сети (3 гидрохимических створа на р. Подкаменная Тунгуска и стационары на промплощадках скважин К-2, К-217, К-219). Оценено современное состояние компонентов природной среды, выявлены тенденции к его изменению. Выявлены негативные экзогенно-геологические процессы, развивающиеся на данной территории. Дана оценка системы мониторинга лицензионных участков и рекомендации для его дальнейшего ведения и оптимизации.

Таким образом, проведенный мониторинг Юрубчено-Тохомской зоны показывает, что производство буровых работ на изученной территории значительно влияет на геологическую среду, особенно на приповерхностную гидросферу. Это обусловлено многими фактами нарушения технологии бурения и аварийными ситуациями. В результате этого сформировались локальные техногенные аномалии с превышением ПДК по многим показателям, которые формируются в единую зону, охватывающую весь район бурения. Минерализация вод в целом увеличилась в 1,5–2 раза. За пределами

района бурения гидрогеохимический фон за период последних 20–30 лет практически не изменился [6].

### **Заключение**

Результаты проведенных исследований показывают, что при полном соблюдении комплекса природоохранных мероприятий при производстве буровых работ, влияние техногенного фактора на геологическую среду сведено к минимуму. Также отмечается тенденция снижения концентрации показателей в техногенных аномалиях со временем при условии ликвидации источника загрязнения.

Этот факт можно отнести к заслугам многих специалистов, ученых, экологов, геологов, нефтяников, которые за более чем 30-летний период изучения геологической среды Байкитского нефтегазоносного региона (которые привели к открытию, а в дальнейшем – разработке уникального Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения) способствовали рациональному и экологическому недропользованию ЮТМ.

Однако в связи с вводом новых промышленных участков и особенно – с вводом магистрального нефтепровода (что значительно расширяет площадь влияния нефтегазового техногенеза на геологическую среду), дальнейший контроль недропользования необходимо проводить по новой современной экологической программе с использованием методов и средств аэрокосмического мониторинга [19].

### **Библиографический список**

1. Копылов И.С. Биогеохимические показатели, аномалии и их нефтегеологическое значение (Тунгусский бассейн) // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2021. № 24. С. 106-112.
2. Копылов И.С. Битуминологические показатели перспектив нефтегазоносности на западе сибирской платформы // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2022. № 25. С. 133-140.
3. 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.
4. Копылов И.С. Геокриологические условия юго-запада Восточной Сибири // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 192-204.
5. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 91-96.
6. Копылов И.С. *Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы*. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
7. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
8. Копылов И.С. Гидрогеохимические показатели зоны гипергенеза тунгусского бассейна и их нефтегеологическое значение // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2022. № 25. С. 141-147.
9. Копылов И.С. Закономерности формирования геоэкологических и инженерно-геологических условий Байкитского нефтегазоносного региона // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2014. № 14. С. 108-113.
10. Копылов И.С. *Методика комплексной геохимической и мерзлотно-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 применительно к условиям западной части Сибирской платформы, для*

районов Байкитской антеклизы и ее обрамлений. Требования и кондиции к производству полевых работ. Красноярск, ГПП «ЕНГТ». 1988.

11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.

12. 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.

13. 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.

14. Копылов И.С. Применение структурно-гидрогеологического анализа и модуля подземного углеводородного стока при поисках нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 225-229.

15. Копылов И.С. Система мониторинга окружающей среды Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения (Восточная Сибирь) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10-1. С. 104.

16. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ Камовского свода Сибирской платформы //

17. Копылов И.С., Даль Л.И. Хемотоксическое биотестирование природных вод для экологической оценки // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 5-3. С. 351.

18. 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.

19. 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.

20. Копылов И.С., Чусов М.В. Программа экологического мониторинга территории деятельности предприятия ОАО «Енисейнефтегаз» (Юрубчено-Тохомское месторождение) / ОАО Восточно-Сибирская нефтегазовая компания. Красноярск, 1996.

21. 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.

22. Ликутев Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.

23. Сафронов М.Ю., Варганов А.С., Комаров В.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, серия Тунгусская, лист Р-47-XXVI (Усть-Камо) / под ред. В.А. Бармина. Объяснительная записка. 2-е изд. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2019.

24. 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.

25. [https://www.nftn.ru/oilfields/russian\\_oilfields/krasnojarskij\\_kraj/jurubcheno\\_tokhomskoe/20-1-0-116](https://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/krasnojarskij_kraj/jurubcheno_tokhomskoe/20-1-0-116).

## **ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОГО)**

*Разработана концепция и основные принципы системы мониторинга и контроля геологической среды Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения. Система мониторинга окружающей среды предполагает включение мониторинга по атмосферному воздуху, снежному покрову, природным водам, почвам и грунтам, донным осадкам, ландшафтам, экзогенным геологическим процессам, растительности, животному миру, социальной сфере. Обоснованы принципы формирования наблюдательной сети. Определены геоэкологические задачи, последовательность и основные методы их решения на стационарных постах и на новых эксплуатационных участках.*

*Ключевые слова: геоэкология, геологическая среда, мониторинг, нефтегазовое месторождение, Восточная Сибирь.*

**I.S. Kopylov<sup>1,2</sup>, M.V. Chusov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia

<sup>2</sup>JSC Yeniseineftegaz (JSC Vostsibneftegaz), Krasnoyarsk, Russia

## **FORMING A SYSTEM OF MONITORING AND CONTROL OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF OIL AND GAS FIELDS (BY THE EXAMPLE OF YURUBCHENO-TOKHOMSKY)**

*The concept and basic principles of the system for monitoring and controlling the geological environment of the Yurubcheno-Tokhomskoye oil and gas field have been developed. The environmental monitoring system involves the inclusion of monitoring of atmospheric air, snow cover, natural waters, soils, bottom sediments, landscapes, exogenous geological processes, vegetation, wildlife, and the social sphere. The principles of formation of the observational network are substantiated. The geoecological tasks, the sequence and the main methods for their solution at stationary posts and at new production sites are determined.*

*Key words: geoecology, geological environment, monitoring, oil and gas field, Eastern Siberia.*

### **Введение**

Контроль состояния геологической среды, прогноз развития неблагоприятных процессов и осуществление профилактических и защитных мероприятий являются важнейшими задачами на нефтегазовых месторождениях. Решение этих задач невозможно без осуществления разномасштабных и долговременных наблюдений за объектами геологической среды, которые осуществляются путем мониторинговых исследований.

Существуют десятки определений понятия «мониторинг». По одному из его первых определений, данных Ю.А. Израэлем [6], мониторинг – это система наблюдений, позволяющая выделить изменения биосферы под влиянием человеческой деятельности (мониторинг антропогенных изменений окружающей среды). По определению Н.М. Реймерса [34] мониторинг окружающей среды – это слежение за состоянием окружающей человека природной среды и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов. Обобщающее определение мониторинга геологической среды дает В.А. Королев [28]: «Мониторинг геологической среды – это система постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления геологической средой или какой-либо ее частью, проводимая по заранее намеченной программе в целях обеспечения оптимальных экологических условий для человека в пределах рассматриваемой природно-технической системы».

В соответствии с действующей в РФ нормативно-правовой (Закон РФ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ, Статья 46. Требования в области охраны окружающей среды при осуществлении деятельности в области геологического изучения, разведки и добычи углеводородного сырья, а также при переработке (производстве), транспортировке, хранении, реализации углеводородного сырья и произведенной из него продукции), инструктивно-экономической и нормативно-технической документации ("Руководство по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации" 1993 г., "Положение об ОВОС в РФ" 1994 г., "Инструкцией по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности" 1995 г. и др.), процедура организации любого экологически опасного вида деятельности, к которым относится нефтегазодобыча, требует не только серьезных экологических изысканий и исследований, начиная с самых ранних этапов ее обоснования, но и организации их нормального функционирования производственного экологического контроля (мониторинга) за строительством и эксплуатацией объектов и сооружений нефтегазодобычи, производственной и социальной инфраструктуры [2, 3, 8, 9, 30-32, 35-37].

В связи с созданием Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), разработкой программы по проведению Государственного мониторинга окружающей среды (ГМГС) на территории Красноярского края и Эвенкии была разработана программа работ на проведение ГМГС на 1995-2015 гг.) (Копылов, 1994ф) и концепция территориального уровня на принципах: приоритетности, реальности, комплексности и использовании имеющихся возможностей [16, 21]. Для Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения (ЮТМ) И.С. Копыловым и М.В. Чусовым в 1996 г. (Северная ГПП ОАО «Енисейнефтегаз» совместно с институтом «Гипровостокнефть» - Самара) была разработана программа экологического мониторинга [26]. По существу, это территориально-объектный уровень мониторинга, который начал проводиться с 1991 г. с охватом прилегающей к этому месторождению территории. При разработке концепции этой программы учитывался опыт проведения экологического мониторинга в

системе нефтегазодобывающих предприятий («Еганойл», «Пермнефть» «ЛУКОЙЛ» и др.) на нефтегазоносных месторождениях Западной и Восточной Сибири и Пермского Приуралья [1, 4, 5, 7, 10, 16, 33]. Данный мониторинг на ЮТМ осуществлялся (Северная ГПП) в течение более 20 лет (до 2013 г.), результаты его проведения отражены в отчетах и научных публикациях [11-18, 20-27].

### **Принципиальные основы построения системы мониторинга**

Концепция мониторинга предусматривает специальную систему наблюдений, контроля, оценки, краткосрочного прогноза и определения долгосрочных тенденций в состоянии биосферы под влиянием антропогенных и техногенных процессов, в том числе и связанных с разведкой и разработкой нефтяных месторождений.

Ведение мониторинга базируется на создании и оборудовании специальной режимной сети и наличии долгосрочной программы наблюдений. В программе предусматривается необходимость изучения фонового состояния биосферы и определения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Разработка конкретной программы мониторинга должна осуществляться из следующих основополагающих принципов:

1). Системный подход к проведению мониторинга – предполагает сопряженное выполнение иерархически соподчиненных работ для решения задач обзорного (масштаб 1:500000), регионального (1:200000), детального (1:50000) и детализационного (1:5000) мониторинга природных и техногенных объектов;

2). Комплексный характер мониторинга – наблюдения должны охватывать все природные среды: воздушный бассейн, водную среду, недра, почвы, рельеф поверхности, ландшафт, растительность, биологические ресурсы, социальную сферу;

3). Объективность выполнения работ – полученная информация должна быть достоверной и адекватно отражать происходящие изменения, что достигается на организационном и практическом уровне проведения работ;

4). Непрерывность мониторинга – является важнейшим условием выполнения работ. В зависимости от объекта мониторинга, наблюдения должны быть регулярными (ежедневными, ежедекадными, ежемесячными, ежеквартальными, ежегодными);

5). Достаточность мониторинга – обеспечивается объемом проводимых исследований (количественный аспект) и правильностью выбора пунктов, маршрутов или точек наблюдений (качественный аспект);

6). Результативность мониторинга – предполагает унификацию систематизацию, обработку данных, формирование информационных банков. Логическим продолжением этапов сбора, обработки и накопления информации является ее анализ и разработка на этой основе дополнительных природоохранных мероприятий;

7). Поэтапный характер мониторинга – постепенное увеличение количества пунктов наблюдений по мере освоения объектов, с целью достижения его наибольшего охвата, как в плане, так и в разрезе.

### Формирование системы мониторинга и контроля окружающей среды Юрубчено-Тохомского месторождения

Общая система контроля состояния природно-геологической среды на начальной стадии освоения ЮТМ показана на рис. 1.

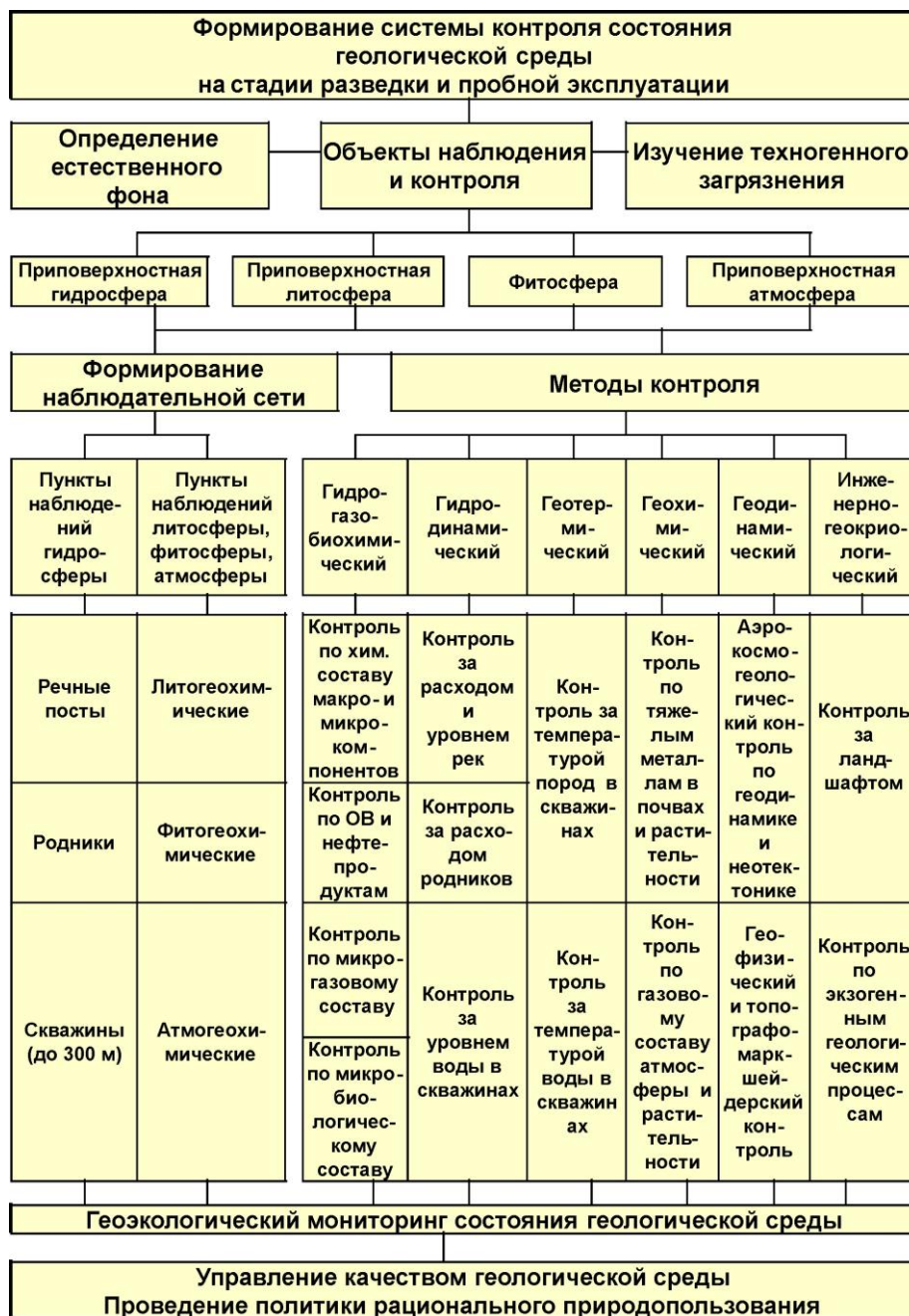


Рис. 1. Система контроля состояния природно-геологической среды на начальной стадии освоения Юрубчено-Тохомского месторождения [16]



Система мониторинга окружающей среды в районе ЮТМ предполагает включение мониторинга по атмосферному воздуху, снежному покрову, природным водам, почвам и грунтам, донным осадкам, ландшафтам, экзогенным геологическим процессам, растительности, животному миру, социальной сфере.

### ***Мониторинг атмосферы***

Мониторинг атмосферы направлен на контроль за текущим состоянием загрязнения (изменения) атмосферного воздуха, разработку и оценку прогноза загрязнения и выработку мероприятий на их сокращение. Для осуществления мониторинга атмосферы настоящей работой предусматривается создание системы автоматизированных стационарных пунктов контроля за загрязнением воздушного бассейна, располагаемых на стационарных геоэкологических постах, площадках ЦПС, ДНС, НПУ, ГТЭС, вахтового поселка, а в дальнейшем в процессе промышленной эксплуатации месторождения и в населенных пунктах Байкит, Куюмба, Богучаны и Таежном.

Одновременно с отбором проб воздуха определяются и метеорологические параметры – направление и скорость ветра, давление, влажность, состояние дымовых шлейфов. В период неблагоприятных метеоусловий (НМУ), а также в случае аварийных выбросов и значительного возрастания концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, частота отбора будет увеличиваться.

### ***Мониторинг водной среды***

Мониторинг водной среды заключается в изучении состояния природных водоисточников (подземных и поверхностных вод) в зоне воздействия намечаемых объектов и сооружений, а в дальнейшем при промышленной эксплуатации месторождения также в районе населенных пунктов Байкит, Куюмба, Богучаны и Таежный и включает в себя определение: уровня (на водоемах и в скважинах), скорости и расхода (на водотоках), температуры воды и других физических свойств, химического состава, ХПК, БПК, СПАВ, нефтепродуктов, ароматических углеводородов, тяжелых металлов, водорастворенных газов, общую токсичность вод и другие виды анализов. При этом предусматривается использование мобильных и стационарных специально оборудованных лабораторий.

Для получения данных о фоновых характеристиках артезианских подземных вод предусматривается бурение наблюдательных скважин глубиной до 300 м, в которых ведется наблюдение за режимом подземных вод. Эти наблюдения состоят из систематических замеров уровня и температуры подземных вод, периодического опробования воды на различные виды анализов. Замеры уровня и температуры воды, отбор проб воды на химанализ в скважинах рекомендуется проводить ежемесячно, опробование на другие виды анализов – ежеквартально.

Гидрологические наблюдательные створы организуются на всех реках, попадающих в зону влияния разработки ЮТМ (рр. Под.Тунгуска, Камо,

Тохомо, Юрубчен, Чавичина, Талакан, Бугарик и другие), а также на реках Ангара, Карабула, Иркинеева, Верх.Терь, Кумонда, Кажма, Каменка, которые попадают в зону влияния магистрального нефтепровода, нефтеналивной эстакады, крупного газоперерабатывающего комплекса и основных объектов инфраструктуры, которые намечаются к строительству при промышленной эксплуатации месторождения. Организуется система наблюдательной сети по гидромониторингу.

### ***Мониторинг донных осадков***

Мониторинг донных осадков осуществляется с целью контроля содержания и накопления в донных осадках ЗВ. Отбор осадков производится на определение солевого состава, тяжелых металлов, нефтепродуктов. Работы проводятся одновременно с опробованием на гидрологических постах. Периодичность опробования 2 раза в год: зимой и летом.

### ***Литомониторинг***

Литомониторинг (мониторинг по почво-грунтам) заключается в наблюдении, измерении, регистрации и контроле показателей состояния грунтов в верхнего плодородного слоя почвы в пределах буровых площадок, объектов и сооружений нефтегазодобычи и нефтепереработки (включая производственную и социальную инфраструктуру) на предмет определения его загрязненности отходами строительства, химреагентами, катализаторами, ингибиторами коррозии, другими токсичными веществами. Пробы отбираются по профилю через промплощадку с интервалом 50 м, за пределами ее на участке 1 км<sup>2</sup> по профилю через 250 м. Литопроба отбирается из верхнего слоя грунта на экстракцию нефтепродуктов, водные вытяжки солей, спектральный анализ. Периодичность опробования 2 раза в год: после схода снега и перед становлением снежного покрова.

### ***Фитомониторинг***

Фитомониторинг (мониторинг по растительности) проводится по точкам литомониторинга, при этом пробы растительности отбираются по двум уровням высоты – нижний (травы, мох) и верхний (кустарники, деревья на высоте 2-2,5 м). Пробы отбираются на спектральный анализ с периодичностью аналогичной литомониторингу.

### ***Мониторинг по снежному покрову***

Мониторинг по снежному покрову осуществляется путем анализа снега (талой воды) загрязнение тяжелыми металлами, соединениями азота и серы, углеводородами. С этой целью производится опробование снежного покрова по профилям через промплощадки с выходом за их пределы с учетом преобладающего направления ветров. Опробование (на химический и спектральный анализы, водорастворенные газы) производится в точках литомониторинга. Периодичность отбора - один раз в год в конце зимы. Кроме этого планируется проводить ежегодные «снежные съемки» на ключевых

участках площадью 10 x 10 км: на техногенном – «Юрубчен» (с центром в устье р.Мал.Юрубчен) и фоновом – «Тохомо» (с центром в устье р.Тохомо); на каждом из них устанавливается по 15 пунктов.

### **Мониторинг ландшафта и экзогенных геологических процессов (ЭГП)**

Мониторинг ландшафта и ЭГП предусматривает изучение изменений ландшафта в процессе техногенного воздействия на окружающую среду, выявление ЭГП – оползней, термокарста, эрозии почв, заболачивания, вызванных нарушением естественного состояния геологической среды, а также явлений проседания земной коры вызванных процессами нефтегазодобычи. Изучение проводится путем непосредственного наблюдения в летний период один раз в год с применением нивелирования, дешифрирования материалов аэрокосмической съемки (МАКС).

### ***Геокриологический мониторинг***

Геокриологический мониторинг (мониторинг ММП) предусматривает проведение наблюдений за ММП и СПП в зоне влияния намечаемых объектов и сооружений нефтегазодобычи нефтепереработки (включая производственную и социальную инфраструктуру). Наблюдения проводятся в специально пробуренных геотермических или оборудованных наблюдательных скважинах (геотемпературный режим) и на специальных геокриологических полигонах на участках стационарных геоэкологических постов. Изучаются: мощность СПП, термовлажностной режим, ЭГП. Наблюдения в скважинах проводятся ежеквартально, на полигонах – после схода снега, в середине лета и перед промораживанием грунтов.

### ***Лесной мониторинг***

Лесной мониторинг является одним из основных составляющих мониторинга ландшафта, в котором в свою очередь можно выделить три составляющие:

- геоботанический мониторинг;
- лесопатологический мониторинг;
- мониторинг обнаружения лесных пожаров (включая аэрокосмическую систему обнаружения лесных пожаров) – является специальной задачей с долевым участие в региональном мониторинге МЧС.

### ***Биотический мониторинг***

Биотический мониторинг предполагает изучать химическое и возможно радиоактивное загрязнение почв, растительного покрова почвенных зооценозов, наземных сообществ животных, птиц, насекомых, водных растений, планктона, рыб.

Для решения задач в области изучения животного мира, ихтиофауны водоемов и растительности необходимо проводить работы силами квалифицированных специалистов научно-исследовательских специализированных организаций.

## Социально-экологический мониторинг

Социально-экологический мониторинг предусматривает проведение мониторинга за соблюдением санитарно-гигиенических нормативов в цехах, участках и подразделениях предприятий нефтегазодобычи и нефтепереработки, а также мониторинга за изменением социально-экономической сферы и радиационного мониторинга в поселках Байкит, Куюмба, Богучаны, Таежный.

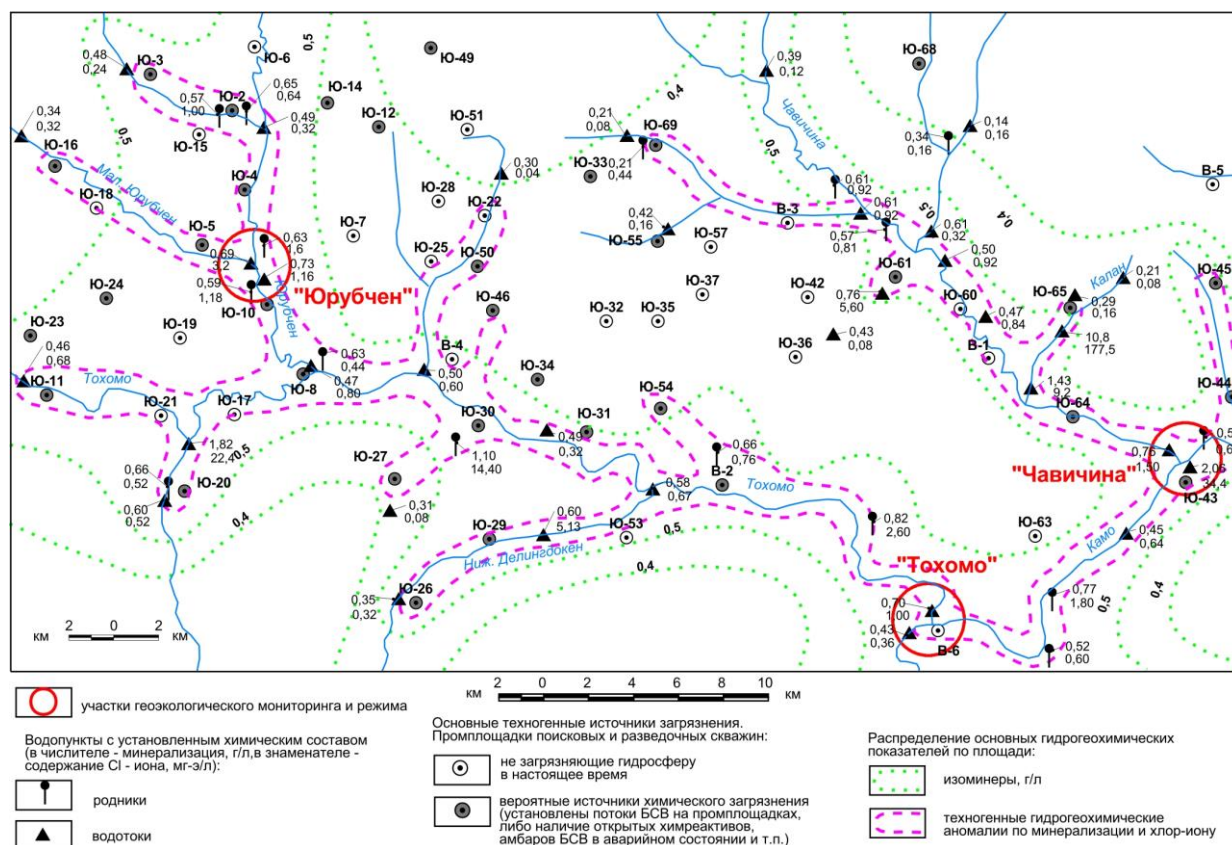
### Выбор оптимальной сети пунктов мониторинга ЮТМ

#### Основные принципы формирования наблюдательной сети

Оптимальный выбор точек наблюдений представляет собой одну из важнейших задач в организации службы мониторинга.

Формирование наблюдательной сети в пределах локального объекта, каким является ЮТМ проводится поэтапно, с учетом стадийности работ, качества и количества требуемой информации. Основной принцип – постепенное увеличение количества наблюдательных пунктов по мере освоения объекта с целью достижения его наибольшего охвата, как в плане, так и в разрезе.

На этапе структурного, поискового и разведочного бурения, а также на начальной стадии пробной эксплуатации, на территории ЮТМ была создана система наблюдательной сети, включающая: 3 стационарных поста с ежедневными наблюдениями, опорные пункты с периодическими наблюдениями (рис. 2).



Задача следующего этапа (эксплуатационного бурения и обустройства месторождения) – последовательное продолжение наблюдений по созданной сети повышая функции контроля, расширение сети наблюдений за счет бурения специальных контрольных скважин вблизи нефтепромысловых объектов; создание полигонов на ключевых участках для проведения фонового мониторинга и стационарных наблюдений за контролем загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе, воде, почве, грунтах; наблюдения за мерзлотой, за экзогенными геологическими процессами, в том числе наблюдения за оседанием земной поверхности.

### ***Обоснование пунктов гидромониторинга***

Местоположение пунктов гидромониторинга определяется с учетом особенностей гидрографической сети и поверхностного стока, размещения буровых скважин, нефтепромысловых объектов и инженерных сетей.

Пункты контроля поверхностных вод включают несколько створов в зависимости от сложности строения речного бассейна. Створы должны располагаться на водотоках выше, ниже и в пределах возможных очагов загрязнения. Обычно на одной реке для контроля процессов разбавления промышленных стоков наблюдения ведутся, как правило, по трем створам. На первом створе регистрируется фоновая концентрация ингредиентов и наблюдения выполняются выше сброса по течению реки. Второй створ устанавливается на месте полного смешения сточных вод. Третий – на расстоянии разбавления ЗВ до ПДК, которое согласовывается с инспектирующими органами.

Территория ЮТМ имеет сложное бассейновое строение, включающее две относительно крупные реки Камо и Тохомо и более 20 небольших рек в пределах, которых проводились и планируются буровые работы, которые должны быть охвачены наблюдательными створами. Река Тохомо практически до самого верховья имеет техногенное загрязнение с увеличением его к устью.

Крупными фоновыми бассейнами можно считать бассейны: р.Камо выше устья р.Тохомо и р.Юрубчен выше устья р.Сумумы; рек Манкуры, Верх.Зелингдакона, Сумумы, Толопчаны, Лучи. По данным многолетних наблюдений (несмотря на имеющиеся отдельные скважины в некоторых бассейнах), гидрохимический фон в них постоянный. В устьях этих рек и реках в которые они впадают необходимо разместить створы с целью фонового мониторинга и определения транзитного загрязнения.

В устьях рек: Юрубчен, Малый Юрубчен, Дюгунгна, Талакан, Бугарик, крупный левый безымянный приток р.Тохомо (Вдр-4), Ниж.Делингадон, безымянный ручей (Вдр-2), Чавичина, Калан, Болодекит, Урэмэ, Нэкумэ, Егорша, Чавичиногаткан, Намакар, Верх. и Ниж.Долгокта, Верх. и Ниж.Мадра и других, где производятся и планируются буровые работы, следует установить створы для контроля загрязнения этих рек. Особое внимание уделяется рекам на участке опытной эксплуатации. На р.Тохомо должны быть установлены наблюдательные створы в устьях рек Верх.Зелингдакон и Ниж.Мадра – на

входе и выходе с месторождения и перед устьями рек Талакан и Ниж. Делингадон – на входе и выходе с опытного участка эксплуатации (аналогично и на других реках на опытном участке).

Кроме этого наблюдательные створы необходимо установить в регионально фоновом районе (бассейн р.Камо выше устья р.Тохомо) с целью фонового мониторинга, для сопоставления изменения уровня регионального фона в многолетних наблюдениях. Створы предлагается установить на всех крупных притоках р.Камо ниже устья р.Ингагдэ (5 км выше поселка сейсморазведчиков).

Помимо речных створов наблюдения проводятся на всех крупных источниках подземных вод, расположенных в долинах рек Камо и Тохомо вблизи вышеперечисленных речных наблюдательных пунктов.

Принимая во внимание большие размеры площади изучения и принципы объективности и достаточности предлагается установить следующую периодичность наблюдений в этих пунктах:

- на стационарных постах в устье рек Мал.Юрубчен и Тохомо – ежедневно;
- в наблюдательных пунктах на опытном эксплуатационном участке: в летнее время – ежедекадно, в зимнее время – ежемесячно;
- в остальных пунктах в техногенном районе (бассейн р.Тохомо и Камо ниже устья р.Тохомо) – не менее 2 раз в год;
- в фоновом районе (р.Камо выше устья р.Тохомо) – 1 раз в год.

### ***Стационарные геоэкологические посты***

Стационарные геоэкологические посты имеют комплексный характер наблюдений, но основная их функция – это слежение и контроль за состоянием гидросферы, поэтому их расположение обусловлено строением водного бассейна и размещением в нем очагов техногенного загрязнения.

Основная цель наблюдений на ближайшие годы – это контроль за состоянием геологической среды Юрубченского опытного эксплуатационного участка.

Общий мониторинг в его пределах, также, как и всего месторождения в целом, будет осуществляться пунктами периодических наблюдений, но оперативный контроль должен быть ежедневным. В ином случае невозможно проконтролировать нерегулируемые сбросы ЗВ и аварийные ситуации.

Для оперативного контроля опытного эксплуатационного участка необходимо установить минимум два стационарных поста, контролирующих малые реки – Юрубчен и Мал.Юрубчен и основную загрязняющуюся реку – Тохомо. Наиболее оптимальным местом размещения стационарных постов - это устье р.Мал.Юрубчен и устье р.Тохомо. С этих мест также возможно осуществлять оперативный контроль по другим рекам опытного участка, а также вести локальный и региональный мониторинг по всему месторождению. Режимные наблюдения на этих постах ведутся (с перерывом) с 1991 года и нет никакого смысла менять местоположение стационарных постов. Расположение

участков геоэкологического мониторинга (постов с пунктами контроля) показано на карте геоэкологических условий (рис. 2).

### ***Геоэкологический пост «Юрубчен» (ЮМ)***

Пост «Юрубчен» расположен в центральной части опытного эксплуатационного участка и имеет стратегически удобную позицию для оперативного контроля состояния геологической среды всего этого участка с применением собственных транспортных средств (вездеходы, мотолодки, снегоходы и др.). Он является центром техногенного ключевого участка (10 x 10 км) с многолетними исследованиями. Положительным моментом является наличие вблизи его двух крупных постоянно действующих источников подземных вод (по тектоническим разломам), наблюдения на которых позволят сократить число наблюдательных скважин. Кроме этого здесь имеются удобные места для проведения измерений расходов водотоков (одна из важнейших характеристик поверхностных вод) которые возможно осуществлять практически круглый год.

*Пункт ЮМ-1* расположен в устье р.Малый Юрубчен. Он является замыкающим створом по р.Малый Юрубчен и предназначен для оперативного контроля по этой наиболее загрязненной реке. Выше по реке проектируются промысловые объекты и крупный жилой массив.

*Пункт ЮМ-2* расположен на р.Юрубчен выше по течению устья р.Мал.Юрубчен. Он предназначен для определения фонового уровня загрязнения р.Юрубчен, в дальнейшем, при бурении новых скважин будет осуществлять их контроль и определять транзитное загрязнение.

*Пункт ЮМ-3* расположен на р.Юрубчен ниже слияния его с р.Мал. Юрубченом. Он предназначен для оценки вклада загрязнения реки Юрубчен рекой Малым Юрубченом и является собственно контролирующим для первых двух створов.

*Пункт ЮМ-4* отбор проб дождя и снега на посту «Юрубчен» с целью контроля по осадкам.

*Пункт ЮМ-5* – источник подземных вод, расположен на левом берегу р.Юрубчен в 800 м выше устья р.Мал.Юрубчен. Он предназначен для контроля подземного стока с востока.

*Пункт ЮМ-6* – источник подземных вод, расположен на правом берегу р.Юрубчен в 800 м ниже устья р.Мал.Юрубчен. Он предназначен для контроля подземного стока с запада.

*Пункт ЮМ-7* отбор проб воздуха на посту «Юрубчен» с целью контроля по атмосфере.

### ***Геоэкологический пост «Тохомо»(ТК)***

Пост «Тохомо» расположен в центральной части ЮТМ в его известных границах. Он является замыкающим для эксплуатационного участка и одновременно фоновым для крупного бассейна р.Камо и занимает стратегически выгодную позицию для проведения регионального и локального мониторинга ЮТМ. Является центром фонового ключевого участка (10 x 10 км) с многолетними наблюдениями.

*Пункт ТК-1* расположен в устье р.Тохомо. Он является замыкающим створом по р.Тохомо и предназначен для оперативного контроля по этой наиболее загрязненной крупной реке. Расположение на выходе с опытного эксплуатационного участка позволит вести контроль в целом по этому участку.

*Пункт ТК-2* расположен на р.Камо выше по течению устья р.Тохомо. Он предназначен для определения фоновый уровня загрязнения р.Камо, для мониторинга по крупному фоновому району (выше по течению в 170 км расположена единственная скважина Втх-1 не оказывающая влияния на загрязнение этого водного бассейна).

*Пункт ТК-3* расположен на р.Камо ниже слияния его с р.Тохомо. Он предназначен для оценки вклада загрязнения реки Камо рекой Тохомо и является собственно контролирующим для первых двух створов.

*Пункт ТК-4* отбор проб дождя и снега на посту «Тохомо» с целью контроля по осадкам.

*Пункт ТК-7* отбор проб воздуха на посту «Тохомо» с целью контроля по атмосфере.

### ***Геоэкологические задачи, последовательность и основные методы их решения на стационарных постах***

#### *Гидрометеорологические наблюдения:*

- проведение ежедневных наблюдений за температурой воздуха (3 раза в день), количеством осадков, высотой и плотностью снежного покрова, облачностью, скоростью и направлением ветра;
- проведение отбора проб осадков дождя или снега (ЮМ-4, ТК-4) на сокращенный химический анализ (СХА) с периодичностью 1 раз в месяц;
- проведение отбора проб воздуха на газовый анализ (ЮМ-7, ТК-7) с периодичностью 1 раз в 3 месяца (февраль, май, август, ноябрь);
- проведение ежедневных измерений уровней, температуры и в зимнее время толщины льда (ЮМ-1, ЮМ-2, ЮМ-3, ТК-1, ТК-2, ТК-3);
- проведение измерений расходов воды в реках (ЮМ-1, ЮМ-2, ЮМ-3) с периодичностью 3 раза в месяц и реках (ТК-1 и ТК-2) в полную летнюю и зимнюю межень;

#### *Гидрогазобиохимические наблюдения:*

- проведение ежедневных определений хлор-иона в пунктах: ЮМ-1, ЮМ-2, ЮМ-3, ЮМ-5, ТК-1, ТК-2, ТК-3;
- проведение отбора проб воды на СХА в пунктах: ЮМ-1, ЮМ-2, ЮМ-3, ЮМ-5, ТК-1, ТК-2, ТК-3 периодичностью 2 раза в месяц;
- проведение отбора проб воды на полный комплекс анализов (полный химический, спектральный, водногазовый, нефтепродукты, токсичность, уран, БПК, ХПК, СПАВ) в пунктах: ЮМ-1, ЮМ-2, ЮМ-3, ЮМ-5, ЮМ-6, ТК-1, ТК-2, ТК-3 с периодичностью 1 раз в 3 месяца (февраль, май, август, ноябрь).



## **Геоэкологические изыскания при проектировании новых эксплуатационных участков**

На основании требований нормативных актов, регламентирующих природоохранную деятельность в РФ при проведении детальных экологических изысканий и исследований стадии «Проект» предусматривается выполнение следующих видов работ по современной оценке геологической среды:

1). Оценка состояния атмосферы.

Проведение обследования существующего (фоновое) загрязнения атмосферного воздуха (химического, радиационного, шумового и др.).

2). Оценка состояния поверхностных вод.

Определение существующего (фоновое) загрязнения поверхностных водных объектов (химического, бактериологического и т.д.) самоочищающей способности водоемов, исследование гидрологического и гидробиологического режима поверхностных вод (фито- и зоопланктон, бентос-видовой состав, общая масса), коэффициента накопления загрязняющих веществ в гидробионтах.

3). Оценка состояния подземных вод.

Проведение исследований современного состояния подземных вод в объеме:

- глубина залегания уровня грунтовых вод (возможные зоны аэрации);
- сезонные колебания вод;
- мощность и глубина залегания водоносных горизонтов, водовмещающие породы, местные и региональные водоупоры, данные о напорах, областях питания и разгрузки;
- гидрогеологические параметры водоносных горизонтов и зоны аэрации (коэффициент фильтрации, коэффициент проницаемости, водопроводимость и др.);
- запасы пресных подземных вод, глубина залегания эксплуатируемых водоносных горизонтов;
- зоны минерализованных подземных вод;
- характеристика защищенности подземных вод (мощность и выдержанность регионального водоупора);
- локальные особенности защищенности подземных вод (наличие эрозионных окон, тектонических нарушений, переглубленных долин и др.);
- наличие подтопляемых территорий, границ подтопления.

На основании проведенных исследований должны быть составлены рекомендации по использованию подземных вод для нужд нефтегазодобычи.

4). Оценка состояния приповерхностной литосферы.

Проведение исследований геологических характеристик в объеме:

- литологический состав пород, распространение и особенности четвертичных и коренных пород (минералогический состав, физико-химические свойства, трещиноватость, выветривание, коэффициент фильтрации);
- структурно-тектонические особенности;

- характеристика геологических процессов (сползание, обвалы и др.);
- характеристика возможных опасных геологических явлений;
- сейсмическая характеристика территории (микросейсмическое районирование);
- наличие геохимических и геофизических явлений (аномалий).

5). Оценка состояния криолитозоны.

Проведение обследования мерзлотных условий территории (распространение многолетней и сезонной мерзлоты, наличие жильных льдов и др. особенности мерзлотных процессов) для составления мероприятий и рекомендаций по сохранению мерзлых грунтов при строительстве объектов и сооружений нефтегазодобычи в районе строительства.

### **Заключение**

Предусматриваемый широкий спектр задач по мониторингу и контролю за состоянием окружающей среды Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения – одного из крупнейших в Восточной Сибири, диктует необходимость создания соответствующей службы, как структурного подразделения отдела охраны окружающей среды предприятия (компании).

Для сбора фактического материала, анализа проб обработки информации необходимо материально-техническое обеспечение, информационные технологии и программные средства.

В процессе реализации программы исследований выходными данными являются информационные бюллетени по экологическому мониторингу состояния недр (геологической среды), анализ которых позволит решить основные экологические проблемы связанные с процессом нефтегазодобычи и нефтегазопереработки:

- динамика состояния природной среды во времени;
- прогноз состояния природной среды;
- прогноз аварийных ситуаций;
- рекомендации по устранению нарушений и загрязнений, план природоохранных и природовосстановительных мероприятий;
- расчет платежей за загрязнение природной среды и использование природных ресурсов;
- расчет ущербов природе от нарушения и загрязнения.

### **Библиографический список**

1. Временные мероприятия по охране окружающей среды к проектам на структурное, структурно-параметрическое, поисково-разведочное и эксплуатационное бурение. СТО. Объединение Пермнефть, Пермь, 1990.
2. Временная инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной деятельности в предпроектных и проектных материалах. М., 1992.
3. Временная инструкция о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду при разработке технико-экономических обоснований (расчетов) и проектов строительства народнохозяйственных объектов и комплексов / утв. Госкомприродой 18.05.90. М., 1990.

4. Временные методические указания по составлению раздела "Оценка воздействия на окружающую среду" в схемах размещения, ТЭО (ТЭР) и проектах разработки месторождений и строительства объектов нефтегазовой промышленности. Уфа: ВНИИСПТнефть, 1992.
5. Временное положение о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ в Красноярском крае. Красноярск: ГПП "Енисейнефтегазгеология", 1990.
6. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
7. Инструкция по организации систем контроля состояния приповерхностной гидросферы нефтяных месторождений на территории деятельности предприятий ПО Пермнефть, СТО 05-073-092, Пермь, 1993.
8. Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше. РД 39-133-94, М., НПО "Буровая техника", 1994. 118с.
9. Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности. М., 1995.
10. Каталог типовых макетов на производство работ по оценке воздействия на окружающую среду при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ, гидроминеральное сырье в Красноярском крае. Красноярск: ГПП "Енисейнефтегазгеология", 1992.
11. Копылов И.С. Биогеохимические показатели, аномалии и их нефтегеологическое значение (Тунгусский бассейн) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2021. № 24. С. 106-112.
12. Копылов И.С. Битуминологические показатели перспектив нефтегазоносности на западе сибирской платформы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2022. № 25. С. 133-140.
13. 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.
14. Копылов И.С. Геокриологические условия юго-запада Восточной Сибири // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 192-204.
15. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.
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. Гидрогеохимические показатели зоны гипергенеза Тунгусского бассейна и их нефтегеологическое значение // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2022. № 25. С. 141-147.
18. Копылов И.С. Закономерности формирования геоэкологических и инженерно-геологических условий Байкитского нефтегазоносного региона // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 108-113.
19. Копылов И.С. Методика комплексной геохимической и мерзлотно-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 применительно к условиям западной части Сибирской платформы, для районов Байкитской антеклизы и ее обрамлений. Требования и кондиции к производству полевых работ. Красноярск, ГПП «ЕНГГ». 1988.
20. Копылов И.С. Применение структурно-гидрогеологического анализа и модуля подземного углеводородного стока при поисках нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 225-229.
21. Копылов И.С. Система мониторинга окружающей среды Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения (Восточная Сибирь) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10-1. С. 104.
22. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ Камовского свода Сибирской платформы //
23. Копылов И.С., Даль Л.И. Хемотоксическое биотестирование природных вод для экологической оценки // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 5-3. С. 351.
24. Копылов И.С., Ликотов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.

25. 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.
26. Копылов И.С., Чусов М.В. Программа экологического мониторинга территории деятельности предприятия ОАО «Енисейнефтегаз» (Юрубчено-Тохомское месторождение) / ОАО Восточно-Сибирская нефтегазовая компания. Красноярск, 1996.
27. Копылов И.С., Чусов М.В., Бурмин В.И. Мониторинг геологической среды Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления 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.
28. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
29. Ликуттов Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.
30. Методические рекомендации по гидрогеологическому и геокриологическому изучению верхних горизонтов пород при разведке месторождений нефти и газа в криолитозоне. М.: ВСЕГИНГЕО, 1989.
31. Методические рекомендации по гидрогеологическому и геокриологическому изучению верхних горизонтов пород при региональных и поисковых работах на нефть и газ в криолитозоне. ВСЕГИНГЕО. М., 1989.
32. Положение об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации, М., 1994.
33. Программа экологического мониторинга на территории деятельности предприятия "Еганойл", СП "ЕганОйл", Тюмень, 1994.
34. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 638 с.
35. Руководство по экологической экспертизе предпроектной и проектной документации. М., 1993.
36. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200 000-1:100 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990.
37. Указание к экологическому обоснованию хозяйственной деятельности в прединвестиционной и проектной документации. М., 1994.

## **О ТРАНСФОРМАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

*Рассмотрен химический состав вод приповерхностной гидросферы в процессе освоения месторождений углеводородного сырья в Пермском крае. Выделены три группы разрабатываемых нефтяных месторождений с различным уровнем (и трендом) трансформации химического состава поверхностных и подземных вод. Рекомендованы мероприятия по определению типа и вида источника загрязнения, а также генезиса углеводородного загрязнения вод в районах нефтедобычи.*

*Ключевые слова: нефтяное месторождение, приповерхностная гидросфера, трансформация химсостава вод, генезис органического вещества.*

**S.M. Kostarev**

Perm State University Perm, Russian Federation

## **NEAR-SURFACE WATERS CHEMICAL COMPOSITION TRANSFORMATION OF THE SURFACE HYDROSPHERE IN THE OIL PRODUCTION REGIONS OF THE PERM REGION**

*The chemical composition of near-surface hydrosphere waters in the process of developing hydrocarbon deposits in the Perm Territory is considered. Three groups of developed oil fields with different levels (and trends) of transformation of the chemical composition of surface and ground waters have been identified. Measures to determine the type and type of pollution source, as well as the genesis of hydrocarbon pollution of waters in oil production areas are recommended.*

*Key words: oil field, near-surface hydrosphere, transformation of water chemical composition, genesis of organic matter.*

Гидрогеохимические наблюдения (ГГН) для контроля состояния приповерхностной гидросферы в районах нефтедобычи – это ежеквартальное (в соответствии с гидрологическими циклами) опробование рек, ручьев, родников и неглубоких скважин в пределах горного отвода месторождения и выполнение лабораторные исследования вод - массовое определение хлоридов (Cl) и нефтепродуктов (НП) - для подготовки заключения о состоянии пресных поверхностных и подземных вод [4, 5]. При оценке загрязнения вод, результаты ГГН (фактические концентрации этих компонентов в водной среде) сопоставляются с естественными фоновыми характеристиками и нормативами качества вод для хозяйственных (ПДК<sub>х.п.</sub>) или рыбохозяйственных (ПДК<sub>р.х.</sub>) целей.

Интерпретация результатов ГГН на нефтегазоносных территориях имеет ряд специфических особенностей, связанных с многостадийностью и длительностью процесса нефтедобычи. На начальном этапе, при статистической обработке фоновых гидрохимических полей концентраций компонентов-индикаторов в пределах контура месторождения (до проведения буровых работ) обычно формируется нормальное распределение, которое обусловлено воздействием одного природного фактора (например, литологией пород, слагающих верхнюю часть геологической среды). В дальнейшем, при интерпретации результатов ГГН (в процессе его освоения нефтяных объектов) появление логнормального (двух модального) распределения концентраций компонентов-индикаторов может быть обусловлено не только техногенным или антропогенным факторами, но естественными природными процессами: расположением месторождения на участке с восходящей вертикальной миграцией компонентов флюидов из глубокозалегающих газонефтеводоносных комплексов [6], нахождением в меридиональной полосе сульфатных пород (Полазна - Кунгур - Щучье озеро) на земной поверхности. В последнем случае, содержание сульфатов в водной среде данной территории имеют естественные фоновые значения в 2-3 раза превышающие ПДК<sub>х.п</sub> по сульфатам.

С учетом вышеизложенного, за величину естественных фоновых значений основных загрязняющих компонентов в поверхностных водах Пермского края при проведении ГГН могут быть приняты концентрации веществ в приповерхностной гидросфере на рубеже конца 60-х - начала 70-х годов прошлого века. Этот временной отрезок предшествует началу интенсивной разведки нефтяных месторождений в крае.

В конце 60-х годов XX века учеными Пермского государственного университета [7] на территории Пермского края были выделены четыре субмеридиональные гидрохимические провинции речных вод (с востока на запад), каждая из которых подразделена на гидрохимические области (рис.1). Первая гидрохимическая провинция (I), расположенная в горной северо-восточной части Пермского края, характеризовалась преобладанием речных вод  $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2$  или  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  состава. Поверхностные воды имели малую минерализацию - до  $200 \text{ мг/дм}^3$ . К западу от первой находилась II гидрохимическая провинция, в пределах которой были распространены  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  и  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$  речные воды с минерализацией от 100 до  $500 \text{ мг/дм}^3$ . Третья гидрохимическая провинция (III), расположенная в пределах Предуральского прогиба, характеризовалась большим разнообразием химического состава речных вод. К IV гидрохимической провинции – самой обширной по площади, были отнесены территории западной (платформенной) части Пермского края, в пределах которых (с севера на юг) преобладали  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$  и  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$  воды с от 100 до  $1000 \text{ мг/дм}^3$ .

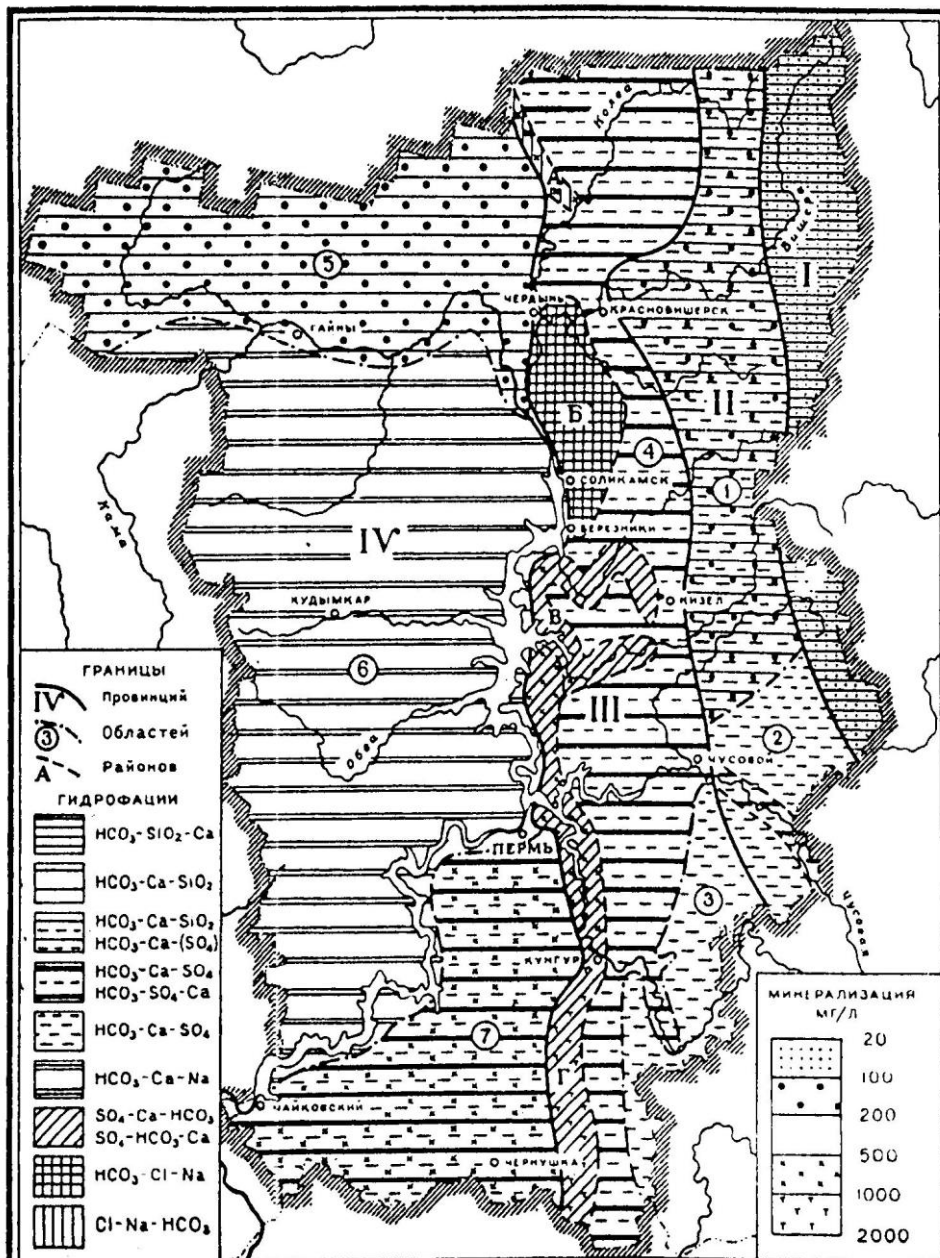


Рис. 1. Химический состав и минерализация речных вод Пермского края (по данным ПГУ, 1967 г.)

По границе III и IV провинций, вдоль восточного борта Русской платформы и Предуралья прогиба авторами выделялись гидрохимические районы, в которых речные воды имели специфический химический состав. В бассейне реки Вишерки (район А на рис.1) минерализация вод достигала  $1000 \text{ мг/дм}^3$ , при Cl-Na их составе. В бассейнах рек Боровой, Усолки и Зырянки (район Б) состав вод был  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ , а в нижнем течении рек Яйвы и Косьвы (район В) –  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$  состава с минерализацией до  $500 \text{ мг/дм}^3$ . В этих районах состав речных вод был изменен в результате подъема минерализованных вод в зону активного водообмена и последующей их разгрузки в местные дрены. В районе Г (бассейн рек Полазна, Сылва, Ирень, Кунгур, Кишертка)  $\text{SO}_4\text{-Ca}$  химический состав поверхностных вод и повышенной минерализация вод ( $2000$  и более  $\text{мг/дм}^3$ ) в естественных условиях

обусловлены миграцией растворимых компонентов из почв и подстилающего субстрата – гипсов и ангидритов, залегающих на данных территориях непосредственно на земной поверхности.

Естественные фоновые концентрации основных компонентов индикаторов нефтепромыслового загрязнения для горизонтов пресных подземных вод, распространенных на территории Пермского края, определялись по данным среднемасштабных гидрогеологических съемок, проведенных на нефтегазоносных территориях в середине XX века (до начала интенсивного освоения углеводородных ресурсов региона).

Оценка степени преобразования химического состава воды неорганическими и органическими загрязнителями отличается тем, что для органических загрязнителей в РФ приняты очень низкие нормативы качества (ПДК<sub>х.п.</sub>), практически, соответствующие фоновым концентрациям органического вещества в природных условиях. Поэтому количественные критерии выделения степени загрязнения вод (табл. 1.) для них должны быть различными [4, 5].

Таблица 1

Оценка степени преобразования химического состава вод

Компонент	Качественное состояние вод		
	незагрязненные	загрязняемые	загрязненные
Неорганические (хлориды)	$C_{Cl \text{ фон}} = C_{Cl \text{ факт.}} \ll \text{ПДК}_{\text{х.п. Cl}}$	$C_{Cl \text{ фон}} < C_{Cl \text{ факт.}} < \text{ПДК}_{\text{х.п. Cl}}$	$C_{Cl \text{ факт.}} > \text{ПДК}_{\text{х.п. Cl}}$
Органические (нефтепродукты)	$C_{\text{нп фон}} = \text{ПДК}_{\text{х.п. нп}}$	$C_{\text{нп факт.}} > 3 \text{ ПДК}_{\text{х.п. нп}}$	$C_{\text{нп факт.}} \gg \text{ПДК}_{\text{х.п. нп}}$

Примечание.  $C_{Cl \text{ фон}}$  и  $C_{\text{нп фон}}$  - естественные фоновые концентрации хлоридов и нефтепродуктов, обусловленные природными процессами (до начала нефтедобычи на территории месторождения);

$\text{ПДК}_{Cl}$  и  $\text{ПДК}_{\text{нп}}$  - предельно допустимые концентрации хлоридов и нефтепродуктов;

$C_{Cl \text{ факт.}}$  и  $C_{\text{нп факт.}}$  - фактические измеряемые концентрации хлоридов и нефтепродуктов в водных средах.

Многолетние ГГН [3-5] за состоянием пресных поверхностных и подземных вод на территории разведки и разработки нефтяных залежей Пермского края показали, что существуют три группы разрабатываемых нефтяных месторождений с различным видом трансформации химического состава приповерхностной гидросферы.

Для первой, наиболее многочисленной группы месторождений нефти, химический состав пресных поверхностных и подземных вод в пределах выделенных учеными Пермского университета 50 лет назад гидрохимических провинций, областей и районов практически не изменился, несмотря на значительный период эксплуатации нефтепромыслов (табл. 2). Изменение содержаний Cl и НП в поверхностных водах обусловлено здесь сменой естественного режима питания рек в разрезе года.



Таблица 2

Типичные нефтяные месторождения с отсутствием техногенной трансформации химсостава вод приповерхностной гидросферы

Природный объект	Естественные фоновые значения, мг/дм <sup>3</sup>			Современные значения, мг/дм <sup>3</sup>	
	хлоридов		НП***	хлоридов	НП
	Х*	ВПФ**			
<b>Провинция III область 3</b>					
Дороховская группа месторождений					
поверхностные воды	7	12	нет свед.	22	0,12
подземные воды	9	17	нет свед.	9	0,2
<b>Провинция III область 4 район Б</b>					
Логовское месторождение					
поверхностные воды	18	30	н с.	21	0,03
подземные воды	13	26	н с.	9	0,02
<b>Провинция III область 4 район В</b>					
Шершневское месторождение					
поверхностные воды	24	41	н с.	4	0,027
подземные воды	6,2	11	н с.	27	0,018
<b>Провинция III область 4 район Г</b>					
Чураковское месторождение					
поверхностные воды	24	32	нет свед.	21	0,06
подземные воды	55	102	нет свед.	43	0,05
Трифоновское месторождение					
поверхностные воды	8	12	н с.	11	0,09
подземные воды	15	18	н с.	8	0,06
<b>Провинция IV область 6</b>					
Опалихинское месторождение					
поверхностные воды	-	-	нет свед.	29	0,039
подземные воды	8	10	нет свед.	11	0,021
<b>Провинция IV область 7</b>					
Кудрявцевское месторождение					
поверхностные воды	8	10	нет свед.	3	0,017
подземные воды	7	10	нет свед.	27	0,066

\*среднее арифметическое, \*\*верхний предел фоновых значений, \*\*\*нефтепродукты

Концентрации хлоридов и сульфатов в подземных водах зоны активного водообмена изменяются в пределах естественных фоновых колебаний для различных гидростратиграфических подразделений, что определено преимущественно литологией пород:

- в пределах казанско-татарского алевролитово-песчаникового терригенного комплекса (к примеру на территории Шагиртско-Гожанского и Москудьинского месторождений) распространены пресные HCO<sub>3</sub>-Ca подземные воды;

- в зоне распространения соликамского терригенно-карбонатного комплекса (на территории Бельского, Жилинского, Пихтового и Светлогорского месторождений) развиты пресные HCO<sub>3</sub>-Ca-Na подземные

воды;

- в меридионально вытянутой полосе распространения иренской карбонатно-сульфатной серии (на территории Межевского и Моховского месторождений) - подземные воды солоноватые,  $\text{SO}_4\text{-Ca}$  состава.

Повышенные содержания сульфатов в подземных водах на территории Чарского, Чикулаевского и Краснояро-Куединского нефтяных месторождений обусловлены процессами их естественного выщелачивания из загипсованного цемента шешминских песчаников. Высокое содержание сульфатов в солоноватых подземных водах зоны активного водообмена на территории Межевском и Моховском месторождениях обусловлены процессами естественного растворения атмосферными осадками гипсов и ангидритов сульфатно-терригенно-карбонатных отложений иренской серии.

Для второй группы месторождений характерна тенденция к устойчивому превышению фоновых концентраций (по отдельным наблюдательным водопунктам) в пресных водах основных компонентов-индикаторов (хлоридов и НП) и даже, в определенные моменты, достижение ПДК<sub>х.п.</sub>. Это свидетельствует о начальном этапе нефтепромыслового загрязнения приповерхностной гидросферы, формировании ареалов рассеивания компонентов от различных источников [3]. Дискретное появление повышенных концентраций компонентов-индикаторов нефтепромыслового загрязнения в поверхностных и подземных водах вероятнее всего связана с поверхностным источником загрязнения (рис. 2 – по нефтепродуктам).

Высокие концентрации хлоридов в подземных водах зоны активного водообмена (с литологически различным строением разреза), наблюдаются на участках: пресных подземных вод локально-слабоводоносного казанско-татарского алевролитово-песчаникового комплекса (Рассветное месторождение);

- пресных подземных вод слабоводоносного локально-водоносного шешминского терригенного комплекса (Чашкинское и Южно-Юрчукское месторождений);

- пресных подземных вод водоносной соликамской терригенно-карбонатной свиты (Уньвинское месторождение).

Гидрогеохимические аномалии (по хлоридам) на участках данных месторождений могут быть связаны, как с подъемом минерализованных вод из нижележащих горизонтов в зону активного водообмена, так и с нефтепромысловым загрязнением. Именно для этой группы месторождений применимы профилактические мероприятия по снижению уровня загрязнения приповерхностной гидросферы, основанные на результатах специальных геоэкологических исследований и геофизических работ по определению глубинности формирования источника загрязнения вод.

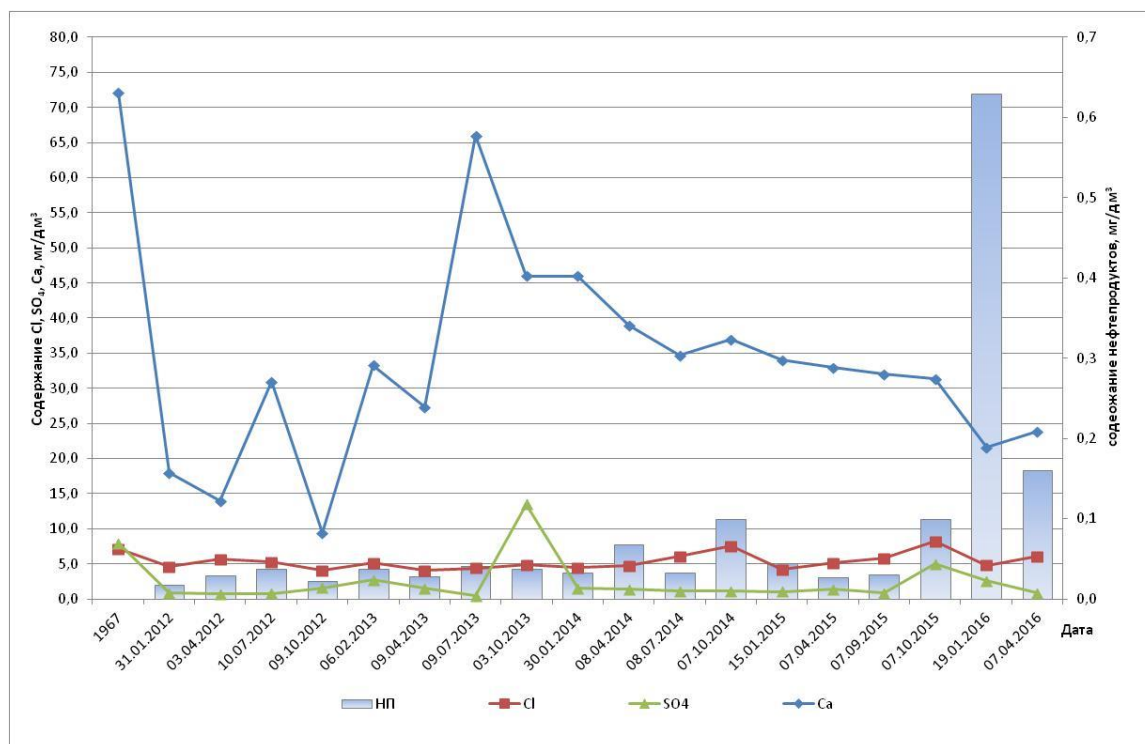


Рис. 2. Изменение содержания компонентов химического состава пресных подземных водах в наблюдательной скважине ( $ПДК_{х.п. н.п.} = 0,1 \text{ мг/дм}^3$ )

К третьей группе относятся месторождения, на территории которых в приповерхностной гидросфере продолжительное время по отдельным водопунктам наблюдаются стабильные превышения ПДК<sub>х.п.</sub> по хлоридам, сульфатам и нефтепродуктам. Эти негативные процессы наблюдаются в основном на территории месторождений, находящиеся на последней стадии разработки. Трансформация химического состава как поверхностных (табл.3), так и подземных вод на этих объектах проявляется в виде увеличения засоления и органического загрязнения мелких водотоков, участков подземных вод, определяемых при опробовании родников или неглубоких скважин (табл.4).

Процесс преобразования химического состава вод сначала выражается в изменении естественных гидрохимических полей (хлоридов или нефтепродуктов) и формировании природно-техногенных ареалов рассеивания компонентов, в последующем трансформирующихся в устойчивые техногенные системы [6].

При этом степень загрязнения (уровень трансформации химического состава вод) поверхностных вод на таких объектах обычно составляет 1-3 ПДК<sub>х.п.</sub>, в то время как подземных вод – 5-10 ПДК<sub>х.п.</sub>.

Высокие содержания хлоридов в пресных подземных водах различных гидростратиграфических подразделений могут быть обусловлены как поверхностными так и глубинными источниками загрязнения. Загрязнение с поверхности легко устранимо, так как связано с выполнением технологических работ - к примеру при проведении ремонтных и изоляционных работ.

С аналогичными процессами было связано высокое содержание сульфатов в скважине, вскрывающей пресные подземные воды казанско-татарского алевролитово-песчаникового терригенного комплекса на Шагирто-

Гожанском месторождения в 1999 году, при опробовании после завершения бурения скважины.

Таблица 3

Трансформация химического состава поверхностных вод на отдельных участках «старых» нефтяных месторождений юга Пермского края

Река	Дата обследования	Содержание компонентов, мг/дм <sup>3</sup>				Причины отклонения от нормативов ПДК
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	НП*	ОМ**	
		ПДК <sub>х.п.</sub> ,				
		350	500	0,1	1000	
Водораздел рек Камы и Буй (суглинистый субстрат)						
Гожанка (Куединский район)	1996	381	н.с.	0,01	н.с.	Поверхностная миграция с нефтепромысловых объектов
	1998	485	н.с.	отс.	н.с.	
	2000	542	н.с.	0,03	н.с.	
	05.2001	452	н.с.	0,04	н.с.	
	06.2001	521	н.с.	0,04	н.с.	
	08.2001	387	н.с.	0,04	н.с.	
	01.2002	353	н.с.	0,03	н.с.	
	07.2002	438	н.с.	0,04	н.с.	
Кызыльяр (Бардинский район)	1969	20	50	н.с.	400	
	7.2002	355	н.с.	0,11	н.с.	
	9.2002	843	н.с.	0,007	н.с.	
Кулешовка (Пермский район)	1982	10	170		600	
	6.2001	384	н.с.	0,02	н.с.	
	1.2002	900	н.с.	0,03	н.с.	
	9.2002	7	н.с.	0,005	н.с.	
Уфимское плато (сульфатный карст)						
Каменка, (Ординский район)	1976	109	587	н.с.	1231	Восходящая вертикальная миграция из нижних водоносных комплексов.
	2001	402	н.с.	0,1	н.с.	
	2002	293	н.с.	0,15	н.с.	
Приток Каменки (Ординский район)	1972	14	1311	н.с.	2218	Восходящая вертикальная миграция из нижних водоносных комплексов и поверхностная миграция от нефтепромысловых объектов
	1.2003	528	н.с.	0,28	н.с.	
	3.2003	465	н.с.	0,4	н.с.	
	7.2003	469	н.с.	0,35	н.с.	
	10.2003	439	н.с.	0,24	н.с.	
Долина реки Камы (супесчаный субстрат)						
Ивановка (Осинский район)	1976	14	3	н.с.	400	Восходящая вертикальная миграция из нижних водоносных комплексов
	1996	47	н.с.	0	н.с.	
	2001	584	н.с.	0,09	н.с.	
	1.2002	1021	н.с.	0,05	н.с.	

\*нефтепродукты; \*\*общая минерализация

Однако в результате гидрогеохимических исследований в 2011-2013 гг. в данной скважине зарегистрированы высокие концентрации хлоридов (рис. 3) и самое главное - хлоридно-кальциевый состав вод, не характерный для

естественных условий формирования химсостава пресных подземных вод пермских отложений.

Таблица 4

Трансформация химического состава пресных подземных вод на участках интенсивной разработки «старых» нефтяных месторождений юга Пермского края

Водо-пункт	Дата обследования	Содержание компонентов, мг/м <sup>3</sup>				Причины отклонения от нормативов ПДК
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	НП*	ОМ**	
		ПДК <sub>х.п.</sub> ,				
		350	500	0,1	1000	
<b>Водоносный комплекс аллювиальных четвертичных отложений</b>						
Скважина глубиной 30 м в контуре нефтеносности	1968	14	150	н.с.	1020	1. Восходящая вертикальная миграция из нижних водоносных комплексов 2. Миграция с нефтепромысловых объектов.
	1993	292	45	н.с.	910	
	1997	434	37	н.с.	994	
	1999	441	24	0,06	783	
	2001	2219	58	0,05	3750	
	2002	1154	35	0	2680	
	2.2003	2902	262	0,21	5750	
	6.2003	2574	239	0	5189	
	8.2003	2490	230	0,02	5011	
11.2003	2112	213	0,028	4342		
<b>Водоносный комплекс в терригенных верхнепермских отложениях</b>						
Родник, трещинно-грунто-вых вод, в контуре нефтеносности	1976	62	н.с.	н.с.	н.с.	Восходящая вертикальная миграция из нижних водоносных комплексов
	1999	1973	н.с.	отс.	н.с.	
	1.2001	1928	н.с.	0,09	н.с.	
	4.2001	1570	н.с.	0,005	н.с.	
	6.2001	1843	н.с.	0,02	н.с.	
	11.2001	1639	н.с.	0,03	н.с.	
	1.2002	1872	н.с.	0,02	н.с.	
	5.2002	1575	н.с.	0,01	н.с.	
	7.2002	1732	н.с.	0,02	н.с.	
	11.2002	1662	н.с.	0,018	н.с.	
	6.2003	1571	н.с.	0,01	н.с.	
	8.2003	1706	н.с.	0,03	н.с.	
11.2003	1684	н.с.	0,01	н.с.		
<b>Водоносный комплекс в карбонатно-сульфатных пермских отложениях</b>						
Родник в контуре нефтеносности	1976	25	н.с.	н.с.	н.с.	1. Восходящая вертикальная миграция из нижних водоносных комплексов 2. Миграция с нефтепромысловых объектов.
	2001	922	н.с.	0,12	н.с.	
	2002	1401	н.с.	0,13	н.с.	
	2.2003	806	н.с.	0,02	н.с.	
	5.2003	642	н.с.	0,02	н.с.	
	8.2003	678	н.с.	0,03	н.с.	
11.2003	740	н.с.	не об.	н.с.		

\*нефтепродукты; \*\*общая минерализация

На Ольховском месторождении при исследовании воды водоносной соликамской терригенно-карбонатной свиты уже имели хлоридно-кальциевый состав (при pH=4-5), не характерный для естественных условий формирования подземных вод пермских отложений.

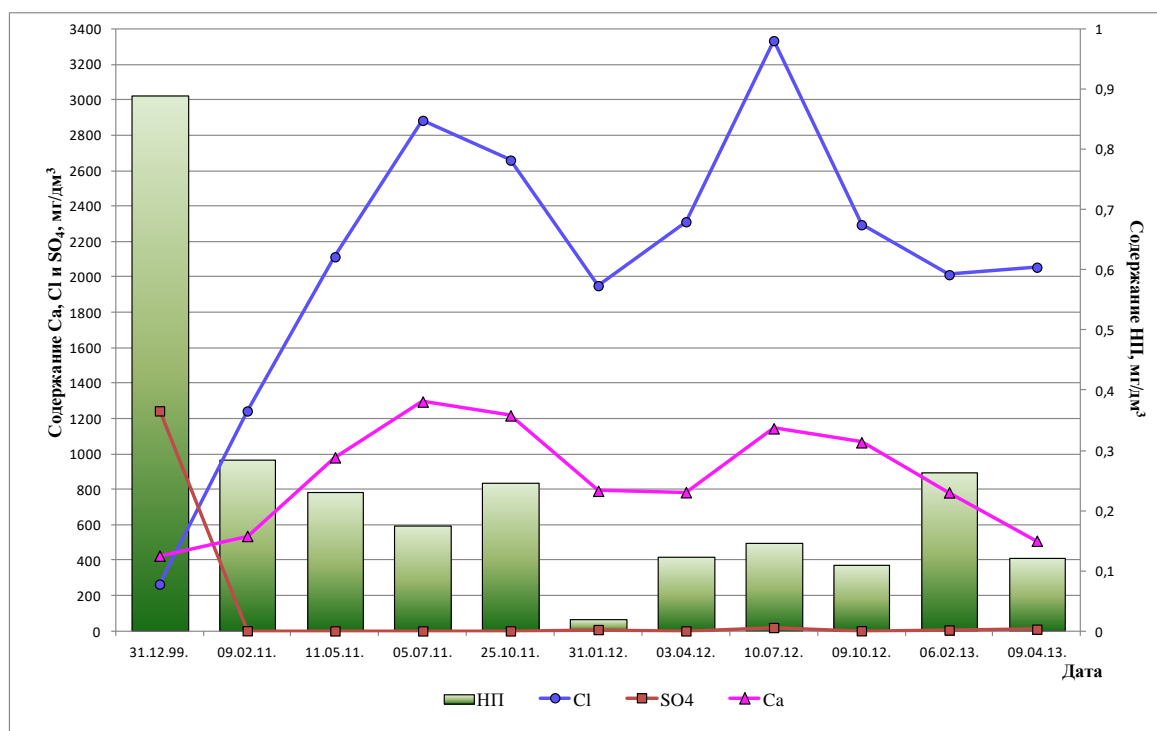


Рис. 3. Изменение содержания компонентов химического состава подземных вод в наблюдательной скважине Шагиртско-Гожанского месторождения

Если повышенные концентрации только нефтепродуктов могут быть связаны с поверхностным источником загрязнения вод не нефтяного генезиса, то стабильность аномальных концентраций хлоридов в одном водопункте на протяжении длительного времени свидетельствует уже о проявлении глубинных источников загрязнения и формировании в верхней части геологической среды техногенной геогидродинамической системы [4]. Проводить работы по ликвидации глубинных источников загрязнения приповерхностной гидросферы значительно сложнее, так как их формирование связано с разгрузкой техногенных водоносных горизонтов с минерализованными водами из надпродуктивной толще палеозойских отложений в зону активного водообмена по сложным путям миграции [6].

Результаты исследований фракции «нефтепродукты» и состава аквабитумоидов, проведенных в стандартных и большеобъемных пробах подземных водах из наблюдательных гидрогеологических скважин показали, что на большинстве участков разрабатываемых нефтяных месторождений Пермского края отсутствуют признаки поверхностного нефтяного загрязнения пресных вод.

В заключении необходимо отметить, что повышенные концентрации НП в водах приповерхностной гидросферы нефтепромыслов могут иметь

различный генезис водорастворенного органического вещества (ВРОВ), обусловленный процессами:

- преобразования природной растительной органики в водной среде;
- проявления в приповерхностной гидросфере нефтяных маркеров от вертикальных ореолов рассеяния залежей УВ;
- изменения облика ВРОВ под воздействием нефтепромыслового загрязнения.

Поэтому при регистрации постоянного повышения содержания нефтепродуктов в водах нефтепромыслов основными объектами гидрогеохимических исследований становятся нефтяные маркеры аквабитумоидов [1,2], позволяющие определить генезис ВРОВ.

### **Библиографический список**

1. Бачурин Б.А., Одинцова Т.А. Методические подходы к контролю загрязнения природных систем// Экологическая реабилитация промышленных производств: юбилейный сборник статей (ФГУП МНИИЭКО ТЭК). Пермь: ОАО «ИПК Звезда», 2005. С. 151-157.

2. Бачурин Б.А., Одинцова Т.А., Костарев С.М. Геохимические маркеры идентификации аквабитумоидов нефтяного типа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2015. Т. 17, №5, С.293-297.

3. Костарев С.М. Геоэкологические исследования в районах разведки и разработки нефтяных месторождений Пермской области // ВСЕГИНГЕО, Тез. докл. Всероссийской научно-практической конференции «Геоэкологическое картографирование», часть 3, М., 1998. С.72-74.

4. Костарев С.М. Методологические аспекты организации и проведения гидрогеохимического мониторинга в районах нефтедобычи // Тез. докл. научно-практической конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала», Перм. ун-т, Пермь, 2006.

5. Костарев С.М. Принципы формирования систем экологического мониторинга в районах нефтедобычи (на примере Пермского края)// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012, № 9. С.30-35.

6. Костарев С.М. Формирование техногенных скоплений компонентов глубинных флюидов в приповерхностных массивах горных пород (на примере районов нефтедобычи Пермской области) // Известия ВУЗов. Нефть и газ. 2004. № 5. С.132 -143.

7. Химическая география вод и гидрогеохимия Пермской области. Пермь: ПГУ, 1967. 181с.

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ,  
АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ)  
RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL,  
AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND  
PETROGRAPHIC METHODS)**

---

УДК 551.7(470.1-11)

**В.М. Бабеньшев, Н.В. Маринская**

*Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры  
«Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилемана»,  
Ханты-Мансийск, Россия. e-mail: BabenyshevVM@nacrn.hmao.ru*

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗОВСКОЙ ДЕПРЕССИИ,  
ВОЗНИКШЕЙ ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ ВЕРХНЕКАМСКОЙ ВПАДИНЫ В  
НИЖНЕПЕРМСКУЮ ЭПОХУ, В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ  
ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

*Прослежено изменение геологического строения северо-восточной части Волго-Уральской антеклизы, в частности Верхнекамской впадины и Глазовской депрессии, с докембрия до юрского периода мезозоя. Современная тектоническая карта Волго-Уральской антеклизы – это, по сути дела, прикладная основа нефтегазовой геологии, где главным является строение основного нефтегазоносного комплекса, которым в рассматриваемом регионе является ниже-среднекаменноугольный. В настоящее время известно несколько вариантов тектонических схем северо-востока антеклизы (в том числе и Пермского края), где обязательно выделяется Верхнекамская впадина, хотя в геологической истории она просуществовала ограниченный отрезок времени с каменноугольного периода и ориентировочно до середины пермского периода. Приведены новые данные по стратиграфии уржумского и северодвинского ярусов пермской системы восточной части Волго-Уральской антеклизы с подтверждением уржумского (белохолуницкого) возрастного диапазона «Очерской фауны тетрапод». Для решения прикладных геологических задач, в частности, прогноза стратиформных пероксидных руд марганца и поисков общераспространенных полезных ископаемых в рассматриваемом регионе рекомендуется пользоваться предлагаемой тектонической схемой, основанной на строении средне-верхнепермских и мезозойских отложений.*

*Ключевые слова: рельеф фундамента, стратиграфия перми, тетраподы, фауна, марганец, Верхнекамская впадина, Глазовская депрессия, Волго-Уральская антеклиза.*

**V.M. Babenyshev, N.V. Marinskaya**

*Autonomous Institution “V.I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use  
of the Subsoil”, Khanty-Mansiysk, Russia*

**GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE GLAZOV DEPRESSION, WHICH  
AROSE AFTER THE CLOSURE OF THE VERKHNEKAMSKAYA  
DEPRESSION IN THE LOWER PERMIAN EPOCH, IN THE NORTH-  
EASTERN PART OF THE VOLGA-URAL ANTECLISE**

*The change in the geological structure of the northeastern part of the Volga-Ural anteclise, in particular the Verkhnekamsk depression and the Glazovskaya depression, from the Precambrian to the Jurassic period of the Mesozoic is traced. The modern tectonic map of the Volga-Ural anteclise is, in fact, the applied basis of oil and gas*

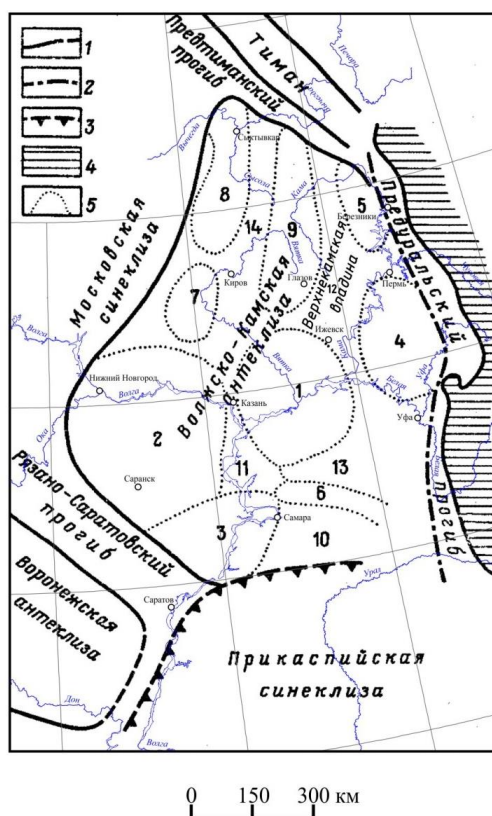


geology, where the main thing is the structure of the main oil and gas complex, which in the region under consideration is the Lower-Middle Carboniferous. Currently, several variants of tectonic schemes of the northeast of the antecline (including the Perm Territory) are known, where the Verkhnekamsk depression is necessarily distinguished, although in geological history it existed for a limited period of time from the Carboniferous period and approximately until the middle of the Permian period. New data on the stratigraphy of the Urzhum and Severodvinsk stages of the Permian system of the eastern part of the Volga-Ural antecline are presented, confirming the Urzhum (Belokholunitsky) age range of the Ocher tetrapod fauna. To solve applied geological problems, in particular, the prediction of stratiform manganese peroxide ores and the search for common minerals in the region under consideration, it is recommended to use the proposed tectonic scheme based on the structure of the Middle Upper Permian and Mesozoic deposits.

Keywords: relief basement, stratigraphy Permian system, tetrapods, fauna, manganese, Verkhnekamskaya depression, Glazovskaya depression, Volga-Urals antecline.

**Верхнекамская впадина** – это одна из структур, формирующих Волго-Уральскую (Волжско-Камскую, включая Предуральский прогиб) антеклизу, являющуюся, в свою очередь, крупным тектоническим элементом на востоке Русской плиты. Верхнекамская впадина первоначально была выделена по рельефу архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента, при этом она была «ограничена с запада Немско-Лойненским» сводом [14]. В конце 60-х годов XX века в название Верхнекамской впадины, по-видимому, вкладывалась не только территория непосредственно верхнего течения реки Кама, а и всей Верхней Камы до города Пермь включительно (при этом ни в географии, ни в геологии в то время понятие среднего течения Камы широко не использовалось).

По имеющейся геолого-геофизической информации на это время (60-е годы XX века) Верхнекамская впадина «открывалась» преимущественно в 3-х направлениях: на север, на северо-восток и на юго-юго-восток (рис. 1).



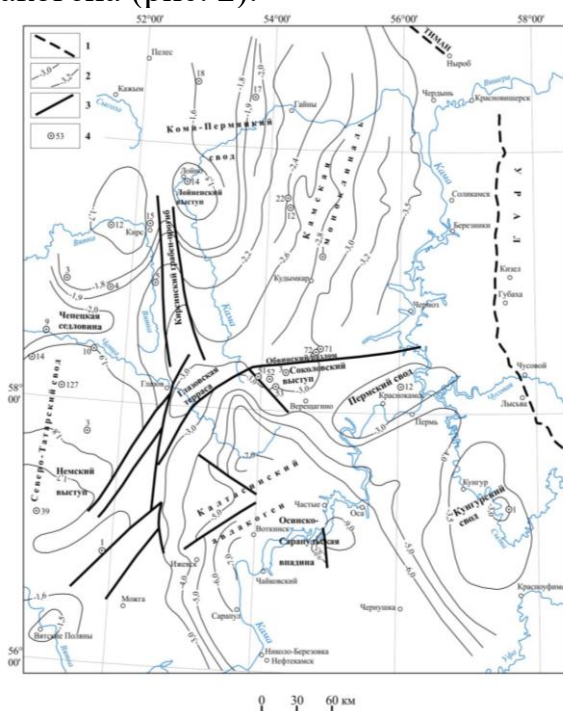
Описание условных обозначений по первоисточнику: 1 - границы крупных структурных элементов; 2 - западная граница Предуральского прогиба; 3 - борт прикаспийской синеклизы; 4 - западный склон Урала; 5 - границы структурных элементов в пределах Волжско-Камской антеклизы Структуры (цифры на карте). Своды: 1 - Татарский; 2 - Токмовский; 3 - Жигулевско-Пугачевский; 4 - Башкирский; 5 - Камский. Погребенные своды: 6 - Оренбургский; 7 - Котельничский; 8 - Ськтывкарский; 9 - Немско-Лойненский. Впадины: 10 - Бузулукская; 11 - Мелекесская; 12 - Верхнекамская. Погребенные грабенообразные впадины фундамента: 13 - Сергиевско-Абдулинская (по палеозойским отложениям выражена неотчетливо); 14 - Казанско-Кажимский прогиб (по палеозойским образованиям зона Вятских поднятий).

Рис. 1. Схема расположения основных структурных элементов в пределах восточной части Восточно-Европейской платформы (по К.Р. Чепикову, 1967)

с добавлением речной сети

Последующие геолого-геофизические исследования показали, что по кровле архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента Камский свод (к северо-северо-востоку от Верхнекамской впадины) не выделяется, а западнее данного свода и на его месте располагается Камская моноклираль (с постепенным погружением ее кровли с запада на восток), ограниченная на юге субширотным Обвинским разломом [9], который «обрезал» северную часть Верхнекамской впадины, значительно уменьшив ее размеры. Западнее Камской моноклинали уточнены контуры субмеридионального Немско-Лойненского свода, северная (Лойненская) часть которого получила новое название – Коми-Пермяцкий свод с минимальными глубинами до кровли кристаллического фундамента (до 1500 м).

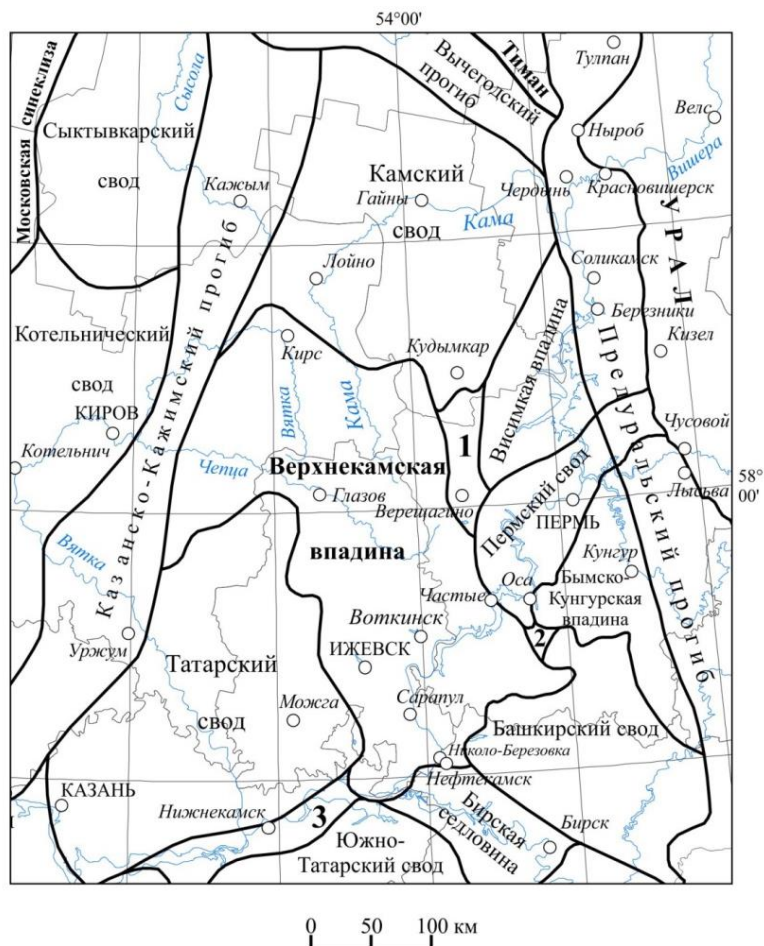
На северо-востоке Верхнекамская впадина «закрылась» Пермским сводом, который увеличил к северо-западу площадь Башкирского свода (показанного на рис. 1). В самом центре Верхнекамской впадины вблизи истока реки Кама нефтяники бурением выявили Соколовский выступ кристаллического фундамента (с абсолютными отметками от минус 2,63 до минус 3,03 км). Что касается юго-юго-восточного направления Верхнекамской впадины, то при установлении авлакогенной стадии развития Восточно-Европейской платформы, эта часть рассматриваемой впадины стала соответствовать северо-западному фрагменту Калтасинского авлакогена. Таким образом, по рельефу архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента Верхнекамская впадина в настоящее время не выделяется, от нее остался лишь небольшой уступ - Глазовская терраса (с абсолютными отметками кровли фундамента ниже минус 3,0 км) у северо-западной бровки борта Калтасинского авлакогена (рис. 2).



1 - границы крупных структур; 2 - изогипсы поверхности фундамента; 3 - разломы фундамента; 4 - скважины, вскрывшие архей-нижнепротерозойский фундамент.

Рис. 2. Схема строения поверхности архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента северо-восточной части Русской плиты

Наряду с этим, для вышележащих геологических образований, имеющих депрессионное строение, название Верхнекамская впадина оказалось востребованным, то есть оно (название) «переместилось» вверх по разрезу в палеозойские образования с соответствующим изменением границ впадины в плане (рис. 3).



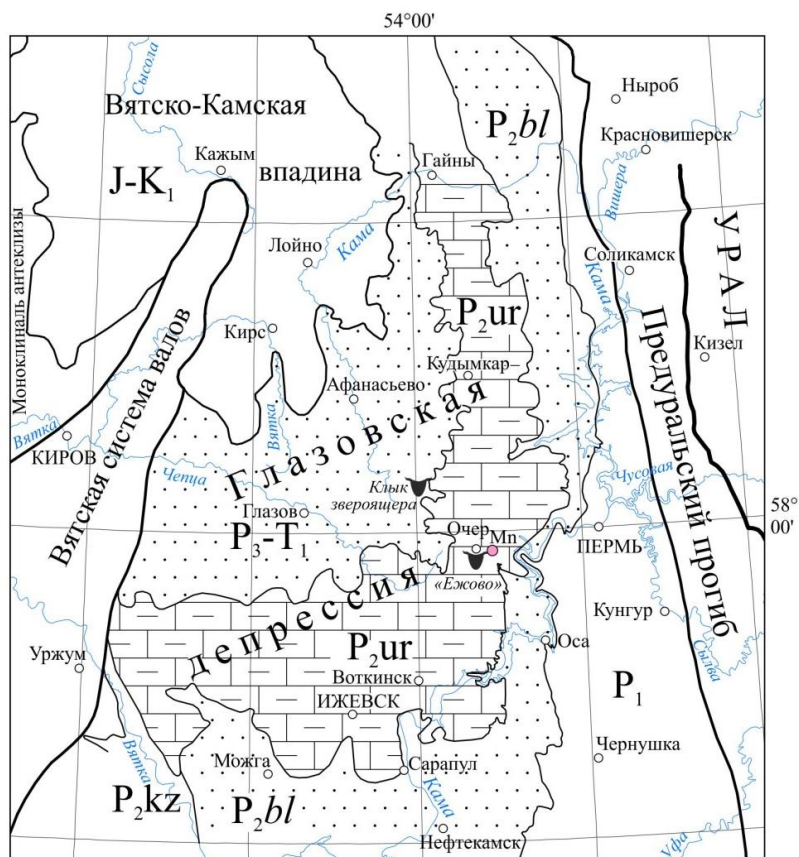
Седловины: 1 - Ракшинская; 2 - Бабкинская; 3 - Сарайлинская.

Рис. 3. Фрагмент современной тектонической карты Волго-Уральской антеклизы (по Р.О. Хачатрян, 1979) [13] с дополнениями

Современная тектоническая карта Волжско-Камской антеклизы – это, по сути дела, прикладная основа нефтегазовой геологии, где главным является строение основного нефтегазоносного комплекса, которым в рассматриваемом регионе является нижне-среднекаменноугольный. Поэтому конфигурация Верхнекамской впадины на современной тектонической карте соответствует преимущественно строению каменноугольных отложений, что и отмечается в основах тектоники карбона данного региона: «Тектоническое районирование территории основано на структурных взаимоотношениях, которые предопределились историей геологического развития и запечатлены в морфологии, в первую очередь регионально нефтегазоносных горизонтов

карбона – кизеловского, бобриковского, тульского, мелекесского и верейского» [12].

**Уфимские отложения** пермского периода (ранее, до 2005 года они относились к верхней перми) состоят из соликамской и шешминской свит (снизу - вверх). Геологическое строение центральной части Волго-Уральской антеклизы с начала уфимского до вятского века пермского периода позволило геологам выделить здесь относительно крупную структуру – **Глазовскую синеклизу (депрессию)** (рис. 4).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Площадь распространения выходов на земную поверхность отложений:		Местонахождение фауны тетрапод
$P_1$	нижней перми (включая уфимский ярус)	▼
$P_{2kz}$	морских отложений казанского яруса средней перми	● Мп Павловское рудопроявление марганца
$P_{2bl}$	белебеевской свиты средней перми	
$P_{2ur}$	уржумского яруса средней перми	
$P_3-T_1$	северодвинского, вятского ярусов верхней перми и нижнего триаса	
$J-K_1$	юры и нижнего мела	

*Примечание.* Граница нижней перми ( $P_1$ ) является границей выходов на земную поверхность отложений уфимского яруса, включенного в 2005 г. в состав нижней перми

Рис. 4. Предлагаемая тектоническая схема среднепермско-мезозойских отложений с элементами стратиграфии рассматриваемого региона

В Глазовской депрессии Верхнекамская впадина занимала уже подчиненное положение, не отделяясь в своей западной части от смежных структур по мощностям и фациям отложений, то есть, не имеющая четкого западного ограничения, и с полным отсутствием восточной границы. Глазовская депрессия (синеклиза) представляла собой пологую структуру, занимающую всю северную часть (почти половину по площади) Волжско-Камской антеклизы в средне- и верхнепермскую эпохи пермского периода, при этом влияние положительных и отрицательных палеозойских структур на фациальный состав и мощность отложений здесь свелось к минимуму (рис. 4).

После **казанского** века на всей территории Глазовской депрессии (синеклизы) в уржумский, северодвинский и вятский века формировались осадки континентальной пестроцветной карбонатно-терригенной формации, характеризующейся многократным циклическим чередованием красноцветных песчано-глинистых отложений с пестроцветными карбонатно-глинистыми толщами. Накопление пестроцветной формации происходило в едином **очень крупном бассейне** (озере), который по своим размерам вполне бы мог называться морем. Однако это был бассейн ненормальной преимущественно пониженной солености и очень неустойчивого гидрохимического режима. Неустойчивость эта отражается в постоянном многократном чередовании пластов карбонатных пород с красноцветными глинами и пачками глинисто-песчаных отложений [10].

**Уржумский ярус** (ранее – нижнетатарский подъярус) в основании представлен максимовской свитой (ранее – нижнеустыинским горизонтом). Выше залегает ильинская свита уржумского яруса. Выше ильинской свиты залегает белохолуницкая свита, где остатки окаменелостей наземных позвоночных встречены в Очерском районе Пермской области, здесь в песчаниках основания белохолуницкой свиты на листе О-40-ХІХ в Очерском районе Пермской области изучено местонахождение фауны тетрапод «Ежово» (рис. 4). Тетраподы [83] относятся к зоне *Estemmenosuchus uralensis* диноцефалового фаунистического суперкомплекса [7]. Возрастной диапазон «Очерской фауны тетрапод» был установлен ранее (до проведения работ по созданию Госгеолкарты масштаба 1:200 000) при корреляции разрезов структурно-поисковых скважин на основе диаграмм комплекса методов каротажа (гамма-картаж, картаж сопротивлений и картаж самопроизвольной поляризации) [2, 16].

В этом же регионе, в песчаниках и конгломератах основания белохолуницкой пачки встречаются линзочки волконскоита, образуя проявления и его мелкие месторождения (Селинское, Самосадкинское). В 15 км к северо-востоку от местонахождения фауны тетрапод «Ежово» выше базального основания белохолуницкой пачки, ориентировочно в 20-ти м выше по разрезу от Очерской фауны тетрапод выявлен стратиформный уровень пероксидных марганцевых руд (Павловское рудопроявление) озерного генезиса [3] (рис. 4).

К концу уржумского века трансгрессия сырьянского озерного бассейна достигла максимума, когда гигантское (по площади) озеро заняло обширные

территории, простираясь от присводовой части Токмовского поднятия до Предуралья, от Белого моря до Нижнего Поволжья. Озерный бассейн был пресноводным или слабо солоноватоводным, поскольку сырьянские преимущественно водорослевые известняки бассейнов Кильмези, Немы, верхней Чепцы, Камы обладают признаками пресноводного генезиса [8].

В нижней части сырьянской пачки (в 35 км юго-западнее города Очер, на окраине села Петропавловск, в промоине, ниже небольшого карьера с известняками) в светло-коричневых с сиреневатым оттенком мергелях (0,25 м) выявлены остракоды [17]: *Palaeodarwinula fragilis* (Schneid.), *P. fragiliformis* (Kash.), *P. elongata* (Lunjak), *P. elegantella* (Bel.), *Suchonellina* cf. *inornata* Spizh., *S. parallela* Spizh., *S. pseudofutschiki* (Bel.), *Prasuchonella nasalis* (Shar.) (определения В.А. Лукина, С.В. Курковой, 1999), а в подстилающем этот мергель прослое песчаных алевропелитов красновато-коричневых – пелециподы: *Palaeomutela wöhrmani* Netsch., *P.* cf. *wöhrmani* Netsch., *P. ulemensis* Gusev, *Palaeomutela* sp. (определения В.В. Силантьева, 1999).

Если руководствоваться только биостратиграфией, то отложения вышеописанных отложений следует относить к уржумско-северодвинскому комплексу видов остракод смешанного состава, а пелециподы, которые по разрезу находятся ниже этого остракодового комплекса и вовсе – к северодвинскому ярусу, что не соответствует их положению в стратиграфическом разрезе, основанном на лито- и циклостратиграфических построениях, а также корреляции разрезов структурно-поисковых скважин на основе диаграмм комплекса методов каротажа (гамма-каротаж, каротаж сопротивлений и каротаж самопроизвольной поляризации). Вид *Palaeomutela ulemensis* Gusev появляется в отложениях уржумского яруса, кроме этого, А.К. Гусев указывает на наличие в верхней части уржумского горизонта пелеципод видов *Palaeomutela*, являющихся руководящими в настоящее время для северодвинских отложений [6]. Никаких противоречий здесь нет для того, чтобы полеофауна стала руководящей, то есть, относительно многочисленной в определенном временном диапазоне. Ей (фауне) нужно было время для формирования и появления первых единичных форм в нижележащих отложениях.

**Северодвинский ярус.** Внизу залегает слободская свита. Выше – юрпаловская свита. Вблизи западной границы Пермского края, в карьере на водоразделе рек Буб (приток реки Обва) и Бол. Сепыч, в 10 км к юго-юго-востоку от пос. Северный Коммунар в основании юрпаловской свиты в переслаивающихся гравелитах и песчаниках встречен окремнелый зуб (клык) очень крупной зверообразной рептилии [5, 16] (рис. 5).

В завершающий **вятский век** пермского периода и в **нижнем триасе** геологическая история рассматриваемого региона была аналогичной северодвинскому веку, но в структурном плане появляется значительное отличие, заключающееся в смещении к северу наиболее опущенной части Глазовской синеклизы и начале формирования здесь Вятско-Камской мезозойской впадины (рис. 4). Вятско-Камская впадина фиксируется в современном плане площадью распространения юрских отложений,

занимающих верховья рек Вятка, Сысола и отрезок Верхней Камы от пос. Афанасьево до устья реки Весляна.



Рис. 5. Окремнелый зуб (клык) очень крупной зверообразной рептилии в основании юрпаловской свиты северодвинского яруса. Местонахождение: вблизи западной границы Пермского края, в карьере на водоразделе рек Буб (приток реки Обва) и Бол. Сепыч

### **Заключение**

Для решения прикладных геологических задач, в частности, прогноза осадочных пероксидных руд марганца и закономерностей размещения общераспространенных полезных ископаемых (песков строительных, глин кирпичных, агрокарбонатных руд) в образованиях, слагающих дневную поверхность рассматриваемого региона, рекомендуется пользоваться предлагаемой тектонической схемой (рис. 4), основанной на строении средне-верхнепермских и мезозойских отложений.

### **Библиографический список**

1. Алиев М.М., Батанова Г.П., Хачатрян Р.О. и др. *Девонские отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции*. М., «Недра». 1978.
2. Бабеньшев В. М. *О возрасте очерской фауны тетрапод // Пермские отложения Республики Татарстан*. Казань: Экоцентр. 1996. С. 89–92.
3. Бабеньшев В.М., Маринская Н.В. *Осадочный рудогенез марганца в семиаридном климате уржимского века перми на примере Павловского проявления оксидных марганцевых руд в Пермском крае // Горные ведомости*. 2008. № 2. С. 60-69.
4. Бабеньшев В.М., Волкова Г.И., Колодяжная Л.И. и др. *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Второе поколение. Серия Пермская. Лист О-40-ХІХ (Очёр). Объяснительная записка*. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ». 2017.

5. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Листы О-40-VII (Кудымкар); О-40-XIII (Верецагино). Объяснительная записка [Электронный ресурс] / Бабенышев В.М., Гатауллин А.И., Волкова Г.И. и др. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2021.
6. Гусев А.К. Неморские двустворчатые моллюски верхней перми Европейской части СССР. Казань: Изд-во Казанского у-та. 1990.
7. Ивахненко М. Ф., Голубев В. К., Губин Ю. М. и др. Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы // Тр. ПИН. Т. 268. М.: ГЕОС. 1997.
8. Игнатъев В.И. Татарский ярус центральных и восточных областей Русской платформы. Ч. II. Фауна, палеогеография. Казань: Изд-во Казанского у-та. 1963.
9. Кассин Г.Г., Шершнев К.С. Разломы Среднего Приуралья // Разломы земной коры Урала и методы их изучения. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1983. С. 84-88.
10. Форш Н.Н., Кириков В.П., Мораховская Е.Д. Эмерсивная стадия. Средне-позднепалеозойский этап. История геологического развития Русской платформы. // Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1. Русская платформа / Под ред. В.Д. Наливкина и К. Э. Якобсона. Л.: Недра. 1985. С. 134-135.
11. Хайн В. Е. Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия. М.: Недра, 1977.
12. Хачатрян Р. О., Яриков Г. М., Тектоника // Каменноугольные отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. М.: Недра. 1975.
13. Хачатрян Р. О. Тектоническое развитие и нефтеносность Волжско-Камской антеклизы. М.: Недра. 1979.
14. Чепиков К. Р. Основные черты геологического строения // Геология СССР. Т. XI. Поволжье и Прикамье. Часть I. Геологическое описание. М.: Недра. 1967. С. 44-53.
15. Чудинов П. К. Ранние терапсиды. Тр. Палеон. ин-та АН СССР. Т. 202. М.: Наука. 1983.
16. Babenyshv V. M. *Stratigraphy of the Tatarian deposits from upper and middle part of the Kama river region // Proceedings of the XIII International Congress on the Carboniferous and Permian. Part 1. Warszawa: Polish Geological Institute, 1997. P. 91–92.*



## **МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. СЮЗЬ ЧИКМАН-НЯРСКОЙ ДЕПРЕССИИ (СРЕДНИЙ УРАЛ)**

*Объектом исследования являются аллювиальные отложения р. Сюзь и ее притоков, откуда отобраны шлиховые пробы. В работе рассмотрено геологическое строение района исследований, произведен гранулометрический анализ проб, а также количественный минералогический анализ шлиховых проб. На основании количественного минералогического анализа шлиховых проб выделены два минералогических района в среднем течении р. Сюзь в Чикман-Нярской депрессии. Полученные данные могут быть учтены в исследованиях источников питания в минералогических районах и направлении сноса обломочного материала.*

*Ключевые слова: минералогия, гранулометрия, шлиховое опробование, р. Сюзь, Средний Урал.*

**K.P. Kalinin**

Perm State University, Perm, Russia

## **MINERALOGICAL CHARACTERISTIC OF THE MIDDLE FLOW RIVER SUZ CHIKMAN-NYARSKAYA DEPRESSION (MIDDLE URAL)**

*The object of the study is the alluvial deposits of the Suz river and its tributaries, from where the dressing samples were taken. The paper considers the geological structure of the research area, granulometric analysis of samples, as well as quantitative mineralogical analysis of the slurry samples. Based on quantitative mineralogical analysis of schlich samples, two mineralogical regions were identified in the middle reaches of the Suz river in the Chikman-Nyarskaya depression. The data obtained can be taken into account in studies of power sources in mineralogical areas and the direction of demolition of detrital material.*

*Key words: mineralogy, granulometry, bulk testing, river Suz, Middle Ural.*

### **Введение**

При проведении геологосъемочных и поисковых работ на Среднем Урале одним из важнейших объектов являются аллювиальные отложения, а информативными методами – минералогические и гранулометрические исследования [7-9].

Объектом исследования являются аллювиальные отложения долины р. Сюзь – левого притока р. Чикмана, протекающего по территории Александровского района Пермского края. Объект расположен в пределах Чикманского рудного узла, перспективного на алмазы, где установлена Чикманская алмазная россыпь [1, 6].

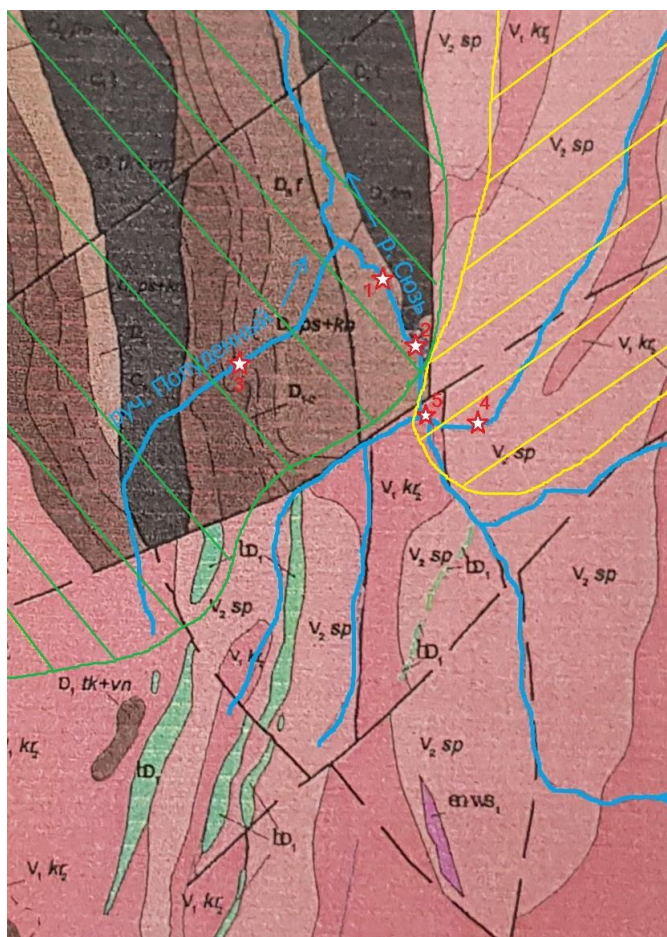
Цель исследований – изучение минеральных ассоциаций тяжелой фракции отобранных шлихов.

## Геологическое строение

В тектоническом отношении район располагается в Западно-Уральской зоне складчатости, образованной на границе пассивной окраины Восточно-Европейской платформы после герцинской коллизии [2, 13]. Характеризуется четко выраженным неотектоническим блоковым строением с большим количеством тектонических и неотектонических нарушений [3-6].

В раннем девоне (начало раннегерцинского этапа) Средний Урал пережил интенсивные локальные поднятия, благодаря чему на западном склоне появились пестроцветные терригенные отложения нижнего девона (такатинская свита). В блоках, не затронутых воздыманием, в это время отлагались тонкозернистые терригенные и карбонатные осадки платформенного типа [12].

В геологическом строении района месторождения Чикман принимают участие породы девона и карбона, а также мезозойско-кайнозойские отложения, выполняющие эрозионно-карстовые депрессии и слагающие аллювиальный комплекс долины р. Чикман (рис. 1).



Условные обозначения:





-  - места отбора шлихов;
-  - зона цирконовой минеральной ассоциации;
-  - зона авгитовой минеральной ассоциации;
-  - речная сеть

Рис. 1. Ситуативная геологическая схема (по материалам [1])

Последняя образована в терригенно-карбонатных отложениях девона и карбона. Карбонатные породы представлены здесь закарстованными и трещиноватыми известняками, на которых, как правило, развита глинисто-щебнистая кора выветривания [11].

### Методика исследований

В среднем течении р. Сюзь в пределах Чикман-Нярской эрозионно-карстовой депрессии автором отобрано 5 шлиховых проб. Пробы взяты из косовых отложений: 1, 2, 5 – р. Сюзь; проба 3 – руч. Полуденный (левый приток р. Сюзь); 4 – безымянный правый приток р. Сюзь с устьем, расположенным на два километра выше по течению р. Сюзь от места впадения руч. Полуденный (рис. 2).

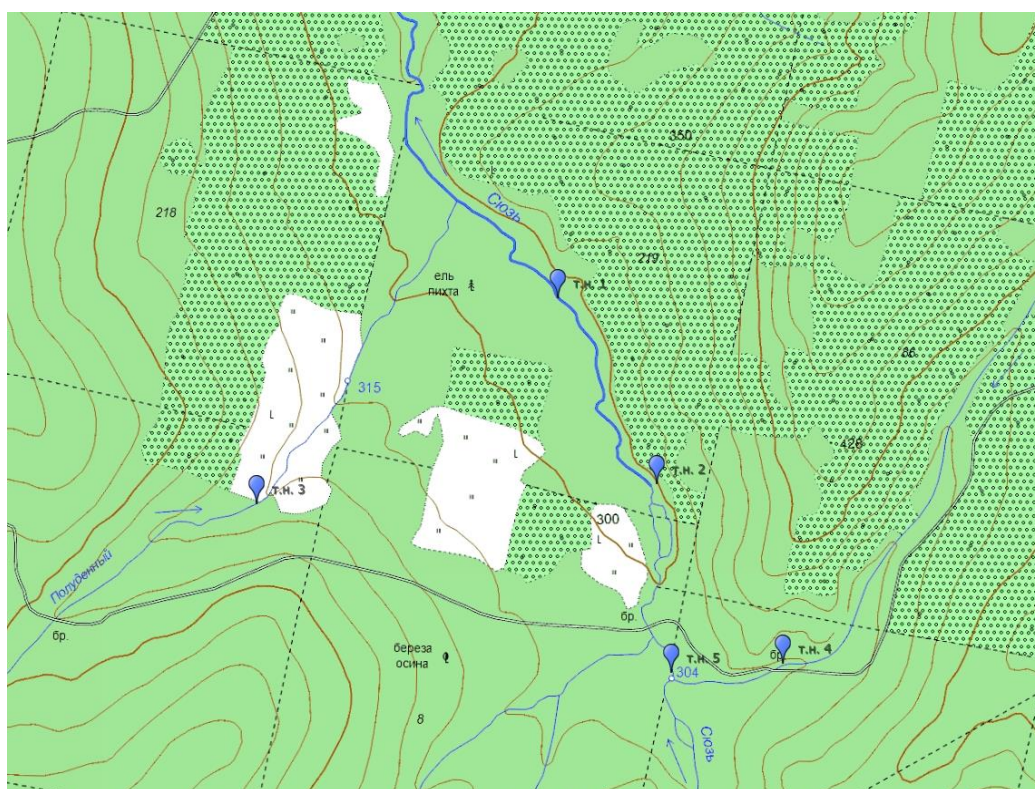


Рис. 2. Карта-схема с точками отбора проб, масштаб 1:50000

Лабораторное изучение проб проводилось по типовой схеме обработки проб для петрографического и количественного минералогического анализов (рис. 3) [8].

Для отсева шлиховых проб использовался стандартный набор сит с размером ячеек: 1,0; 0,5; 0,25; 0,1.

Для изучения минеральной ассоциации шлихов гранулометрический класс 0,25-0,1 мм, как наиболее представительный в этом отношении, разделен в бромформе ( $\text{CHBr}_3$ ). Тяжелая фракция (ТФ) взвешена на лабораторных весах WAS 220/C/2 с точностью до четвертого знака.

Анализ легкой фракции проводится при помощи стереомикроскопа Meiji Techno EMT 2 в классе 0,5-0,25 мм.

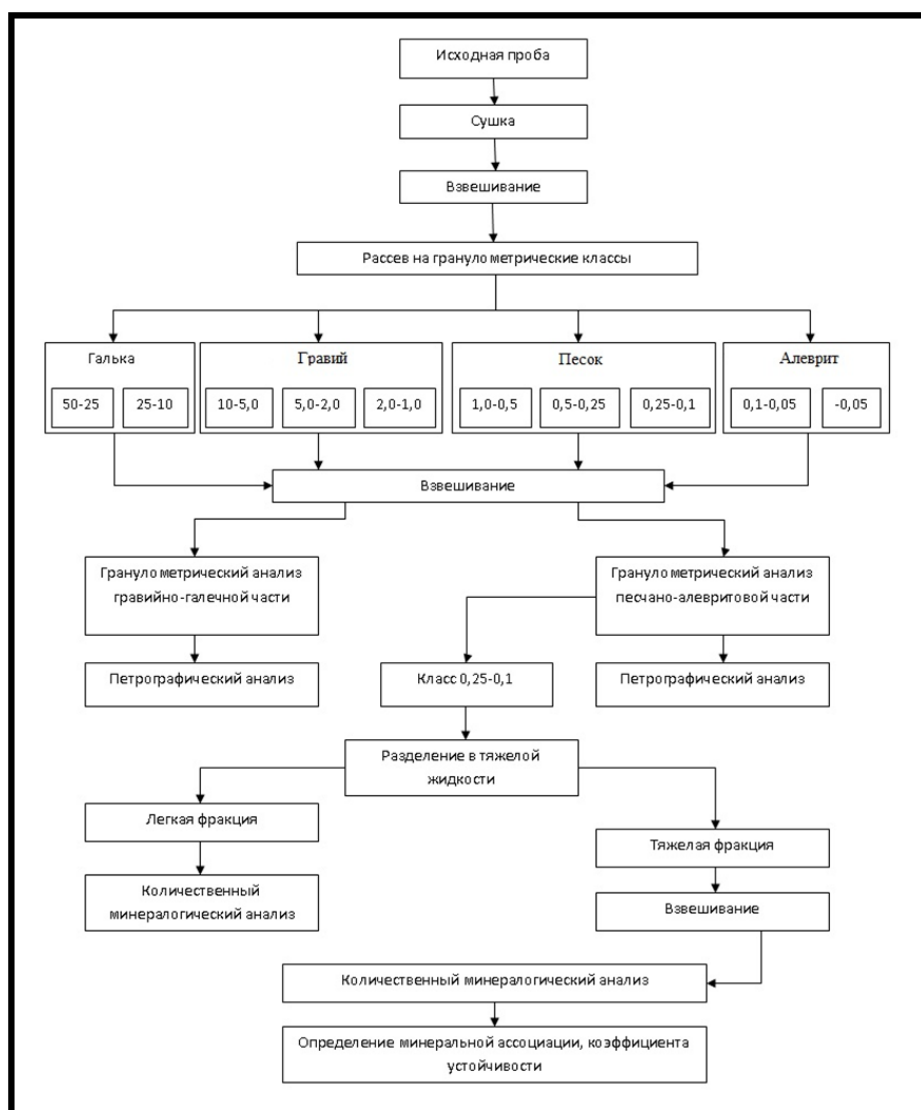


Рис. 3. Схема обработки шлиховых проб для петрографического и количественного минералогического анализов

### Результаты исследований

В результате ситового анализа выделяются следующие классы (в мм): >1,0; 1,0-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; <0,1 (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав песчано-алевритового материала шлиховых проб, %

№ пробы	Масса шлиха, г	Классы, мм					Итого, масс. %
		>1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1	
1	28,30	0,64	0,35	42,80	55,71	0,50	100
2	38,74	0,36	7,70	62,85	28,26	0,83	100
3	44,01	2,87	1,05	37,83	57,86	0,39	100
4	33,51	0,44	0,51	35,88	62,72	0,45	100
5	25,83	0,08	0,15	29,84	69,46	0,47	100

Из табл. 1 видно, что в исследуемых пробах, кроме шлиха 2, преобладает класс 0,25-0,1 мм.

По величине выхода ТФ (табл. 2) пробы можно разделить на две группы: 1) проба 3 с наибольшим выходом ТФ (руч. Полуденный); и все остальные пробы с весьма низким выходом ТФ. При проведении минералогического анализа выяснилось, что повышенный выход ТФ пробы 3 связан с близостью размываемых даек основных пород, поставляющих железо-магнезиальные минералы группы пироксенов.

Таблица 2

Выход тяжелой фракции (ТФ) класса 0,25-0,1 мм проб 1-5, %

Номер пробы	Масса класса, г	Масса ТФ, г	Выход ТФ, %
1	15,74	0,1307	0,83
2	10,91	0,0826	0,76
3	25,36	0,6135	2,42
4	21,01	0,1398	0,67
5	17,92	0,0528	0,29

Результаты минералогического анализа легкой фракции представлены в табл. 3.

Таблица 3

Минеральный состав легкой фракции шлиховых проб, %

Минерал/разность	Номер пробы				
	1	2	3	4	5
Кварц полупрозрачный	84	91	92	95	95
Кварц ожелезненный	9	4	3	3	4
Гидрогетит	1	2	2	-	1
Горный хрусталь	6	3	3	2	-
Итого, %	100	100	100	100	100

Из табл. 3 видно, что минеральный состав легкой фракции составляют в основном силикатные компоненты: кварц и его разности. Минеральный состав легкой фракции характеризуется достаточно однообразным набором минералов.

Для минералогической характеристики шлихов под биноклем просмотрены все выделенные классы без разделения в бромформе. В пробах 4 и 5 в классе 1,0-0,5 мм отмечены крупные окатанные зёрна лейкоксена, полупрозрачного зеленого турмалина и граната-альмандина с бугорчатой поверхностью (рис. 3).

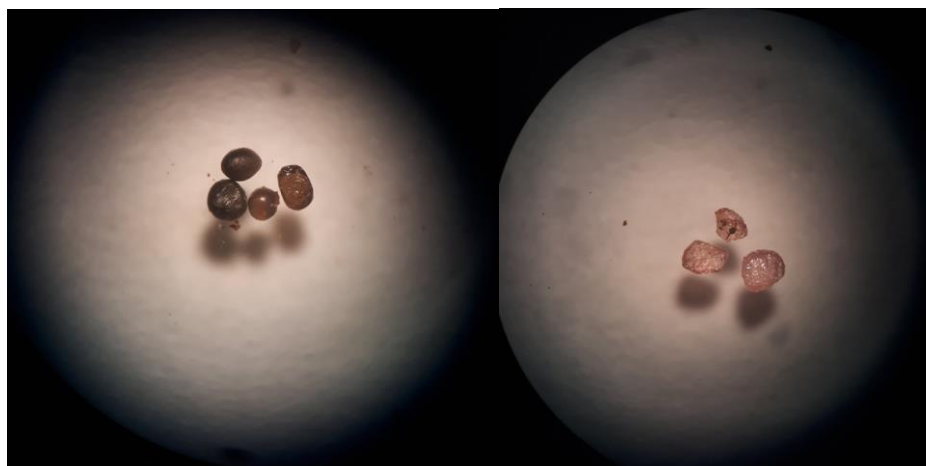


Рис. 3. Зерна турмалина и граната-альмандин с бугорчатой поверхностью

Необходимо отметить, что пробы 4 и 5 пространственно сближены и имеют один источник поступления материала, как нам представляется, из такатинской свиты нижнего девона.

Для количественного минералогического анализа взята узкоразмерная фракция с представительным количеством зерен минералов (мелкопесчаный класс 0,25-0,1 мм, 500 зёрен).

Результаты минералогического анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4

Минеральный состав тяжелой фракции шлиховых проб (класс 0,25-0,1 мм), %

Минерал	Номер пробы				
	1	2	3	4	5
Аллотигенные					
Циркон	26,56	21,43	1,20	62,99	45,83
Хромшпинелид	1,36	-	-	2,24	0,43
Рутил	1,08	1,23	0,30	1,22	-
Ильменит	0,27	4,43	0,90	0,61	28,05
Пироксен-авгит	56,64	50,74	76,82	-	-
Турмалин	10,84	15,27	1,20	15,65	9,42
Гранат	0,54	0,25	-	0,81	-
Лейкоксен	2,71	6,65	18,98	9,96	14,56
Эпидот	-	-	0,60	-	0,43
Магнетит	-	-	-	2,24	-
Анаказ	-	-	-	2,24	1,07
Монацит	-	-	-	0,61	-
Пироксен	-	-	-	1,02	0,21
Фосфаты	-	-	-	0,41	-
Итого, %	100	100	100	100	100
Аутигенные					
Гематит	15,75	22,99	65,87	3	88,89
Гидрогетит	84,25	77,01	34,13	-	7,41
Пирит	-	-	-	-	3,70
Итого, %	100	100	100	100	100

Минералогический анализ проведен по аллотигенной части шлиховых проб. Проба 3, выделенная нами в первую группу шлихов с наибольшим выходом ТФ, характеризуется ярко выраженной авгитовой минеральной ассоциацией [7]. По этому показателю к ней примыкают пробы 1 и 2. С другой стороны, пробы 4 и 5 совершенно лишены авгитового компонента в составе тяжелой фракции шлиха. Они характеризуются цирконовой минеральной ассоциацией, обычной для западного склона Урала при шлиховом опробовании [10].

### **Заключение**

Таким образом, на основании минералогического анализа шлиховых проб можно выделить два локальных минералогических района:

1) первый – связанный, в основном, с влиянием даек магматических пород основного состава на формирование минеральной ассоциации изучаемой части Чикман-Нярской депрессии;

2) второй – связанный с преобладающим влиянием среднепалеозойских терригенных толщ (такатинская свита эмского яруса нижнего девона).

Необходимо отметить, что различие между источниками питания во втором локальном минералогическом районе и преобладающем направлении сноса обломочного материала – это следующий интересный вопрос будущего исследования.

### **Библиографический список**

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Лист О-40-V (Усть-Тылай). Объяснительная записка Ред. Б.К. Ушков. М., СПб, ФГУП «Геокарта-Пермь», ВСЕГЕИ, 2013. 210 с.
2. Ибламинов Р.Г. Минерация (основы минерагеодинамики) / Учебное пособие. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2015. 322 с.
3. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
4. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
5. 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.
6. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
7. Лунев Б.С., Осовецкий Б.М. Мелкие алмазы Урала. Пермь, 1996. 128 с.
8. Осовецкий Б.М. Шлиховой метод. Пермь, 2009. 162 с.
9. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
10. Пактовский Ю.Г. Стадийность геологического развития территории Южного Прикамья в позднем протерозое // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т.18, № 2. С. 108-124.
11. Россыпи алмазов России и ближнего зарубежья / С.А. Граханов, В.И. Шаталов, В.А. Штыров и др.; гл. ред. Д.А. Додин. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2007. 457 с.
12. Смирнов Ю.Д., Боровко Н.Г., Вербицкая Н.П., и др. Геология и палеогеография западного склона Урала. Л.: Недр, 1977. 199 с.
13. Соболев И.Д. Краткий очерк тектонического развития // Геология СССР. Т. XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч. 1. Геологическое описание. Кн. 2. М.: Недр, 1969. С. 220-240.

## **ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОРОД, НЕФТЕЙ ТУРНЕЙСКОГО ЯРУСА НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

*В статье рассмотрена характеристика изотопного состава углерода нефти турнейского яруса восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Предуральского краевого прогиба на территории Пермского края. Построены графики корреляции и карты распределения изотопного состава углерода по различным параметрам. Выявлена природа исходного органического вещества, прослежена закономерность распределения изотопного состава углерода*

*Ключевые слова: органическое вещество, изотопный состав углерода, углеводороды, турнейский ярус, фракционный состав нефти.*

**S.A. Kanyukov**

Perm State University, Perm, Russia

## **ISOTOPE COMPOSITION OF CARBON OF ORGANIC MATTER OF ROCKS, OILS OF THE TURNASIAN IN THE TERRITORY OF THE PERM KRAI**

*The article describes the characteristics of the carbon isotopic composition of the Tournaisian oil in the eastern margin of the East European craton and the Pre-Ural foredeep in the Perm krai. The graphs of the correlation and maps of distribution of the isotopic composition of carbon by various parameters are plotted. The nature of the initial organic matter is revealed, the regularity of the distribution of the isotopic composition of carbon is traced.*

*Keywords: organic matter, carbon isotopic composition, hydrocarbons, Tournaisian stage, oil fractional composition*

### **Введение**

Одним из наиболее перспективных объектов Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (НГБ) является верхнедевонско-турнейский нефтегазоносный комплекс, продуктивность которого достаточно высока на территории Западного Урала и Восточно-Европейской платформы. В связи с этим возникают проблемы детального изучения природы исходного органического вещества (ОВ) и распределения углеводородов (УВ) турнейского яруса.

Актуальность работы возрастает по мере роста освоения начальных суммарных ресурсов нефти и газа в районах их добычи.



**Цель работы:** определение природы исходного органического вещества турнейского яруса и характера миграции углеводородов на основании данных изотопного состава углерода.

**Основные задачи:** рассмотреть литолого-стратиграфические особенности турнейского яруса; изучить тектоническое строение территории; провести анализ нефтегазоносности; рассмотреть влияние различных факторов на изменение изотопного состава углерода; выявить генетическую связь исходного органического вещества; проследить пути миграции углеводородов.

Изучение изотопного состава углерода фракций и индивидуальных УВ нефти позволяет в определенной степени судить о ее генезисе и факторах, определяющих формирование изотопного состава углерода нефти в целом.

Изучаемая территория находится на территории Пермского края, который в тектоническом отношении занимает приграничную восточную часть Восточно-Европейской платформы, а также западные склоны Среднего и Северного Урала. Рассматриваемая территория имеет различные условия по геодинамической активности; в районах рассматриваемых скважин и месторождений нефти и газа преобладает в основном средняя и высокая неотектоническая активность [5-9].

Изучаемые скважины расположены в основном в пределах Пермско-Башкирского свода и Предуральяского прогиба (рис. 1).

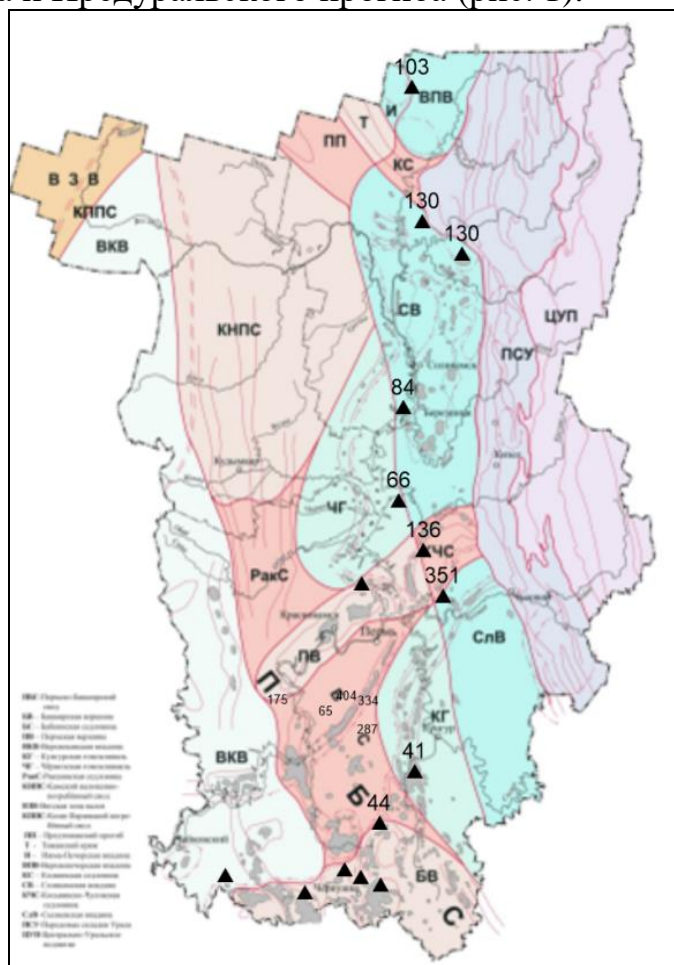


Рис 1. Расположение изучаемых скважин на тектонических структурах в пределах Пермского края [6]

Геологический разрез представлен двумя тектоническими этажами: архее-протерозойским фундаментом и комплексом пород осадочного чехла мощностью от 1,5 и более км.

По литологическому составу, фациальным особенностям и комплексам фауны турнейский ярус является достаточно сложным. Существенные отличия наблюдаются как между отдельными структурно-фациальными зонами, так и между подгоризонтами. Состав пород турнейского яруса преимущественно карбонатный с разнообразными органическими остатками [13-15].

Территория приурочена к Волго-Уральскому НГБ. Турнейский ярус относится к девонско-турнейскому карбонатному нефтегазоносному комплексу. УВ девонско-турнейских отложений широко распространены на территории края на глубинах от 1327 до 2820 м. В пределах Предуральского прогиба нефти малосернистые и среднесернистые, малосмолистые и смолистые, содержащие, как правило, более 30% бензинов и менее 1% – асфальтенов, тогда как в платформенной части – до высокосернистых и высокосмолистых с 3-5% асфальтенов [12].

### **Методика и результаты исследований**

Исследование основано на методах сбора и обобщения данных каталогов физико-химических свойств нефти. Схематические карты построены с помощью программного обеспечения Golden Software Surfer.

Определение изотопного состава углерода производится масс-спектрометрически. Определяется различие между изотопным составом элемента в исследуемом образце и изотопным составом эталона. В качестве эталона (PDB) принят углерод карбоната кальция окаменелости *Belemnittella americana* позднемелового возраста из формации Пи-Ди (Южная Каролина, США) [3].

Для выявления природы исходного ОВ рассмотрен фракционный состав нефти; данные взяты из описания образца Таныпской скв. 103 (глубина отбора 1457-1468 м) [2].

На графике продемонстрированы изотопно-фракционные кривые трех основных типов органического вещества в стандартном виде, а также кривая исследуемого образца (Таныпское месторождение, скв. 103, глубина отбора 1457-1468 м).

По своей конфигурации кривая образца совпадает с кривой сапропелевого типа исходного ОВ. Отклонение фракций от стандартных значений в сторону большего содержания тяжелого изотопа углерода ( $\delta C^{13}$ ) свидетельствует о влиянии пониженной температуры среды в турнейское время. По ответвлению ароматической фракции в сторону меньших значений можно сделать вывод, что органическое вещество было преобразовано термальными процессами (рис. 2).

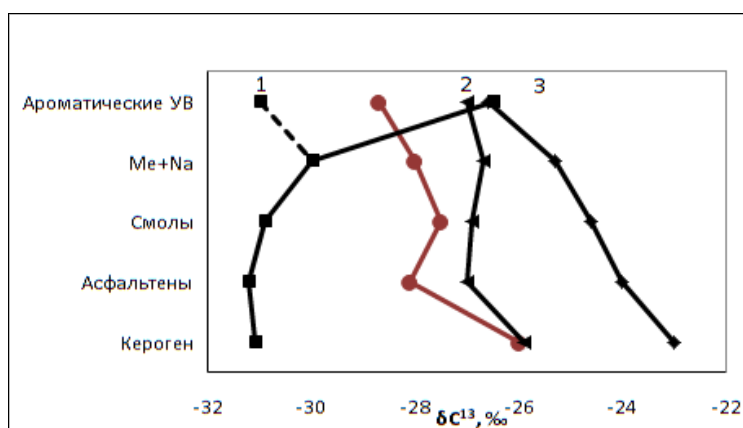


Рис 2. График изотопно-фракционных кривых ОВ:

1 – сапропелевого; 2 – гумусового; 3 – аквагумусового; 4 – исследуемого образца.  
Пунктиром показано изменение изотопного состава углеводородной фракции при катагенетическом преобразовании сапропелевого вещества

Изучая конкретные фракции нефти, были рассмотрены параметры метано-нафтеновой и ароматической фракций. На графике наблюдается четкое выделение относительно легкого изотопного состава метано-нафтеновой (Me+Na) фракции по сравнению с соседней ароматической (Ar), выкипающих при температурах 250-300°C. Также оказалось, что ароматические углеводороды в самых низкокипящих фракциях (60-95°C и 95-122°C) изотопно-легче метановых. Таким образом, с увеличением температур расходятся значения содержания  $\delta C^{13}$  метан-нафтеновой и ароматической фракций. Подобная инверсия в соотношениях изотопов ароматической и метан-нафтеновой составляющей возникает как результат увеличения их молекулярного веса. Наблюдаемые соотношения изотопов в нефтяных углеводородах показывают, что низкомолекулярные углеводороды нефти дальше отстоят в генетическом отношении от исходного органического вещества, чем более высокомолекулярные углеводороды (рис. 3).

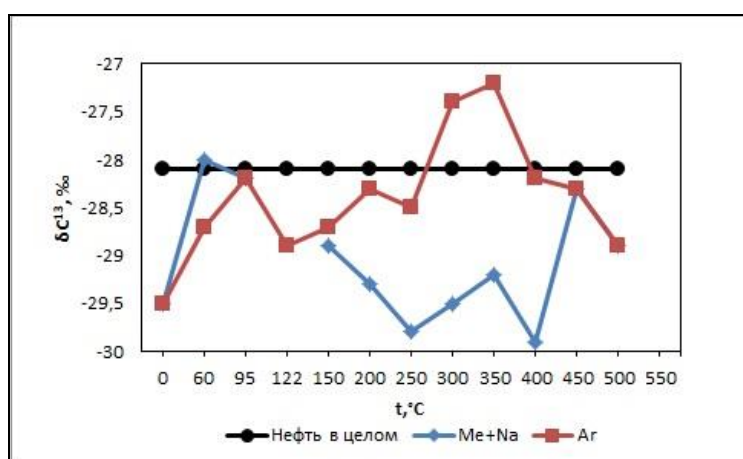


Рис. 3. График корреляции изотопного состава углерода фракций и температуры фракционирования

Также была рассмотрена связь  $\delta C^{13}$  битумоида с содержанием в породе органического углерода ( $C_{орг}$ ). Данные взяты со скважин, расположенных в основном в южной части региона (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика изотопного состава углерода керогена и битумоида Пермского края

Тектоническая структура	Скважина, №	$C_{орг}$ , %	$\delta C^{13}$ керогена, ‰	$\delta C^{13}$ битумоида, ‰
Верхнекамская впадина	Андреевская скв. 32	0,5	-26,6	-28
Верхнекамская впадина	Кустовская скв. 205	1,19	-29,97	-29,06
Верхнекамская впадина	Ножовская скв. 36	0,65	-25,4	-27,3
Верхнекамская впадина	Савинская скв. 129	0,17	-25,67	-27,13
Юрюзано-Сылвенская депрессия	Тазовская скв. 45	0,85	-22,9	-24,7
Юрюзано-Сылвенская депрессия	Тазовская скв. 45	0,64	-22,8	-25,4
Соликамская впадина	Уньвинская скв. 84	3,14		-29,79
Юрюзано-Сылвенская впадина	Кулининская скв. 41	0,57	-26	

Представленные значения показывают отрицательную корреляцию между  $\delta C^{13}$  битумоида и содержанием  $C_{орг}$  в породе. Согласно исследованиям Д.Дж. Холландера и Дж. Маккензи [16] это может говорить о том, что на территории Пермского края были нарушены анаэробные условия накопления и сохранения турнейского ОВ, а также захоронение шло с медленным перекрытием ОВ минеральными частицами осадка (рис. 4).

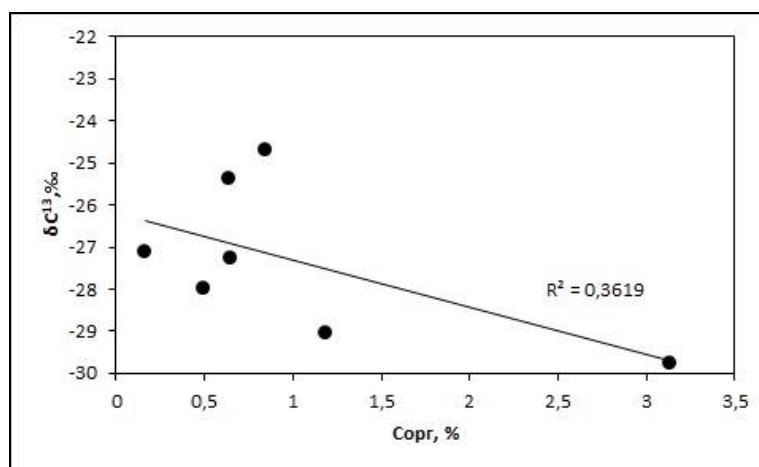


Рис 4. График корреляции изотопного состава углерода битумоида и содержания  $C_{орг}$  в породе

Помимо выявления природы ОВ важно проследить общую закономерность распределения  $\delta C^{13}$  нефти.

Был рассмотрен ряд скважин на территории Пермского края (таблица 2). При построении удалось охватить территорию юга Пермского края, центральную часть Предуралья, а также северо-восток края. В южной и центральной частях региона данные показали отчетливую тенденцию в утяжелении  $\delta C^{13}$  в восточном направлении. В северной же части территории можно заметить увеличение значений  $\delta C^{13}$  в северном направлении.

По распределению  $\delta C^{13}$  нефти можно проследить пути ее миграции. При миграции нефти в ее составе происходит суммарное изменение изотопного состава углерода в сторону облегчения.

В северной части Пермского края облегчение  $\delta C^{13}$ , а следовательно и миграция УВ, происходит в южном направлении до скважины Уньвинская 84. В южной и центральной частях региона облегчение  $\delta C^{13}$  прослеживается в западном направлении. Это показывает, что миграция турнейских УВ протекала в направлении от Предуральского краевого прогиба к Восточно-Европейской платформе (рис. 5).

Таблица. 2

Характеристика изотопного состава углерода нефти Пермского края [1, 4].

Тетоническая структура	Скважина №	Глубина отбора	Изотопный состав углерода, ‰
Верхнепечорская депрессия	Нырбский пр., скв. 103	2161-2171	-27,5
Косьвинско-Чусовская седловина	Мутнинская скв. 136	1890,0-1903,8	-28,9
Верхнекамская впадина	Злодаревская скв. 175	1400-1428	-29,8
Башкирский свод	Трушниковская скв. 287	1397-1405	-28
	Южинская скв. 334	1410-1431	-29,3
	Калмиярская скв. 404	1560-1587	-28
	Северо-Таныпская скв. 44	1540-1543	-28,4
	Гондыревская скв. 65	1333-1345	-27,7
Юрюзано-Сылвенская впадина	Комарихинская скв. 351	2049-2058	-26,6
	Кулининская скв. 41	1999-2006	-26
	Луховская скв. 6	1552-1521	-27,7
Соликамская депрессия	Уньвинская скв. 84	2262,0-2264,4	-29,79
	Яборовская скв. 130	1878-1918	-26,7
	Гежская скв. 130	1878-1918	-28,7
Пермский свод	Шеметинское м-е	1491-1500	-28,1

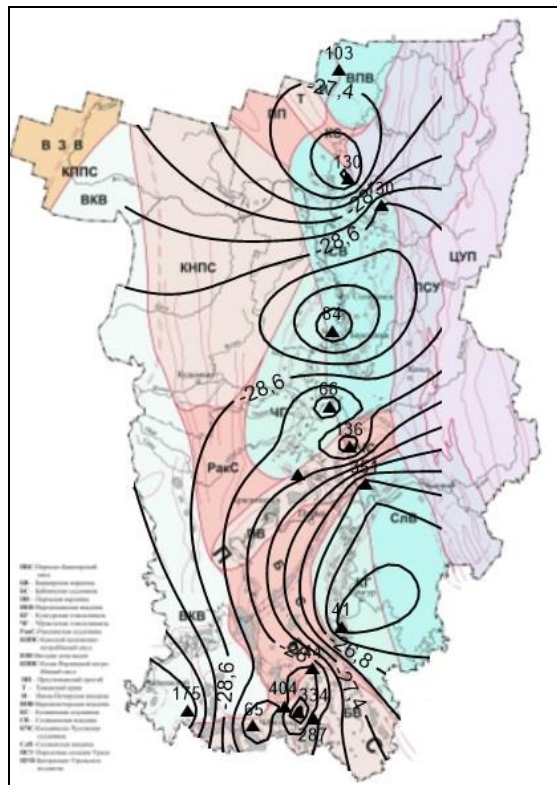


Рис. 5. Карта распределения  $\delta C^{13}$  нефти на территории Пермского края [11]

Рассматривая распределение  $\delta C^{13}$  керогена (табл. 1) в южной части Пермского края, можно проследить утяжеление изотопного состава углерода в восточном направлении (рис. 11А).

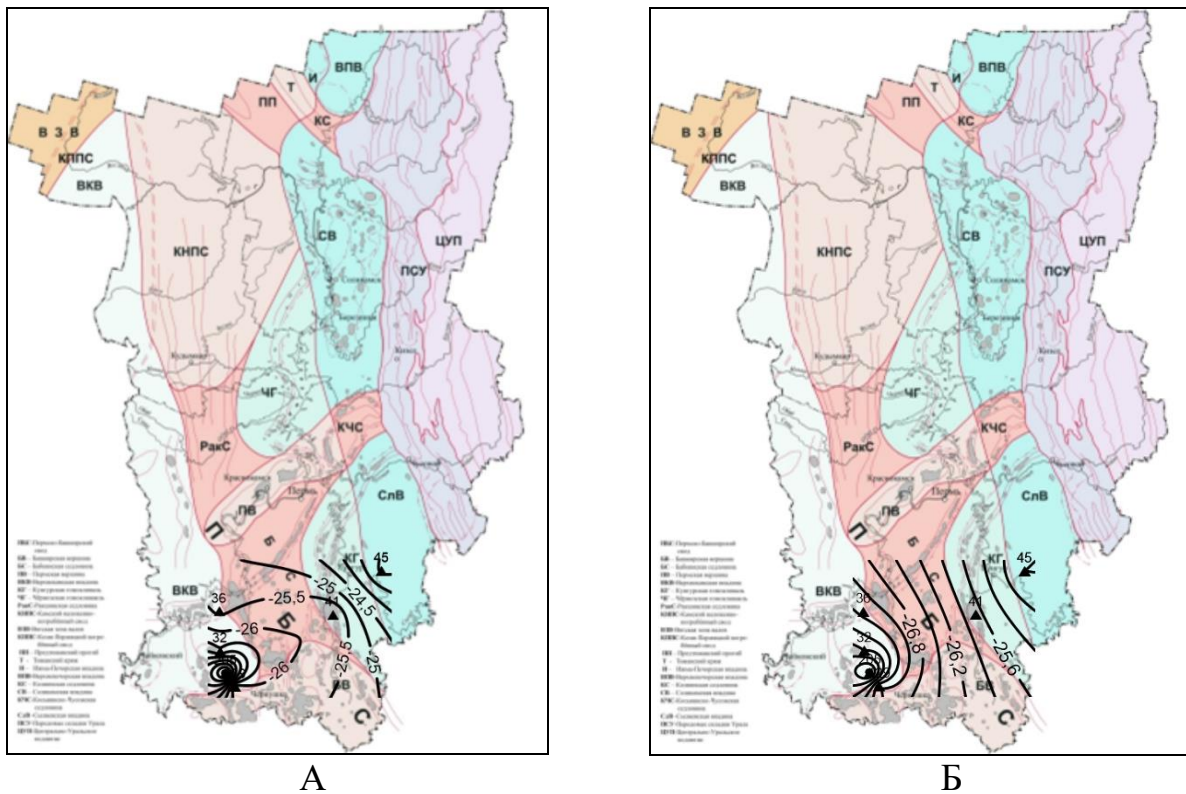


Рис. 6. Карты распределения  $\delta C^{13}$  на территории юга Пермского края :  
А – керогена; Б – битумоида [11]

Распределение  $\delta C^{13}$  битумоида сопоставимо с описанием  $\delta C^{13}$  керогена. Значения  $\delta C^{13}$  битумоида с такой же закономерностью увеличиваются с запада на восток (рис. 11Б). Следует заметить, что значение этих двух параметров примерно одинаковые.

Таким образом, карты распределения  $\delta C^{13}$  нефти, керогена и битумоида в южной части региона показывают закономерность в утяжелении изотопного состава углерода в восточном направлении. Можно сказать, что при утяжелении  $\delta C^{13}$  керогена, утяжеляется и изотопный состав углерода битумоида и нефти в целом. Поскольку значения  $\delta C^{13}$  нефти в целом и битумоида близки, но несколько меньше значений керогена, можно предположить их общую генетическую связь.

### **Заключение**

В результате исследования установлена сапропелевая природа исходного органического вещества с последующим влиянием на него термальных процессов.

Низкомолекулярные фракции нефти более отдалены в генетическом плане от исходного органического вещества, чем высокомолекулярные.

Корреляция изотопного состава углерода битумоида и содержания органического углерода показала, что в турнейское время накоплению и сохранению органического вещества препятствовала слабая седиментация осадка, а также нарушение анаэробных условий.

Тенденция облегчения изотопного состава углерода говорит о миграции турнейской нефти в северной части региона в южном направлении, в центральной и южной частях – в западном. Однонаправленность распределения изотопов углерода нефти, битумоида и керогена свидетельствует об их общей генетической связи.

### **Библиографический список**

1. Винниковский С.А. Колобова.С.А. и др. Нефти, газы и битумоиды Пермского Прикамья и сопредельных районов. Каталог физико-химических свойств. Пермь, 1977. 567 с.
2. Дахнов В.Н. Галимов Э.М. Исследование распространенности изотопов углерода в нефтях и газах Пермского Прикамья. Москва, 1971. 315 с.
3. Еременко Н.А. Панкина.Р.Г. Стабильные изотопы в геохимии нефти. Москва: Недра, 1974. 200 с.
4. Коблова А.З. Дулепов.Ю.А. Нефти, газы и ОВ пород севера Урало-Поволжья (Пермская, Кировская области, Удмуртская АССР). Каталог физико-химических свойств, вып. №3. Пермь: КамНИИКИГС, 1988. 685 с.
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. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
7. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и

*Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*

8. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.*

9. 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.*

10. Пермский край. Большая Российская энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/geography/text/2332114> (дата обращения: 30.05.2020).

11. Проворов В.М. Тектоника // *Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Пермь, 2006. С. 63-74.*

12. Фрик М.Г. Титова.Г.И. Геохимия нефтей и газов Пермской области // *Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья. Москва: Геоинформцентр, 2003. с. 51-58.*

13. Щербаков О.А., Постоялко М.В., Гарань.И.М. и др. О стратиграфии нижнекаменноугольных отложений западного склона Урала // *Геология и полезные ископаемые карбона Западного Урала, вып. №38. Пермь, 1969. 45 с.*

14. Щербаков О.А., Шестакова М.Ф. Бурьлова.Р.В. и др. Новые данные по стратиграфии нижнего карбона западного склона Среднего Урала // *Геология и полезные ископаемые карбона Западного Урала, вып. №38. Пермь, 1969. С. 27.*

15. Щербаков О.А. Основные особенности осадконакопления и распространения фауны в турнейский век на западном склоне Среднего Урала. Автореферат дис. Пермь, 1970.

16. David J. Hollander Judith A.McKenze. CO2 control on carbon-isotope fractionation during aqueous photosynthesis: A paleo-pCO2 barometer // *Geology, v. 19, 1991, p. 929-932.*



## **НЕФТЕГАЗОНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО СВОДА (ЖУКОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ)**

*В статье характеризуется нефтегазоносность северной части Башкирского свода в пределах Жуковской площади по материалам поискового и разведочного бурения. Всего на площади пробурено 54 глубоких поисковых и разведочных скважин, изучено 28 локальных положительных структур. На 18 структурах получены притоки углеводородов, из них – 4 структуры дали непромышленные скопления нефти. На 14 поднятиях установлены промышленные залежи нефти, которые вошли в состав 7 месторождений нефти (Судановское, Трифоновское, Камышловское, Одиновское, Павловское, Новосеминское, Поспеловское).*

*Ключевые слова: нефтегазоносность, месторождения нефти, локальные положительные структуры, поисковые и разведочные скважины, Башкирский свод, Пермский край*

**I.S. Kopylov**

Perm State University, Perm, Russia

## **OIL AND GAS IN THE NORTHERN PART OF THE BASHKIR ARCH (ZHUKOVSKY AREA)**

*The article characterizes the oil and gas content of the northern part of the Bashkir arch within the Zhukovskaya area based on the materials of prospecting and exploratory drilling. In total, 54 deep prospecting and exploration wells were drilled in the area, 28 local positive structures were studied. Hydrocarbon inflows were obtained at 18 structures, of which 4 structures produced non-commercial accumulations of oil. On 14 uplifts, industrial oil deposits were established, which were part of 7 oil fields (Sudanovskoye, Trifonovskoye, Kamyshlovskoye, Odinovskoye, Pavlovskoye, Novoseminskoye, Pospelovskoye).*

*Key words: oil and gas potential, oil fields, local positive structures, prospecting and exploration wells, Bashkir arch, Perm region*

### **Введение**

Башкирский свод является высокоперспективным нефтегазоносным регионом. Территория Жуковской площади (Жуковский лицензионный участок) располагается в северной его части в пределах Пермского края в Чернушинском (западная половина) и Октябрьском (восточная половина). Общая характеристика Жуковской площади, изученность, и геологическое строение, включая региональные структурно-тектонические условия и описание локальных структур изложены в нашей работе [5].

## Нефтегазогеологическое районирование

По нефтегазогеологическому районированию Жуковская площадь расположена на границе и пределах двух нефтегазоносных областей – прибортовых и внутренних частей ККСП и юго-восточного позднедевонского палеошельфа (Жуков и др., 1998ф; 2002ф), [1] (рис. 1).

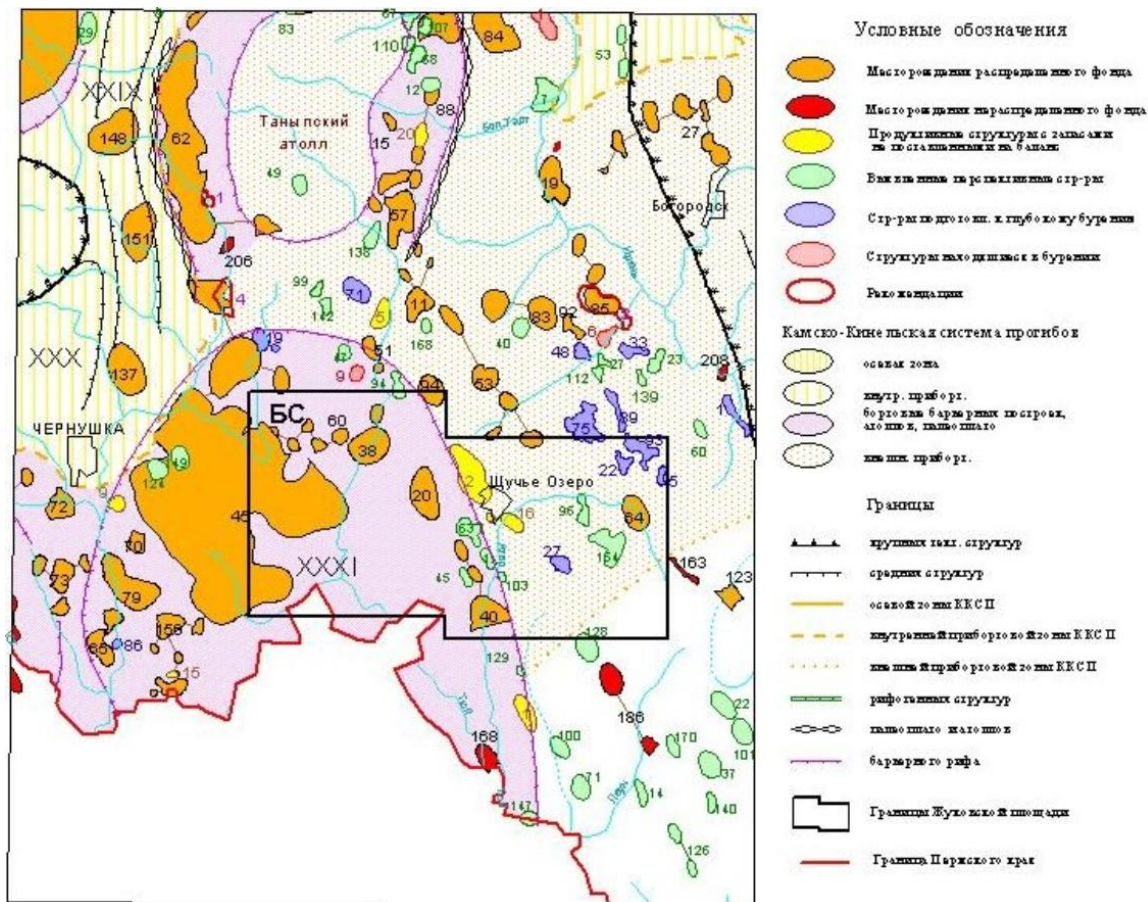


Рис. 1. Обзорная тектоническая схема (по материалам ООО ПермНИПИнефть) [17]

Западная часть площади расположена в пределах нефтегазоносной области прибортовых и внутренних частей Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) и входит в состав нефтегазоносного района юго-восточной пригребневой части борта ККСП, приурочена к Куедино-Чернушинской весьма высокоизученной зоне нефтегазонакопления. Эта зона, расположенная на северном склоне Башкирского свода, представляет из себя систему тектоно-седиментационных выступов (Куединский, Татышлинский, Чернушинский), где выявлены и прогнозируются преимущественно залежи нефти в ловушках структур облекания позднедевонских рифов. Кроме этого, здесь распространены структурно-литологические залежи нефти в терригенном девоне и встречаются залежи в баровых визейских образованиях. Эта зона используется при прогнозной оценке ресурсов нефти и газа как эталонный участок.

Восточная и центральная части площади расположена в пределах нефтегазоносной области юго-восточного позднедевонского палеошельфа, в

юго-западной части Атерско-Высоковского нефтегазоносного района высокоизученных земель. На территории этого района (в пределах Башкирского свода) существуют системы валов, ограниченные разномасштабными грабенообразными прогибами (линейными мобильными зонами – ЛМЗ) северо-западного простирания, которые четко выделяются по данным аэрокосмогеологических исследований, линеаментно-геодинамического и ландшафтно-геодинамического анализов [2-4, 6-10, 12-17].

В пределах восточной части склона Башкирского свода по данным структурного бурения и сейсморазведки они достаточно уверенно протрассированы (Одиновская, Камышловская, Солдатовская, Атерская и др.). Здесь выявлены и прогнозируются залежи УВ, главным образом, в приразломных и надразломных поднятиях в ловушках антиклинальных, структурно-литологических, реже в тектонически экранированных.

### **Основные нефтеносные комплексы**

Из 7 основных регионально нефтеносных комплексов, выделяемых в палеозойском осадочном чехле Пермского Приуралья, на территории Жуковской площади промышленно нефтеносны следующие комплексы: девонский (эмско-тиманский) терригенный, верхнедевонско-турнейский карбонатный, ниже-средневизейский терригенный, верхневизейско-башкирский карбонатный, верейский терригенно-карбонатный. Потенциально нефтеносным может быть вендский терригенный комплекс. Сведения о геологическом строении, литолого-фациальных условиях, нефтегазоносности комплексов приведены в многочисленных геологических отчетах и в опубликованных работах [11, 18-24].

В результате проведения поисково-разведочного бурения на Жуковской площади пробурено 54 скважины (34 поисковых и 20 разведочных), на 28 поднятиях. В результате исследований их керны были установлены нефтепроявления во всех изученных скважинах, за исключением скв. 505, 515, 519 – где нефтепроявления не установлены [11].

Нефтепроявления отмечены в широком диапазоне разреза – от каширского горизонта до терригенного девона. Согласно этим данным, нефтепроявления большей частью характеризуются выпотами нефти различной степени (от редких точечных до сплошных), а также слоями нефтенасыщенных пород – пористых известняков, песчаников, алевролитов. Конкретно нефтепроявления отмечены в известняках каширского, верейского горизонтов и башкирского яруса, песчаниках и алевролитах тульского, бобриковского и радаевского горизонтов, известняках турнейского яруса, песчаниках и алевролитах пашийского и тиманского горизонта терригенного девона. Наибольшая частота нефтепроявлений характерна для башкирского и верейского интервала разреза, наименьшая – для тиманского.

Для предварительной оценки нефтеносности перспективных объектов, а также для выявления продуктивных пластов-коллекторов в процессе бурения было проведено в открытом стволе опробование 268 объектов [11].

Опробованию в заданных интервалах подверглись породы артинского, подольского, каширского, верейского, башкирского, окско-серпуховского, тульского, бобриковского, турнейского, фаменского, саргаевского, тиманского возраста. Притоки нефти получены в подольских (скв. 534), каширских (скв. 523, 529), верейских (скв. 507, 518, 524, 529, 532, 559, 560), башкирских (скв. 526, 559), окско-серпуховских (скв. 507, 535, 559), тульских (скв. 506, 507, 513, 523, 524, 540), турнейских (скв. 506, 508, 511, 512, 513, 523, 524, 527, 529, 531, 534, 540, 547, 560), фаменских (скв. 511, 513, 525, 528, 529, 531, 534, 536, 547, 560), тиманских (скв. 501, 511, 512, 517, 518, 523, 526, 528, 548) отложениях.

Испытания в эксплуатационной колонне проводились в 31 скважинах из имеющихся 54 скважин. Всего было испытано 90 объектов, из них: в 48 получены притоки нефти, в 18 – нефть с водой, в 2 – нефть с газом, в 3 – вода с пленкой нефти, в 12 – пластовая вода, в 7 – притока не получено [11].

Всего на Жуковской площади изучено 28 локальных положительных структур. На 18 структурах получены притоки углеводородов, из них – 4 структуры дали непромышленные скопления нефти. На 14 поднятиях установлены промышленные залежи нефти, которые вошли в состав 7 месторождений нефти. В пределах Жуковской площади расположены Павловское (восточная часть), Судановское, Новосеминское, Камышловское, Одиновское, Трифоновское и Пospelовское месторождения нефти (рис. 2). Промышленная нефтеносность установлена в верейских, башкирских, тульских, бобриковских, радаевских, турнейских, фаменских и тиманских отложениях.

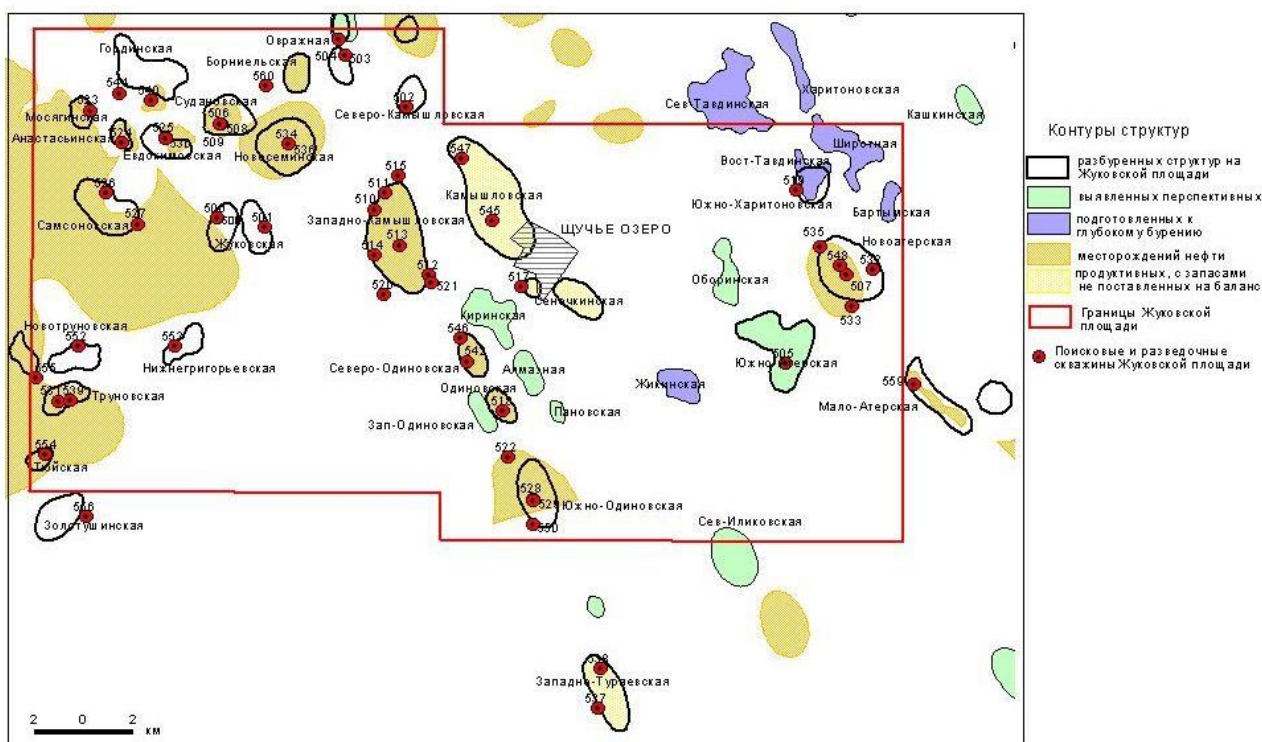


Рис. 2. Схема изученных локальных структур Жуковской площади [5]

## Характеристика месторождений нефти

### Павловское нефтяное месторождение

Расположено в западной части Жуковской площади, в пределах Чернушинском района Пермского края, в тектоническом отношении – в пределах Чернушинской валлообразной зоны. Это крупное месторождение, состоящее из множества поднятий, было открыто в 1956 г. В пределах рассматриваемой площади в его состав вошли залежи Самсоновского и Труновского поднятий. Промышленная нефтегазоносность установлена: в карбонатных отложениях среднекаменноугольного возраста (пласты В<sub>3</sub>В<sub>4</sub>, Бш<sub>1</sub> и Бш<sub>2</sub>); терригенно-карбонатных отложениях нижнекаменноугольного возраста (пласты Тл<sub>2-а</sub>, Тл<sub>2-б</sub>, Бб<sub>1</sub>, Бб<sub>2</sub>, Мл, Т<sub>1</sub> и Т<sub>2</sub>); также была получена нефть из тиманского и пашийского горизонтов франского яруса верхнего девона.

Самсоновское поднятие было подготовлено СП 31/85-86 сейсморазведкой 1987г. По ОГ II и I она представляет собой брахиантиклиналь северо-западного простирания, осложненную двумя вершинами. ОГ III в пределах структуры моноклинально погружается в западном направлении. По генезису она является тектоно седиментационной структурой облекания верхнедевонского биогерма. В 1988г. на поднятии и была пробурена поисковая скв. № 526, а в 1991г. – разведочная скв. 527.

Промышленная нефтеносность Самсоновского поднятия доказана промыслово-геофизическими исследованиями и результатами опробования скважин в открытом стволе и колонне. Притоки нефти были получены из башкирских, турнейских отложений, девонских отложений.

По результатам испытаний башкирских отложений в скв. 526 в интервале 1004-1010 (-814,8 -820,80) м получены притоки нефти. Q нефти = 17,9 т/с эрлифтом при Н<sub>дин.</sub> = 650 м. Q нефти = 5,5 т/с эрлифтом при Н<sub>дин.</sub> = 410 м.

По результатам испытаний девонских отложений эрлифтом в скв. 526 в интервале 2021-2025 (-1831,2 -1835,2) м получены притоки нефти дебитом до 6,6 т/с. В скв. 527 в интервале 2177-2178,5 (-1841,7 -1843,2) м получены притоки нефти дебитом до 3,8 т/с. В скв. 527 в интервале 2103-2115 (-1768 -1780) получены притоки нефти дебитом до 1,8 т/с.

Труновское поднятие было подготовлено СП 11/89 (Жданов и др., 1990) сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1991г. Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (II<sup>n</sup> и II). По горизонтам III, I и поверхности тюйской пачки структура не выражается. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания верхнедевонского шельфового биогерма.

В 1993 г. на поднятии и были пробурены поисковая скв. № 531 и разведочная скв. 539. Промышленная нефтеносность Труновского поднятия доказана промыслово-геофизическими исследованиями и результатами опробования скважин в открытом стволе и колонне скв. № 531. Притоки нефти были получены из тульских, турнейских отложений, фаменских отложений.

По результатам испытаний тульских отложений в скв. № 531 в интервале 1405-1410 (-1192,2 -1197,2) м получены притоки нефти дебитом 2,6 т/с на 2 мм штуцере.

По результатам испытаний турнейских отложений в скв. № 531 в интервале 1457-1473 (-1243,9 -1259,9) м получены притоки: на 5 мм штуцере нефти - 12,6 т/с; на 3 мм штуцере нефти - 7,5 т/с, газа - 185 м<sup>3</sup>/с; на 4 мм штуцере: нефти - 9,6 т/с, газа = 240 м<sup>3</sup>/с.

По результатам испытаний фаменских отложений эрлифтом в скв. 531 в интервале 1756-1762 (-1542,3 -1548,3) м получены притоки нефти дебитом до 2 т/с.

### **Судановское нефтяное месторождение**

Расположено в Октябрьском и Чернушинском районах Пермского края, в 13 км северо-западнее ст. Щучье Озеро, в 40 км восточнее г. Чернушка. В тектоническом отношении расположено в пределах Чернушинской валообразной зоны, осложняющей северо-западный склон Башкирского свода. Месторождение состоит из 5 самостоятельных поднятий: Судановского, Гординского, Анастасьинского, Евдокимовского, Мосягинского.

Месторождение было открыто в 1985 г. Подготовлено под глубокое разведочное бурение сейсморазведкой в 1984-1987 гг. Разведочные работы велись на нем в период 1985-88 гг. Пробурено 9 поисково-разведочных скважин: на Судановском поднятии – №№ 506п, 508р, 509р; на Мосягинском поднятии – № 523п; на Анастасьинском поднятии – № 524п; на Евдокимовском поднятии – №№ 525п, 530р; на Гординском поднятии – №№ 540п, 544п. Введено в опытную эксплуатацию в сентябре 1988 г. по «Плану пробной эксплуатации», составленным в НГДУ «Чернушканефть».

По запасам нефти Судановское месторождение относится к небольшим. Запасы нефти сосредоточены в пластах Тл<sub>2-а</sub>, Тл<sub>2-б</sub>, Бб<sub>1</sub>, Бб<sub>2</sub>, Мл, Т и в целом по месторождению оперативно оценивались по состоянию на 1.01.1988г. категория С<sub>1</sub> – 1547 тыс. т балансовые, 340 тыс. т извлекаемые; категория С<sub>2</sub> – 116 тыс. т балансовые, 27 тыс. т извлекаемые. В 1990 г. ООО ПермНИПИнефть составлена технологическая схема разработки месторождения. В период 1994-1995 гг. пробурено 33 скважины, в т.ч.: проектных добывающих – 18, нагнетательных – 8, резервных – 7. Уточнены запасы нефти, которые с вновь открытым пластом Мл составили: по категории С<sub>1</sub> – 3844 тыс. т балансовые, 856 тыс. т извлекаемые (Самсонов и др., 1990ф; Чистов и др., 1996ф). В 2007 г. ООО ПермНИПИнефть составлена новая технологическая схема разработки месторождения (Распопов и др., 2007ф). По состоянию на 01.11.2007 г. на Госбалансе по результатам оперативного подсчета запасов и КИН по Судановскому нефтяному месторождению в целом числятся следующие запасы: по категории А+В+С<sub>1</sub>: начальные геологические – 3840 тыс. т., начальные извлекаемые – 1697 тыс. т. по категории С<sub>2</sub>: начальные геологические – 44 тыс. тонн, начальные извлекаемые – 16 тыс. т.

Геологический разрез изучен по материалам бурения структурных, поисковых и разведочных скважин до вендских отложений. Разрез сложен в основном,

карбонатными и терригенными породами. Коллекторские свойства продуктивных пластов изучались по керну и ГИС.

В процессе поисково-разведочного бурения нефтеносность установлена в терригенно-карбонатных отложениях нижнекаменноугольного возраста в тульских, бобриковских, малиновских и турнейских отложениях (пласты Тл<sub>2-а</sub>, Тл<sub>2-б</sub>, Бб<sub>1</sub>, Бб<sub>2</sub>, Мл, Т).

Промышленная нефтеносность доказана промыслово-геофизическими исследованиями и результатами опробования скважин в открытом стволе и колонне.

### ***Нижне-средневизейский терригенный комплекс***

#### ***Пласт Тл<sub>2-а</sub>***

Нефтеносность пласта Тл<sub>2-а</sub> установлена на Анастасьинском и Мосягинском поднятиях по результатам испытаний в скв. 523 и 524. В скв. 524, в интервале 1400-1403,5 (-1183,3-1186,8) м получена нефть в объеме 9,5 т/с на 2,5 мм штуцере.

Пласт Тл<sub>2-а</sub> сложен чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников. Распространен по всей площади, представлен 1-3 проницаемыми пропластками толщиной от 0,8 до 2,4 м. Средние нефтенасыщенные толщины равны на Анастасьинском поднятии 2,2 м, Мосягинском поднятии – 2,3 м.

Нефть этой залежи изучалась по одной поверхностной пробе, характеризующей оба тульских пласта, из скв. 523.

#### ***Пласт Тл<sub>2-б</sub>***

Нефтеносность пласта Тл<sub>2-б</sub> установлена на Гординском, Анастасьинском, Судановском, Мосягинском поднятиях.

Пласт Тл<sub>2-б</sub> сложен чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников. Распространен по всей площади, представлен 1-4 проницаемыми пропластками толщиной от 0,4 до 3,6 м. Средние нефтенасыщенные толщины изменяются от 2,2 м, на Судановском поднятии до 4,3 м на Анастасьинском поднятии.

На Анастасьинском поднятии в скв. 524 при испытании интервала 1406.5-1409 (-1189,8-1192,3) получен приток нефти объемом 52 т/с на 7 мм штуцере 10,8 т/с.

На Гординском поднятии в скв. 540 при испытании интервала 1463-1466 (-1213,9-1216,9) получен приток нефти объемом 7,9 т/с на 3 мм штуцере.

На Судановском поднятии в скв. 506 испытании интервала 1473-1478 (-1199,4 -1204,4) объем нефти составил на на 3 мм штуцере - 7,38 т/с, на 2,5 мм штуцере - 6,2 т/с. В скв. 508 испытании интервала 1558-1563 (-1212,7 -1214,7) объем нефти составил 19,1 т/с на 5 мм штуцере. В скв. 509 испытании интервала 1569,5-1571,5 (-1266,5 -1271,5) эрлифтом получен приток нефти в объеме 1,8 т/с.

Физико-химические свойства нефти этого пласта изучались по 12 глубинным пробам на Судановском поднятии и 8 глубинным пробам на Гординском поднятии (Чистов и др., 1996ф).

#### ***Пласт Бб<sub>1</sub>***

Нефтеносность пласта Бб<sub>1</sub> установлена на Евдокимовском, Судановском, Мосягинском поднятиях.

На Евдокимовском, поднятии в скв. 525 при испытании интервала 1492-

1501 (-1218,8-1227,8) получены притоки нефти объемом 14,6 т/с на 7 мм штуцере, 12 т/с на 5 мм штуцере и 3 т/с на 2,5 мм штуцере.

На Мосягинском поднятии в скв. 523 при испытании интервала 1457-1461,5 (-1200,3 -1204,8) получены притоки нефти объемом 11,2 т/с на 5 мм штуцере и 5 т/с на 3 мм штуцере.

Коллекторы представлены песчаниками, алевролитами и каолиновыми аргиллитами с линзовидными прослоями углей, углистых аргиллитов. Пласт распространен по всей площади, представлен 1-11 проницаемыми пропластками толщиной от 0,4 до 7,0 м. Средние нефтенасыщенные толщины составляют на Евдокимовском поднятии – 5,1 м, Судановском – 3,6 м, Мосягинском поднятии – 3,7 м.

Нефть залежи Бб<sub>1+2</sub> изучалась на Мосягинском поднятии по 9 глубинным пробам. Сепарированная нефть смолистая, парафинистая.

#### ***Пласт Бб<sub>2</sub>***

Нефтеносность пласта Бб<sub>1</sub> установлена только на Евдокимовском поднятии, где в скв. 525 при испытании интервала 1509-1516,5 (-1235,7-1243,2) получен приток нефти объемом 3 т/с на 2,5 мм штуцере и приток газа объемом 45 м<sup>3</sup>/с.

Коллекторы представлены песчаниками, алевролитами и каолиновыми аргиллитами с линзовидными прослоями углей, углистых аргиллитов. Пласт Бб<sub>2</sub> проницаемый почти по всей площади, представлен 1-8 проницаемыми пропластками толщиной от 0,6 до 5,0 м. Средняя нефтенасыщенная толщина на Евдокимовском поднятии составляет – 1,8 м.

#### ***Пласт Мл***

Пласт Мл выделен на Евдокимовском и Мосягинском поднятиях. Малиновская залежь установлена при эксплуатационном бурении не только на Евдокимовском поднятии. Основная часть пласта плотная. Проницаемая часть пласта представлена 1-2 пропластками толщиной от 1,6 до 6,4 м. Средняя нефтенасыщенная толщина равна 3,9 м. Коллекторы представлены песчаниками, алевролитами. Физико-химические свойства пласта Мл не изучались.

### ***Верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс***

#### ***Турнейский ярус***

#### ***Пласт Т***

Нефтеносность пласта Т установлена на Гординском, Анастасьинском, Судановском и Мосягинском поднятиях.

Пласт Т распространен на всей площади, представлен мелководными морскими фациями - известняками светло-серыми, мелкодетритовыми. Пласт представлен чередованием проницаемых и плотных пропластков, количеством 6-21, толщиной от 0,4 до 1,4 м. На Евдокимовском поднятии пласт водонасыщен. На остальных поднятиях средние нефтенасыщенные толщины изменяются от 0,7 м (Гординское поднятие) до 9,5 м (Мосягинское поднятие).

На Анастасьинском поднятии установлена нефтеносность пласта Т<sub>1</sub> в скв. 524, где при испытании интервала 1462-1480 (-1247,5-1267,5) получен приток нефти на 5 мм штуцере объемом 10,8 т/с.



На Гординском поднятии установлена нефтеносность пласта  $T_1$  в скв. 540, где при испытании интервала 1513-1525 (-1263,9-1276,9), получен приток нефти с водой. Объем нефти 2,94 т/с.

На Мосягинском поднятии в скв. 523 при испытании интервала 1508-1518 (-1251,2 -1261,2) эрлифтом при  $H_{\text{дин.}}$  623 м получен приток нефти в объеме 9 т/с.

На Судановском поднятии в скв. 506 установлена нефтеносность пласта  $T_1$ , где при испытании интервала 1522-1544 (-1248,4 -1270,4) на 7 мм штуцере объем нефти составил 17,9 т/с, на 5 мм штуцере объем нефти составил 16,3 т/с. В этой же скважине, при испытании пласта  $T_2$  эрлифтом при  $H_{\text{дин.}}$  640 в интервале 1558 1572 (-1284,4 -1298,4) получен приток нефти в объеме 3,1 т/с. В скв. 508 в интервале 1628 1638 (-1270,2 -1280,2) получена нефть с водой. Объем нефти составил 4,97 т/с.

Нефть залежи  $Bb_{1+2}$  изучалась на Мосягинском поднятии по 9 глубинным пробам. Сепарированная нефть смолистая, парафинистая.

Физико-химические свойства нефти этого пласта изучались Судановском поднятии в скв. 506 (9 проб) и Анастасьинском поднятии в скв. 524 (5 проб). Поверхностная нефть тяжелая, высоковязкая, высокосмолистая.

### **Ново-Семинское нефтяное месторождение**

Расположено в Октябрьском и Чернушинском районах Пермского края, в 14 км на запад-северо-запад от ст. Щучье Озеро. В тектоническом отношении находится в Чернушинской валообразной зоне, осложняющей северо-западный склон Башкирского свода. Месторождение открыто в 1994 г. скважиной 536. Приурочено к одноимённому поднятию, подготовленному сейсморазведкой под поисково-разведочное бурение в 1988 году. Пробурено: 1 поисковая (№ 560 в 2001 г.) и 2 разведочные (№ 534, 536 в 1989-1990 гг.) скважины.

Впервые запасы нефти и растворенного газа были поставлены на баланс и утверждены ЦКЗ Министерства топлива и энергетики России в 1995 г. (протокол № 31 от 14.03.1995 г.). В целом по месторождению запасы нефти утверждены в количестве 2081 тыс. т – геологические и 281 тыс. т – извлекаемые, в том числе по категории  $C_1$ : геологические – 846 тыс. т, извлекаемые – 109 тыс. т; категории  $C_2$ : геологические – 1235 тыс. т, извлекаемые – 172 тыс. т. На дату составления технологической схемы (2003) запасы нефти, числящиеся на балансе ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ», составляют 2208 тыс. т – геологические, 300 тыс. т – извлекаемые, в том числе по категории  $C_1$ : геологические – 947 тыс. т, извлекаемые – 124 тыс. т; по категории  $C_2$ : геологические – 1261 тыс. т, извлекаемые – 176 тыс. т. Основные запасы нефти (48 % геологических) сосредоточены в пласте  $Fm_3$ .

Промышленная нефтеносность установлена в верхнедевонско-турнейском карбонатном и нижне-средневизейском терригенном комплексах. Промышленные запасы нефти установлены в терригенных отложениях визейского яруса и в карбонатах турнейского и фаменского ярусов. Всего выявлено 5 залежей нефти в пластах  $Fm_3$ ,  $Fm_{2-1}$ ,  $T_1$ ,  $Mл$  и  $Tл_{2-6}$ .

### ***Нижне-средневизейский терригенный комплекс***

На Ново-Семинском месторождении в пределах указанного комплекса

выделяются два продуктивных пласта: тульский (пл. Тл<sub>2-6</sub>), и радаевский (Мл).

### ***Пласт Мл***

Выдержанная по площади пачка аргиллитов толщиной 1-4 м служит покрывкой. В подошве пласта разделом являются малиновские аргиллито-алевролитовые породы толщиной 2-6 м.

Общая толщина изменяется от 8,9 до 11,0 м. В пласте выделено 1-2 проницаемых прослоя толщиной 0,4-4,6 м. Коэффициент песчаности – 0,7, расчлененности – 1,8.

ВНК принят условно на отметке -1268 м по нижнему отверстию перфорации с учетом проницаемого прослоя в скв. 534. Залежь по типу пластовая сводовая, размерами 2х1,25 км, с этажом нефтеносности 8 м. Площадь нефтеносности (категорий С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>) составила 2397 тыс. м<sup>2</sup> (13 % - нефтяная зона), средневзвешенная нефтенасыщенная толщина – 1,45 м.

Нефтеносность пласта Мл установлена по данным ГИС и подтверждена результатами испытания в скв. 534, где при испытании интервала 1525-1528 (-1264,6-1267,6) м получена нефть дебитом 4 т/с при Н<sub>дин.</sub>=900 м. Водонефтяной контакт принят на отметке -1268 м по нижней дыре перфорации с учетом проницаемого пропластка скв. 534.

Коллекторы представлены песчаниками, алевролитами, пористость их по керну в среднем составляет 19%, проницаемость – 0,0973 мкм. Нефтенасыщенность 83%. Физико-химические свойства пласта Мл изучались по поверхностным и глубинным пробам, отобранным в скв. 534.

### ***Пласт Тл<sub>2-6</sub>***

Пласт выделяется по данным промысловой геофизики.

Раздел с пласта Тл<sub>2-а</sub> представлен хорошо прослеживаемой толщиной аргиллитов (2-4 м). От нижележащего пласта Бб<sub>1</sub> отделяется аргиллито-алевролитовыми породами толщиной 1-3 м.

Пласт Тл<sub>2-6</sub> толщиной 14,9-20,6 м нефтенасыщен по ГИС в скв. 536, 534 В нем выделяется от 3 до 5 проницаемых прослоя толщиной 1,6-2,6 м.

ВНК принят условно на отметке -1224 м по результатам ГИС в скв. 536. Испытание в колонне пласта Тл<sub>2-6</sub> не проводилось. В контуре нефтеносности находятся две скв. 534 и 536.

Залежь пластовая сводовая, водо-нефтяная, небольшая, по размерам 1,1х0,9 км, с этажом нефтеносности 8 м. Площадь нефтеносности по залежи составляет 791 тыс. м<sup>2</sup>, средневзвешенная эффективная нефтенасыщенная толщина – 1,4 м. Коэффициент песчаности – 0,4, коэффициент расчлененности – 4,3.

Нефтеносность пласта Тл<sub>2-6</sub> установлена по данным промыслово-геофизических исследований и результатам испытания в процессе бурения, где в интервале 1449-1484 (-1196,3-1231,3) м получено 2,3 м<sup>3</sup> смеси глинистого раствора, фильтрата, пластовой воды, газированной перебитой нефтью.

Коллекторы представлены песчаниками, алевролитами, пористость их по керну в среднем составляет 16%, проницаемость – 0,565 мкм. Нефтенасыщенность 91%. Физико-химические свойства пласта не изучены.

### ***Верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс***

Нефтепроявления по керну различной степени интенсивности отмечены в турнейском и франском ярусах. Промышленная нефтеносность связана с пористыми разностями известняков и доломитов. Промышленные залежи установлены в отложениях фаменского и турнейского ярусов. На месторождении нефтеносными являются пласты Т<sub>1</sub>, ФМ<sub>2</sub> и ФМ<sub>3</sub>.

### ***Турнейский ярус***

#### ***Пласт Т<sub>1</sub>***

Пласт Т<sub>1</sub> толщиной 21,1-25,8 м представлен в среднем 14-16 прослоями.

Нефть дебитом 4,4 т/сут (при Н<sub>дин.</sub> - 630 м) получена в скв. 534, при перфорации колонны в интервале 1545-1553 (-1284,5-1292,4).

Водонефтяной контакт залежи принят на отметке -1291 м (условно) по нижнему отверстию перфорации в скв. 534, с учетом проницаемых прослоев в скв. 534, 536.

Залежь пластовая сводовая водо-нефтяная, размерами 1,1х2 км, высотой 18 м. Площадь нефтеносности 1408 тыс. м<sup>2</sup> (категории С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>), средневзвешенная нефтенасыщенная толщина пласта в пределах категории С<sub>1</sub> – 3,4 м, категории С<sub>2</sub> – 4,0 м. Коэффициент песчанистости – 0,5, расчлененности – 14,8.

Коллекторы – известняки, пористость их определена по керну, отобранному из нефтенасыщенной части пласта скв. 534, 536, изменяется от 7,4 до 16,4 %, в среднем 10 %. Проницаемость 0,0148 мкм<sup>2</sup>. Нефтенасыщенность 67 %.

Физико-химические свойства нефти пласта Т<sub>1</sub> изучались по 4 глубинным и 3 поверхностным пробам, отобраным в скв. 534. Поверхностная нефть пласта тяжелая, высоко вязкая, смолистая, парафинистая, высокосернистая.

### ***Фаменский ярус***

#### ***Пласт ФМ<sub>2</sub>***

В пласте ФМ<sub>2</sub> выделено 2 проницаемых пласта (ФМ<sub>2-1</sub> и ФМ<sub>2-2</sub>). Верхний фамен ФМ<sub>2-1</sub> – нефтенасыщен, нижний ФМ<sub>2-2</sub> – водонасыщен.

Нефть получена в двух скважинах – 534 и 536 при перфорации колонны интервалов 1687-1693,5 (-1426,1-1432,6); 1670-1677 (-1417,1-1424,1), дебитом 4,9 т/сут (при Н<sub>дин.</sub>=900 м) и 9,7 т/сут (d<sub>шт.</sub>=4 мм) соответственно. В контуре нефтеносности находятся две скважины – 534, 536. В скв. 4 и 1 верхняя часть пласта замещена плотными породами. Общая толщина пласта в среднем – 48,3 м, в нем выделено 2 проницаемых прослоя толщиной 0,8-2,0 м.

Водонефтяной контакт по залежи принят на отметке -1430 м по испытанию в скв. 534 с учетом проницаемого прослоя.

Залежь пластовая сводовая, с размерами 1,5х1 км, высотой 13 м. Площадь нефтеносности 665 тыс. м<sup>2</sup>, средневзвешенная нефтенасыщенная толщина – 2,4 м. Коэффициенты песчанистости – 0,4, расчлененности – 2,5.

Коллекторы представлен светло-серыми известняками, которые изучены по керну. Пористость их принята 10 %, проницаемость 0,0004-0,00544 мкм<sup>2</sup>. Нефтенасыщенность 67 %.

Поверхностная нефть пласта смолистая, парафинистая, высокосернистая, содержание асфальтенов 7,15 %. Выход светлых фракций, вскипающих до

300°С, составляет 31%. Плотность пластовой нефти 0,881 г/см<sup>3</sup>, динамическая вязкость 17,97 мПа с.

### ***Пласт Фм<sub>2</sub>***

Нефтеносность пласта установлена по данным ГИС и подтверждена испытанием в скв. 534 и 536.

Водонефтяной контакт принят условно на абсолютной отметке –1430 м по нижнему отверстию перфорации с учетом проницаемого прослоя в скв. 534.

Залежь пластовая сводовая. Размеры в пределах контура нефтеносности 1,6 x 1,0 км, этаж нефтеносности 13 м. В нефтенасыщенной части пласта выделено 5-8 проницаемых пропластка эффективной толщиной 2,8 – 5,4 м. Нефтенасыщенная толщина изменяется от 1,6 (скв. 534) до 2,2 м (скв. 536), средневзвешанная по залежи составляет 1,3 м., площадь нефтеносности 1388 тыс.м<sup>2</sup>.

Коллекторы представлен светло-серыми известняками, которые изучены по керну. Пористость их принята 10 %., проницаемость 0,0004-0,00544 мкм<sup>2</sup>. Нефтенасыщенность 67 %.

Поверхностная нефть пласта смолистая, парафинистая, высокосернистая, содержание асфальтенов 7,15 %. Выход светлых фракций, вскипающих до 300°С, составляет 31%. Плотность пластовой нефти 0,881 г/см<sup>3</sup>, динамическая вязкость 17,97 мПа с.

Запасы нефти отнесены к категории С1 в количестве: балансовые 94 т.т. и извлекаемые 12 тыс.т.

### ***Пласт Фм<sub>3</sub>***

Пласт толщиной 26,0-41,4 м представлен 4-9 проницаемыми прослоями.

Водонефтяной контакт залежи 1501 м принят условно, он обоснован результатом опробования в скв. 534, где в интервале 1730-1762 (-1469,1-1501,0) получен незначительный приток нефти дебитом 2 т/сут при уровне (табл. П.1).

Нефтеносность пласта установлена по испытаниям пласта через колонну скв. 534, где из интервала перфорации 1730-1762 (-1469,2-1501,2) м получен приток нефти дебитом 2 т/с.

Залежь массивного типа с размерами 2,6x3,5 км, высотой 33 м.

Запасы нефти в районе двойного радиуса дренажа скв. 534 отнесены к категории С<sub>1</sub>, остальная часть залежи в пределах ВНК – к категории С<sub>2</sub>.

Общая площадь залежи составила 7439 тыс. м<sup>2</sup>, средневзвешанная нефтенасыщенная толщина – 2,6 м. Коэффициент расчлененности – 6,8, доля коллектора по залежи – 0,4.

Коллекторские свойства пласта и физико-химические свойства нефтей практически не изучены.

## **Камышловское нефтяное месторождение**

Расположено в Октябрьском районе Пермской области, в 40 км к востоку от районного центра г. Чернушка. В тектоническом отношении приурочено к Западно-Камышловскому поднятию, осложняющему Башкирский свод между Чернушинской и Дороховской валообразными зонами.

Месторождение открыто в 1986 г. Структура была детализирована и подготовлена структурным бурением в период с 1981 по 1982 годы. В 1985-1990 гг. на Западно-Камышловском поднятии было пробурено: 3 поисковых (№ 510, 511, 512) и 5 разведочных (№ 513, 514, 515, 520, 521) скважин. В 2001-2002 гг. в результате проведения ОАО «Пермнефтегеофизика» сейсморазведочных работ методикой 3D уточнено геологическое строение месторождения, проведен оперативный пересчет запасов.

Запасы нефти по месторождению утверждены в ЦКЗ МПР (протокол № 361 от 05.03.2004 г.) и составляют: балансовые – 3656 тыс. т, извлекаемые – 900 тыс. т (по категории С<sub>1</sub>: балансовые – 3120 тыс. т, извлекаемые – 760 тыс. т; по категории С<sub>2</sub>: балансовые – 536 тыс. т, извлекаемые – 140 тыс. т).

На 01.01.2003 г. на Камышловском месторождении пробурено 8 поисково-разведочных скважин, из них 5 ликвидировано по геологическим причинам, 3 скважины (скв. 511, 512, 513) – в консервации на продуктивные объекты. По состоянию на 01.10.2003 г. разведочные скважины 511 (пл. Тл<sub>1-в</sub>+Тл<sub>2-а</sub>) и 512, 513 (пл. Бб<sub>2</sub>) введены в пробную эксплуатацию.

Геологический разрез Камышловского месторождения Жуковской площади изучен по разрезам структурных, поисковых и разведочных скважин до глубины 2278 м (скв. 521) и представлен отложениями пермской, каменноугольной и девонской систем.

Промышленная нефтеносность Камышловского месторождения приурочена к средне-верхнедевонскому терригенному комплексу (пласт Д<sub>0-2</sub>), верхнедевонско-турнейскому карбонатному комплексу (пласт Фм<sub>3</sub>, Фм<sub>2</sub>, Фм<sub>1</sub>, Т<sub>1</sub>) и визейскому терригенному комплексу (пласт Бб<sub>2</sub>, Тл<sub>2-а</sub>, Тл<sub>1-в</sub>).

#### ***Нижне-средневизейский терригенный комплекс***

На Камышловском месторождении в пределах указанного комплекса по данным ГИС выделены пласты Тл<sub>1-в</sub>, Тл<sub>2-а</sub> и Тл<sub>2-б</sub> (окский надгоризонт) и Бб<sub>1</sub> и Бб<sub>2</sub> (кожимский надгоризонт). Продуктивными являются пласты

Тл<sub>1-в</sub>, Тл<sub>2-а</sub> и Бб<sub>2</sub>.

#### ***Пласт Тл<sub>1-в</sub>***

Пласт сложен песчаниками кварцевыми мелкозернистыми, прослоями известковистыми. Пласт литологически неоднороден, в скв. 514, 512, 521 замещен плотными породами. Промышленная нефтеносность установлена в районе скв. 511, где в интервале перфорации 1477,5-1479,0 (-1231,8 -1233,3) м получен приток нефти дебитом 4,6 т/сут через 3 мм штуцер.

ВНК принят на отметке -1234 м по результатам опробования в колонне с учетом проницаемого пропластка. Запасы нефти отнесены к категории С<sub>1</sub>.

Залежь пластово-сводового типа, размерами 0,7х0,8 км, высотой 2 м.

Площадь нефтеносности составляет 454 тыс. м<sup>2</sup>.

В пределах пласта Тл<sub>1-в</sub> в скважинах выделено по одному проницаемому прослою эффективной толщиной от 0,6 м до 2,2 м; нефте-насыщенная толщина в скв. 511 составила 1,6 м и средневзвешенная по залежи эта величина составила 0,9 м.

Коэффициент песчанистости по пласту Тл<sub>1-в</sub> – 0,68, коэффициент расчлененности – 1,0.

### ***Пласт Тл<sub>2-а</sub>***

От вышележащего пласта Тл<sub>1-в</sub> отделяется толщиной аргиллитов от 2 до 5 м. Пласт представлен песчаниками кварцевыми и среднезернистыми алевролитами.

В пределах пласта выделяются две пластово-сводовые залежи – в районе скв. 511 и районе скв. 513. В районе скв. 511 промышленные притоки нефти получены при перфорации колонны в интервале 1482-1485 (-1236,3-1239,3), дебитом 4,6 т/сут. Водонефтяной контакт принят на отметке -1239 м по нижней дыре перфорации с учетом проницаемого пропластка. Размеры залежи 1,0x0,9 км, высота 2 м.

Запасы отнесены к категории С<sub>1</sub>. Площадь нефтеносности 688 тыс. м<sup>2</sup>.

В районе скв. 513 при испытании в процессе бурения интервала 1460-1500 (-1221,2-1261,2) за 8 мин. получено 0,5 м<sup>3</sup> газированной нефти. ВНК – 1238 м принят по результатам ГИС, залежь высотой 4 м с небольшими размерами 1,1x0,9 км. В скв. 511, в интервале 1482-1485 (-1236,3-1239,3) м получена нефть в объеме 4,6 т/с на 3 мм штуцере.

Площадь нефтеносности категории С<sub>2</sub> составила 632 тыс. м<sup>2</sup>.

В продуктивной части пласта по ГИС выделено 1-3 проницаемых прослоев толщиной 1,0-3,6 м.

Общая толщина пласта Тл<sub>2-а</sub> изменяется от 2,9 (скв. 520) до 7,5 м (скв. 515). Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 2,2 до 2,4 м, средневзвешенная по площади равна соответственно 1,3 (скв. 511) и 1,4 (скв. 513). Коэффициент песчаности – 0,52, расчлененности – 1,5.

### ***Пласт Бб<sub>2</sub>***

Пласт прослеживается практически по всей площади месторождения.

Нефть через колонну получена в скв. 512, с абс. отметкой -1272,5-1277,5 м, дебитом 4,1 т/сут, через 3 мм штуцер, также в колонне опробована скв. 513, где при испытании интервала 1506-1510 (-1267 -1271,2) м эрлифтом получена нефть дебитом 7,5 т/с.

Водонефтяной контакт принят на отметке -1277 м по подошве пласта.

Залежь водоплавающая с литологическим экраном в северо-западной (скв. 510) и южной (скв. 521) частях, размеры ее 4,9x1,4 км, высота 9 м.

Площадь нефтеносности категории С<sub>1</sub>, ограниченная условной линией, проходящей на расстоянии радиуса дренажа от скв. 511 и 513 и линией ВНК составила 3602 тыс. м<sup>2</sup>. Запасы северной части залежи отнесены к категории С<sub>2</sub>, площадь нефтеносности – 1025 тыс. м<sup>2</sup>.

В пределах пласта Бб<sub>2</sub> по данным ГИС выделяется 2-4 проницаемых прослоя эффективной толщиной 1,8 (скв. 514) – 5,0 (скв. 513), средневзвешенная нефтенасыщенная толщина получилась равной 1,3 (кат. С<sub>1</sub>) и 1,1 (кат. С<sub>2</sub>).

Коэффициенты песчаности и расчлененности 0,29 и 2,8 соответственно. Коллекторы представлены песчаниками, алевролитами.

### ***Верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс***

Промышленные залежи установлены в отложениях фаменского и турнейского ярусов.

### ***Турнейский ярус***

По промыслово-геофизическим данным в отложениях турнейского яруса на месторождении прослеживаются два проницаемых пласта  $T_1$  и  $T_2$ .

Промышленная нефтеносность установлена в пласте  $T_1$ .

В 2001-2002 гг. сейсмической партией 12 ОАО «Пермнефтегеофизика» проведены детальные сейсморазведочные работы методикой 3D.

По поверхности ОГ–П<sup>II</sup>, приуроченного к кровле карбонатных отложений турнейского яруса, в пределах участка работ закартирован ряд локальных поднятий, осложненных тектоническими нарушениями типа сброс-са амплитудой 5-7 м в центральной части.

#### ***Пласт $T_1$***

Продуктивный пласт сложен светло-серыми известняками, прослоями тонко- и мелкозернистыми, сгустково- и комковато-водорослевыми.

Нефтеносность пласта  $T_1$  установлена в скв. 511, 512, 513. В скв. 511 при испытании интервала 1548-1551 (-1302,2 -1305,2) получен приток нефти 8,8 т/с. В скв. 512 при испытании интервала 1564-1569 (-1272,3 -1277,3) получен приток нефти с водой: на 2,5 мм штуцере объем нефти составил 1,95 т/с; на 3 мм штуцере объем нефти -4,14 т/с. В скв. 513 при испытании интервала 1539-1556 (-1300 -1316,7) эрлифтом при  $H_{\text{дин.}}$  540 м получен приток нефти в объеме 10,1 т/с. В скв. 510 нефть получена испытателем пластов.

ВНК принят на отметке -1317 м по нижней отметке получения нефти в колонне скв. 513 с учетом проницаемого пропластка.

Залежь массивного типа имеет размеры 5,7x1,8 км, высоту 17 м.

Площадь нефтеносности составила 7776 тыс. м<sup>2</sup>. Запасы нефти отнесены к категории  $C_1$ .

Общая толщина пласта изменяется от 8,2 до 22,0.

В пределах продуктивной части пласта по ГИС выделяется от 1 (скв. 510) до 11 (скв. 513) проницаемых прослоев эффективной толщиной 1,2-9,4 м, средневзвешенная по залежи величина составила 3,6 м. Коэффициент песчаности по пласту – 0,34, расчлененности – 6,2.

### ***Фаменский ярус***

По промыслово-геофизическим исследованиям на данной площади выделены фаменские пласты  $\Phi_{M1}$ ,  $\Phi_{M2}$ ,  $\Phi_{M3}$ . Все пласты являются продуктивными. Отложения яруса представлены известняками коричневатосерыми, битуминозными, микро- и тонкозернистыми, сгустково-детрито-выми.

#### ***Пласт $\Phi_{M1}$***

Залежь приурочена к южной части структуры (район скв. 512, 521).

Нефть через колонну получена в скв. 512 с абс. отметкой -1392,5-1400,5, дебитом 4,6 т/сут ( $H_{\text{дин.}}$  - 963 м).

Водонефтяной контакт принят на абс. отметке -1400 м с учетом опробования в колонне и данным ГИС скв. 512.

Залежь пластово-сводового типа, имеет размеры 1,7x1,1 км, высоту 7 м. Площадь нефтеносности 1596 тыс. м<sup>2</sup>. Запасы нефти отнесены к категории  $C_1$ .

В пределах пласта по ГИС выделяется от 2 до 8 проницаемых прослоев эффективной толщиной 2–9,4 м. Средневзвешенное значение

нефтенасыщенной толщины получилось равным 1,6. Коэффициент песчаности по пласту составил 0,33, расчлененности – 5,6.

Коллекторские свойства залежи изучены по керну, отобранному из нефтяной части фаменской залежи (пласты ФМ<sub>1</sub>, ФМ<sub>2</sub>, ФМ<sub>3</sub>): пористость - 9,6 %, проницаемость - 0,00385 мк/м<sup>2</sup>, нефтенасыщенность керна - 63,9 %.

Физико-химические свойства нефти (изучены по 2 глубинным пробам), приняты едиными для фаменской залежи (пласты ФМ<sub>1</sub>, ФМ<sub>2</sub>, ФМ<sub>3</sub>): пластовое давление - 14,5 МПа; давление насыщения - 6,15 МПа; газонасыщенность - 30,3 м<sup>3</sup>/т; плотность в пластовых условиях - 0,885 г/см<sup>3</sup>; плотность в нормальных условиях - 0,910 г/см<sup>3</sup>; динамическая вязкость - 19,52 МПа/с.

Поверхностная нефть имеет плотность - 0,910 г/см<sup>3</sup>, кинематическая вязкость, при 20<sup>0</sup>С мм<sup>2</sup>/с - 73,88 мм<sup>2</sup>/с, при 50<sup>0</sup>С - 20,60. Содержание: асфальтенов - 7,42 %, смол - 27,74 %, парафина - 1,58 %, серы - 2,72 %. Содержание светлых фракций, выделившихся при температуре 300<sup>0</sup>С - 33,0.

Запасы нефти в двойном радиусе дренажа скв. 512 (700 м) отнесены к категории С1 на 1989 год и составили: балансовые 64 т.т. и извлекаемые 15 т.т., запасы остальной площади отнесены к категории С2: балансовые 240 т.т., извлекаемые 55 т.т., запасы растворённого газа категории С2 – 2 млн.м<sup>3</sup>.

#### ***Пласт ФМ<sub>2</sub>***

В пределах пласта выделяются две массивные залежи: район скв. 513 и район скв. 512. Промышленная нефтеносность установлена по опробованию в скв. 513, где получена нефть дебитом 6,7 т/сут из интервала 1689,0-1717,0 (-1450,1-1478,1).

В районе скв. 513 водонефтяной контакт принят на отметке -1472 м по опробованию в колонне с учетом проницаемого пропластка. Залежь имеет размеры 3,5х1,1 км, высота 22 м. Залежь водоплавающая.

Площадь нефтеносности категории С<sub>1</sub>, ограниченная условной линией, проходящей на расстоянии радиуса дренажа скв. 513, составила 1652 тыс. м<sup>2</sup>. Запасы северной части залежи отнесены к категории С<sub>2</sub>, площадь нефтеносности – 2042 тыс. м<sup>2</sup>.

ВНК залежи в р-не скв. 512 принят на отметке -1471 м по данным ГИС. Залежь размерами 1,6х1,0 км, высотой 13 м.

Площадь нефтеносности по категории С<sub>2</sub> составила 1398 тыс. м<sup>2</sup>.

В пределах продуктивной части пласта по данным ГИС выделено 1 (скв. 521) – 6 (скв. 511) проницаемых прослоев эффективной толщиной 1,0-4,8 м, средневзвешенная нефтенасыщенная толщина в целом по пласту по категории С<sub>1</sub> – 2,2 м, по категории С<sub>2</sub> – 1,5 м.

Коэффициент песчаности по пласту составляет 0,22, при коэффициенте расчлененности 3,2.

Запасы нефти в двойном радиусе дренажа скв. 513 (700 м) отнесены к категории С1 в количестве: балансовые 362 т.т. и извлекаемые 129 т.т., запасы растворённого газа категории С1 – 2 млн.м<sup>3</sup>, категории С2 - 4 млн.м<sup>3</sup> (Сулима, Ощепков и др., 2006ф).

#### ***Пласт ФМ<sub>3</sub>***



Промышленная нефтеносность установлена по опробованию в скв. 511, где получена нефть дебитом 2 т/сут из интервала 1749-1763 (-1503,2-1517,2). ВНК принят на отметке -1517 м, по ГИС и результатам опробования.

Залежь массивная, приуроченная к северной части структуры, с небольшими размерами 0,6х0,4 км, высотой 12 м.

Общая толщина пласта в скважине составила 13,8 м. По данным ГИС выделено 8 проницаемых прослоев, эффективная толщина – 5,0 м. Средневзвешенная по площади эффективная нефтенасыщенная толщина составила 2,0 м.

Запасы нефти в двойном радиусе дренажа скв. 511 (700 м) отнесены к категории С1 в количестве: балансовые 81 т.т. и извлекаемые 19 т.т., запасы остальной площади отнесены к категории С2: балансовые 290 т.т., извлекаемые 67 т.т., запасы растворённого газа категории С2 - 2 млн.м<sup>3</sup> (Сулима, Ощепков и др., 2006ф).

#### ***Девонский терригенный комплекс***

По промыслово-геофизическим данным в девонских отложениях Камышловского месторождения промышленно нефтеносен пласт Д<sub>0-2</sub> (тиманский горизонт).

По поверхности ОГ–Ш, приуроченного к кровле девонских терригенных отложений, наблюдается обширный структурный выступ, погружающийся в северо-западном направлении, ограниченный с северо-востока разрывными нарушениями типа сброса амплитудой порядка 20 м.

#### ***Пласт Д<sub>0-2</sub>***

Промышленная нефтеносность пласта установлена по данным ГИС и результатам опробования скв. 512. Нефть через колонну получена с абс. отметок -1878,1-1882,1 м, дебитом 43,3 т/сут.

Залежь ограничена условной линией, проходящей на расстоянии радиуса, равного удвоенному расстоянию между скважинами. Площадь нефтеносности в радиусе дренажа скв. 512 составила 851 тыс. м<sup>2</sup>.

Общая толщина пласта в скважине составила 5,2 м. По данным ГИС выделено 3 проницаемых прослоев, эффективная толщина – 2,4 м.

Запасы нефти отнесены к категории С<sub>1</sub>.

#### **Одиновское нефтяное месторождение**

Расположено в Октябрьском районе Пермского края, в 4-10 км южнее ст. Щучье Озеро. В тектоническом отношении расположено в пределах северо-восточной части Башкирского свода, на южном продолжении восточной ветви Чернушинской валообразной зоны, во внешней прибортовой зоне ККСП. Включает 3 поднятия: Северо-Одиновское, Одиновское и Южно-Одиновское. В месторождение входят Южно-Одиновское и Северо-Одиновское поднятия.

Месторождение открыто в 1993 г. Структуры были подготовлены под глубокое разведочное бурение структурным бурением по реперу НГК в сакмарском ярусе в 1990 г. В 1991-1998 гг. было пробурено: 7 поисковых и разведочных скважин: на Одиновском поднятии – №518п; на Северо-

Одиновском поднятии – №№ 542п, 546р; на Южно-Одиновском поднятии – №№ 522р, 528п, 529р, 550р.

Промышленные запасы нефти установлены в терригенных отложениях тульского горизонта, в карбонатах турнейского яруса и терригенных отложениях верхнего девона (тиманский горизонт). Всего выявлено 3 залежи нефти.

Первый подсчет запасов был проведен в 1994 г. лабораторией оперативного подсчета запасов нефти ООО «ПермНИПИнефть». Запасы нефти и растворенного газа были утверждены в ЦКЗ Министерства топлива и энергетики России (протокол № 17 от 23.03.1994 г.) на Южно-Одиновском поднятии в количестве: по категории  $C_1$  – балансовые 1786 тыс. т, извлекаемые 373 тыс. т; по категории  $C_2$  – балансовые 591 тыс. т, извлекаемые 118 тыс. т.

В 2001 г. разведочной скв. 542 была открыта залежь нефти в турнейских отложениях Северо-Одиновского поднятия. На баланс поставлены запасы нефти категории  $C_1$  в количестве: балансовые – 174 тыс. т, извлекаемые – 28 тыс. т. Запасы утверждены в ЦКЗ Министерства природных ресурсов в 2002 г.

В связи с составлением технологической схемы произведена переинтерпретация материалов ГИС, на основании чего произведен пересчет запасов нефти и попутного газа. Геологические запасы нефти по залежам изменились в пределах 2-11 %. Пересчитанные запасы в 2004 г. утверждены в ЦКЗ МПР РФ (протокол № 353 от 03.03.2004 г.).

На дату составления технологической схемы (Распопов и др., 2003ф) запасы нефти, числящиеся на балансе ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ», составляют: геологические – 2386 тыс. т, извлекаемые – 492 тыс. т, в том числе по категории  $C_1$  – 1786 тыс. т – геологические и 373 тыс. т – извлекаемые; категории  $C_2$  – 591 тыс. т – геологические и 118 тыс. т – извлекаемые. Основные запасы нефти (53 %) сосредоточены в залежи тиманского горизонта (пласт  $D_0$ ). В контуре нефтеносности пробурено четыре скважины (522, 528, 529, 542). Скважины 528 и 529 находятся в пробной эксплуатации.

#### ***Верейский терригенно-карбонатный комплекс***

Комплекс объединяет нефтенасыщенные породы верейского горизонта. Полупромышленные притоки нефти получены на Одиновской структуре (пласт  $V_3V_4$ ). В скв. 518 в интервале 1010,5-1014 (-782,9 -786,4) при испытании эрлифтом получен приток нефти с водой. Объем нефти составил 4 т/с.

#### ***Визейско-башкирский карбонатный комплекс***

На Южно-Одиновской структуре в скв. 529, 528 в башкирских отложениях при опробовании в процессе бурения отмечались нефтепроявления, притоков нефти практически не получено.

#### ***Нижне-средневизейский терригенный комплекс***

По промыслово-геофизическим исследованиям в средне-визейских отложениях выделены проницаемые пласты  $T_{L2-a}$ ,  $T_{L2-6}$ ,  $Bb_{1+2}$ ,  $M_L$ . Промышленная нефтеносность установлена в пласте  $T_{L2-6}$  Южно-Одиновского поднятия.

#### ***Пласт $T_{L2-6}$***

Пласт  $T_{L2-6}$  представлен среднезернистыми алевритами и

мелкозернистыми песчаниками с преобладанием алевролитов. Нефтеносность пл. Тл<sub>2-6</sub> установлена при опробовании в процессе бурения и испытании через колонну в скв. 522: из интервала 1450-1453 (-1245-1248) м получен приток нефти 2,3 т/сут при Ндин. = 900 м, в скв. 529 из интервала 1600-1603 (-1238,8-1241,8) м через 2 мм штуцер получено приток нефти 1,7 т/сут.

ВНК принят на абсолютной отметке -1248 м по испытанию скв. 522 с учетом проницаемого пропластка.

Залежь пластовая сводовая, размеры 1,5x2,1 км, высота 13 м. Общая толщина пласта составляет в среднем 8,2 м, при диапазоне изменения от 3,8 до 10,4 м. Площадь нефтеносности составляет 2542 тыс. м<sup>2</sup>. В пределах пласта выделяется 1-2 проницаемых прослоя. Эффективная толщина изменяется от 1,8 м до 3,2 м.

Коллектора – среднезернистые алевролиты и мелкозернистые песчаники с преобладанием алевролитов. Коэффициент песчаности – 0,63, коэффициент расчлененности – 1,5.

Фильтрационно-емкостные свойства пласта изучены по данным ГИС и гидродинамических исследований. Пористость определена по исследованию керна из скв. 546 (пл. Бб) Северо-Одиновского поднятия. Приняты следующие параметры: пористость – 20 %, нефтенасыщенность – 0,83. Значения проницаемости, принятые по гидродинамическим исследованиям – 0,227 мкм<sup>2</sup>. Коэффициент вытеснения нефти водой определен опытным путем и составил 0,595.

Пластовые пробы нефти отбирали в скв. 522 и скв. 529. По 10 качественным пробам установлены свойства нефти в пласте Тл<sub>2-6</sub>. Плотность пластовой нефти равна 0,881 г/см<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 20,38 мПа·с.

Проанализированы три пробы поверхностной нефти (скв. 522, 529). По двум качественным определены средние параметры. По составу устьева нефть является смолистой (17,82 %), парафинистой (2,22 %), высокосернистой (1,90 %), с довольно высоким содержанием асфальтенов (7,53 %), что указывает на ее окисленность. При однократном дегазировании выделяется 21,2 м<sup>3</sup>/т нефтяного газа, при ступенчатой сепарации – 17,9 м<sup>3</sup>/т.

Растворенные газы обоих методов сепарации являются малометановыми, среднеазотистыми, высокожирный газ – однократного дегазирования, жирный – дифференциального. Из кислых газов обнаружена лишь углекислота.

### ***Пласт Мл***

Пласт не выдержан по площади и замещен плотными породами. Проницаемая часть пласта выделена лишь в скв. 522 Южно-Одиновского поднятия, где из интервала перфорации 1489,0-1490,5 (-1283,9-1285,4) получен непромышленный приток нефти.

### ***Верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс***

Комплекс объединяет карбонатные породы франского, фаменского и турнейского ярусов.

В отложениях турнейского яруса по промыслово-геофизическим исследованиям выделяются 3 пласта: Т<sub>1</sub>, Т<sub>2</sub>, Т<sub>3</sub>. Промышленная нефтеносность установлена в пласте Т<sub>1</sub> Северо-Одиновского и Южно-Одиновского поднятий.

Пласты  $T_2$ ,  $T_3$  водоносны.

В разрезе тиманского горизонта франского яруса выделяется промышленно нефтеносный пл. Д<sub>0</sub>.

### **Пласт $T_1$**

Пласт сложен мелкозернистыми и органогенными известняками.

На Южно-Одиновском поднятии нефтеносность установлена при испытании пласта через колонну в скв. 522 и 529. В скв. 522 из интервала перфорации 1505-1507 (-1300-1302) м получен приток нефти 4,8 т/сут при Ндин. = 890 м. В скв. 529 из интервала перфорации 1653-1656 (-1290,4-1293,4) м получен приток нефти дебитом 4,8 т/сут при Ндин. = 760 м.

ВНК принят на абсолютной отметке минус 1302 м по результатам испытания в скв. 522 с учетом проницаемого пропластка.

Залежь массивная, размеры 1,2x2,0 км, высота 10 м. В нефтенасыщенной части пласта по скважинам выделяется от 1 до 4 проницаемых прослоя эффективной толщиной 0,4 - 2,9 м. Общая толщина пласта составляет в среднем 10,3 м, при диапазоне от 2,2 до 18,3 м. Эффективная толщина пласта изменяется от 2,2 до 5,4 м, в среднем составляя 3,8 м. Площадь нефтеносности – 2329 тыс. м<sup>2</sup>.

Коэффициенты песчаности и расчлененности 0,65 и 2,5 соответственно. Коэффициент вытеснения нефти водой определен опытным путем и составляет 0,617.

Фильтрационно-емкостные свойства пласта изучены по данным керна, ГИС и гидродинамическим исследованиям. Приняты следующие параметры: пористость – 12 %, нефтенасыщенность – 0,77. Значения проницаемости, принятые по гидродинамическим исследованиям, – 0,098 мкм<sup>2</sup>.

Физико-химические характеристики пластовых флюидов из пласта  $T_1$  изучены по 2 глубинным пробам из скв. 529. Плотность нефти при пластовой температуре и давлении – 0,867 г/см<sup>3</sup>, вязкость – 9,31 мПа·с. Поверхностная нефть тяжелая (0,889 г/см<sup>3</sup>), вязкая (30,22 мм<sup>2</sup>/с), смолистая (19,92 %), парафинистая (1,49 %), высокосернистая (1,98 %). При разных методах дегазации выделены разные объемы растворенного газа: 35 м<sup>3</sup>/т при однократном, 31,7 м<sup>3</sup>/т при дифференциальном.

На Северо-Одиновском поднятии продуктивный пласт располагается в 5,6 м от кровли турнейского яруса.

Промышленная нефтеносность установлена по результатам перфорации в скв. 542. Из интервала 1531,0-1534,0 (-1301-1304,0) м через 2 мм штуцер получен приток нефти 1,7 т/сут. ВНК принят условно на абс. отметке -1306 м, с учетом проницаемого пропластка.

Залежь массивная, размеры 1,3x0,9 км, высота 4,0 м. В пределах продуктивной части пласта (скв. 546) по ГИС выделено 3 проницаемых прослоя эффективной толщиной 3,6 м. Коэффициенты песчаности по пласту составил 0,82, расчлененности – 3,0. Коэффициент вытеснения нефти водой определен опытным путем и составляет 0,650.

Фильтрационно-емкостные свойства пласта изучены по данным керна, ГИС и гидродинамическим исследованиям. Приняты следующие параметры:

пористость – 12 %, нефтенасыщенность – 0,77. Значения проницаемости, принятые по гидродинамическим исследованиям, – 0,417 мкм<sup>2</sup>.

Пластовая нефть изучена по 5 пробам из скв. 542. Пластовая нефть, по сравнению с Южно-Одиновским поднятием, содержит меньше растворенного газа, что повлияло на значение пластовых плотности и вязкости в сторону их увеличения. Плотность пластовой нефти – 0,890 г/см<sup>3</sup>, вязкость – 13,69 мПа·с.

Составы нефтей на обоих поднятиях близкие. Более осеренная нефть на Северо-Одиновском поднятии – 2,45 %, против 1,98 % на Южно-Одиновском. Свойства поверхностной нефти хуже, чем на Южно-Одиновском поднятии. Плотность ее равна 0,904 г/см<sup>3</sup>, вязкость – 52,1 мм<sup>2</sup>/с.

Растворенные газы, выделенные разными методами дегазации, на обоих поднятиях аналогичны: среднеазотные, малометановые, высокожирные. В растворенных газах отмечается высокое содержание сероводорода – 1,57 % (дифференциальное разгазирование) на Южно-Одиновском поднятии и еще большее на Северо-Одиновском – 2,94 %, в газе однократного дегазирования – 4,51 %.

### ***Пласт Д<sub>0</sub>***

Представлен алевролитами и песчаниками с прослоями аргиллитов. Пласт литологически неоднороден, в скв. 550, 518 и 542 замещен плотными породами.

Промышленная нефтеносность установлена на Южно-Одиновском поднятии. В скв. 529 и интервале перфорации 2199-2202 (-1833,8-1836,8) м получен приток нефти дебитом 11,1 т/сут через 5 мм штуцер. В скв. 528 в колонне испытан интервал 2045-2054 (-1826,5-1835,5) м, получена нефть дебитом 44,8 т/сут, дшт.=8 мм.

ВНК принят на отметке -1849 м по результатам ГИС (табл. П.2.1). Запасы нефти до отметки -1836 м (нижняя дыра перфорации в скв. 528) отнесены к категории С<sub>1</sub>, остальные запасы (до ВНК) – к категории С<sub>2</sub>.

Залежь пластовая сводовая, литологически экранированная. Размеры 2,5x2,8 км, высота 22 м. Общая толщина пласта в среднем составляет 9,8 м, при диапазоне от 9,2 до 10,6 м. По данным ГИС в скважинах выделено по 2 проницаемых прослоя эффективной толщиной от 0,8 до 2,6 м. Средняя эффективная толщина пласта – 3,1 м.

Коэффициент песчаности по пласту – 0,32, расчлененности – 2,0.

Фильтрационно-емкостные свойства пласта изучены по данным керн, ГИС и гидродинамическим исследованиям. Приняты следующие параметры: пористость – 15 %, нефтенасыщенность – 0,89. Значения проницаемости, принятые по гидродинамическим исследованиям, – 0,277 мкм<sup>2</sup>. Коэффициент вытеснения нефти водой определен опытным путем и составляет 0,673.

Пластовая нефть изучена по 8 пробам из скв. 528. Плотность пластовой нефти равна 0,814 г/см<sup>3</sup>, динамическая вязкая – 3,10 мПа·с. Поверхностная нефть классифицируется как средняя по плотности (0,858 г/см<sup>3</sup>), вязкая (15,13 мм<sup>2</sup>/с), смолистая (16,97 %), парафинистая (2,33 %), высокосернистая (2,77 %).

При однократном дегазировании выделяется 86,2 м<sup>3</sup>/т газа, при ступенчатом – 73,3 м<sup>3</sup>/т. Растворенные газы однократного и

дифференциального дегазирования имеют единую классификацию: малометановые, среднеазотные, высокожирные. Сероводород в газе не обнаружен.

Запасы нефти целом по Одиновскому месторождению составили: 2386 тыс. т балансовые и 492 тыс. т извлекаемые, в т. ч. по категории С<sub>1</sub>: балансовые – 1590 тыс. т, извлекаемые – 333 тыс. т; по категории С<sub>2</sub>: балансовые – 796 тыс. т, извлекаемые – 159 тыс. т.

### **Трифоновское нефтяное месторождение**

Расположено в Октябрьском районе Пермского края, в 150 км к юго-востоку от краевого центра г. Перми, в 22 км западнее районного центра пос. Октябрьский. В тектоническом отношении месторождение находится на северо-восточном склоне Башкирского свода, приурочено к Ново-Атерскому поднятию.

Месторождение открыто в 1994 г. в результате поискового бурения на Ново-Атерской структуре Жуковской площади. Геологическое строение месторождения изучено геологическими исследованиями, геофизическими методами разведки, структурным и глубоким бурением.

Промышленная нефтеносность установлена в верхнедевонско-турнейском карбонатном и ниже-средневизейском терригенном комплексах: в терригенных отложениях визейского яруса (пласты Т<sub>Л2-а</sub>, Т<sub>Л2-б1</sub>, Бб<sub>1</sub>, Бб<sub>2</sub>, Мл<sub>1</sub>, Мл<sub>2</sub>) и карбонатных отложениях турнейского яруса (пласт Т<sub>1</sub>).

Пробная эксплуатация месторождения была начата в 1998 г., разработка осуществляется Кунгурским нефтегазодобывающим управлением. Накопленная добыча нефти по пластам на 01.01.04 составила: Т<sub>Л2-а</sub>, - 44,067 тыс.т, Т<sub>Л2-б1</sub>, - 6,780 тыс.т., Бб<sub>1</sub> – 17,386 тыс.т., Бб<sub>2</sub> – 81,652 тыс.т, Мл<sub>2</sub> – 0,765 тыс.т., Т<sub>1</sub> – 79,512 тыс.т., всего – 230, 162 тыс.т.

На 01.07.01 г начальные балансовые запасы нефти Трифоновского месторождения промышленным категориям (С<sub>1</sub>) составили – 1731 тыс. т, извлекаемые – 592 тыс. т. На дату подсчета запасов пробурено: 1 - поисковая (№548), 4 – разведочных (507, 532, 533, 535) и 12 опережающих оценочных скважин (201, 203, 204, 303, 305, 307, 308, 408, 570, 574, 575, 576) в 2002 г. пробурено еще 4 эксплуатационных скважины.

Интервалы испытаний, дебиты нефти и попутного газа, их химический состав, термобарическая характеристика представлены в таблице 5.6. Более подробные сведения приведены в отчете по подсчету запасов (Фофанова и др., 2002ф) и технологической схеме разработке Трифоновского месторождения (Распопов, Быстрова и др., 2004ф).

### ***Верейский терригенно-карбонатный комплекс***

Комплекс объединяет нефтенасыщенные породы верейского горизонта. Полупромышленные притоки нефти получены на Ново-Атерской структуре (пласт В<sub>3</sub>В<sub>4</sub>). В скв. 507 в интервале 1140-1202 (-800,1 -855,9) За 30 мин получено 0,05м<sup>3</sup> нефти, 0,93м<sup>3</sup> бурового раствора и 0,23м<sup>3</sup> смеси бурового раствора и фильтрата. В скв. 532 в интервале 1089-1123 (-818,7 -852,7) за 84

мин получены 0,04м<sup>3</sup> нефти, 0,1м<sup>3</sup> бурового раствора, газированного с пленкой нефти.

### ***Визейско-башкирский карбонатный комплекс***

Комплекс объединяет нефтеводонасыщенные карбонатные породы визейского, серпуховского и башкирского ярусов. Полупромышленные притоки нефти получены из окско-серпуховских карбонатов на Ново-Атерской структуре (пласт Ок +Ср<sub>2</sub>). В скв. 507 в интервале 1490-1530 ( -1131,1 -1170,3) за 25 мин. получено 0,06м<sup>3</sup> нефти слабогазированной, 0,8 м<sup>3</sup> раствора, фильтрата газированного с каплями нефти и пластовой воды; интервале 1532-1564 (-1172,3 -1204,3) за 16 мин получено 0,09м<sup>3</sup> газированной нефти и 2,09м<sup>3</sup> смеси бурового раствора, пластовой воды и нефти. Кроме того, отмечается битуминозность в карбонатах башкирского яруса. В скв. 535 в интервале 1420.0-1471.0 (-1124.0 -1174.9) за 54 мин. получены 0,23м<sup>3</sup> нефти, 1,16м<sup>3</sup> смеси раствора, фильтрата перебитого газированной нефтью; в интервале 1470-1521 (-1124,0 -1174,9) за 10 мин. получены 0,05м<sup>3</sup> нефти, 1,16м<sup>3</sup> смеси бурового раствора фильтрата и пластовой воды.

### ***Нижне-средневизейский терригенный комплекс***

Визейская терригенная толща, залегающая на эродированной поверхности турнейских пород, представлена глинисто-алевролитно-песчаными отложениями радаевского, косьвинского, бобриковского и тульского горизонтов. Она является основным продуктивным комплексом. Залежи нефти приурочены к пластам радаевского, бобриковского и тульского горизонтов.

На Трифоновском месторождении в пределах указанного комплекса выделяются шесть продуктивных пластов: тульские (пл. Тл<sub>2-а</sub> и Тл<sub>2-61</sub>), бобриковские (Бб<sub>1</sub>, Бб<sub>2</sub>) и радаевские (Мл<sub>1</sub>, Мл<sub>2</sub>).

### ***Тульский горизонт***

В отложениях тульского горизонта при детальной корреляции можно выделить три пласта: Тл<sub>2-а</sub>, Тл<sub>2-61</sub> и Тл<sub>2-62</sub>. Эти пласты разделены пачками глинистых непроницаемых пород толщиной 1,6-2,4 м и 1,4-4,2 м соответственно. В нижнем пласте Тл<sub>2-62</sub> испытания на продуктивность не проводились, по данным ГИС он является водонасыщенным, поэтому при подсчете запасов не рассматривался.

### ***Пласт Тл<sub>2-а</sub>***

Пласт залегает в кровле терригенной части тульского горизонта, выдержан по площади и проницаемый во всех 21 скважинах. Общая толщина пласта колеблется от 3,0 до 7,7 м.

Пласт испытан в двух скважинах (535 и 548). В скв.535 из интервала перфорации 1593,5-1596,0 (-1297,1-1299,6) м и в скв.548 из интервала 1525,0-1528,0 (-1292,6-1295,6) м получен промышленный приток нефти дебитом 14,5 т/сут и 19,8 т/сут (d<sub>шт</sub>=5мм) соответственно.

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 2,2 (скв.532) до 7,0 м (скв.574). В пласте выделяется от 1 до 3 проницаемых пропластков толщиной от 0,4 до 4,4 м, которые разделены непроницаемыми породами толщиной 0,4-1,2 м.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1279,2 м).

Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке –1304,6 м по данным ГИС в скв.535.

Залежь пластовая сводовая тектонически экранированная. Размеры в границах ВНК 3,4 x 3,0 км, высота – 25,4 м, по фазовому состоянию - нефтяная. Залежь тектонически экранирована с юго-запада. Нарушение субмеридионального простирания выявлено и закартировано по данным сейсморазведки методом 3D, бурением не подтверждено т.к. скважины в этом районе отсутствуют. В контуре нефтеносности находится 16 скважин, 1 – за контуром. Водонефтяная зона составляет 57 % от всей площади залежи, в ее пределах находятся скв. 308 и 532.

Коллекторы представлены песчаниками мелкозернистыми алевритистыми, алевритами крупнозернистыми песчаными слабо глинистыми и алевропесчаниками.

Коэффициент песчаности 0,9, расчлененности – 2.1.

Физико-химические свойства нефти в условиях пласта и на поверхности изучали по пробам в скв. 535 и 548 дважды - на стадии разведки (в 11 пробах) и ее пробной эксплуатации (в 6 пробах). Результаты опробования и исследования скважин приведены в таблице 5.5.

В пластовых условиях нефть средняя по плотности (плотность 0,85 г/см<sup>3</sup>), маловязкая (вязкость - 5,96-6,38 мПа·с), давление насыщения нефти газом – 8,10-8,60, в среднем 8,45 МПа. Разгазированная нефть средняя по плотности (плотность 0,874 г/см<sup>3</sup>) и вязкая – 18,02 мм<sup>2</sup>/с. В поверхностных условиях нефть средняя по плотности, вязкая, со средним выходом светлых фракций, сернистая. Поверхностная нефть на стадии разведки (1994г.) и в начальный период пробной эксплуатации (1998г.) была более легкой (0,878 и 0,872 г/см<sup>3</sup>) и менее вязкая (19,13 и 19,88 мм<sup>2</sup>/с), чем в 1999-2000гг. отбора (соответственно – 0,883 г/см<sup>3</sup> и 30,07 мм<sup>2</sup>/с), содержала меньше парафина, серы, но одинаковое количество смол и асфальтенов, что может свидетельствовать об отсутствии процессов окисления и разрушения нефти.

#### ***Пласт Тл<sub>2-61</sub>***

Пласт не выдержан по площади, в 7 скважинах он замещен плотными породами. Зоны литологического замещения распространены в западной (скв.408,574, 576) и восточной (скв.204, 307, 308, 532) частях месторождения.

Общая толщина пласта изменяется от 0,6 до 8,6 м.

Испытания пласта в колонне были проведены только в скв.535, из интервала перфорации 1613,0-1616,0 (-1316,5-1319,5) м получен промышленный приток нефти дебитом 4,4 т/сут на штуцере 3 мм.

Нефтеносность в районе скв. 201, 203, 220, 303, 405, 406, 502, 507, 533, 548, 570 и 575 установлена только по данным ГИС.

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 0,6 до 2,8 м. По пласту прослеживается 1 проницаемый пропласток, лишь в скв. 535.

К пласту приурочены пластовая сводовая залежь, литологически экранированная на юге, размерами 3,5 x 1,3 км, высотой – 22,6 м, по фазовому состоянию - нефтяная.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1296,4 м).



Водонефтяной контакт условно принят на абсолютной отметке –1319,0 м по нижней дыре перфорации с учетом проницаемого прослоя в скв.535.

В контуре нефтеносности находится 14 скважин. Водонефтяная зона составляет 19 % от всей площади залежи, в ее пределах скважин нет.

Коллекторы представлены алевропесчаниками глинистыми и алевролитами крупнозернистыми. В неэффективной части пласта – алевролит крупнозернистый глинистый. Коэффициент песчаности 0,1, расчлененности – 1,3.

Поверхностная нефть пласта средняя по плотности, вязкая, малопарафинистая, пористая.

### ***Бобриковский горизонт***

При детальной корреляции бобриковских отложений выделено два пласта: Бб<sub>1</sub> и Бб<sub>2</sub> – оба являются промышленно нефтеносными.

#### ***Пласт Бб<sub>1</sub>***

Верхний проницаемый пласт Бб<sub>1</sub> отделяется от вышележащего водонасыщенного пласта Тл<sub>2-62</sub> аргиллитово-алевролитовой толщиной 1,8-5,4 м.

Пласт Бб<sub>1</sub> выдержан по площади и толщине, проницаемый во всех 21 скважинах. Общая толщина пласта колеблется от 1,2 до 14,4 м.

Пласт испытан в двух скважинах. В колонне скв.548 из интервала перфорации 1555,0-1556,5 (-1322,6-1324,1) м получен промышленный приток нефти дебитом 10,3 т/сут на 3 мм штуцере. В скв.307 из интервалов перфорации 1601,0-1602,5 (-1324,4-1325,9) 1606,0-1609,0 (-1329,4-1332,4) на 5 мм штуцере дебит нефти составил 12,7 т/сут.

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 1,2 (скв.305) до 8,6 (скв.406) м. В пласте выделяется от 1 до 3 проницаемых пропластков толщиной от 0,4 до 9,6 м которые разделены непроницаемыми породами толщиной 1,0-4,6 м.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1308,0 м).

Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке –1331,0 м по результатам испытания в скв.307 с учетом проницаемого прослоя по ГИС.

Залежь пластовая сводовая. Размеры в границах ВНК 3,1 x 1,6 км, высота – 22,9 м, по фазовому состоянию - нефтяная.

В контуре нефтеносности находится 14 скважин, 3 – за контуром. Водонефтяная зона составляет 45 % от всей площади залежи, в ее пределах находятся скв. 204, 406, 532, 548, 570

Эффективная часть пласта сложена алевролитами крупнозернистыми песчаными и песчанистыми, глинистыми, и песчаниками мелкозернистыми алевритовыми.

Коэффициент песчаности – 0,6, расчлененности – 2.

Нефть пласта средняя по плотности, вязкая, со средним выходом светлых фракций, выкипающих до 300° С, сернистая, парафинистая.

#### ***Пласт Бб<sub>2</sub>***

Нижний проницаемый пласт Бб<sub>2</sub> отделяется от вышележащего Бб<sub>1</sub> плотными непроницаемыми породами толщиной 0,5 – 5,4 м.

Пласт Бб<sub>2</sub>, в отличие от верхнего пласта Бб<sub>1</sub>, менее выдержан по площади

и толщине, в районе скв. 307 он замещен плотными породами.

Общая толщина пласта колеблется от 0,8 до 11,4 м.

Испытания пласта в колонне проводились в 4 скважинах (303, 305, 507, 548). Во всех скважинах получены промышленные притоки нефти дебитом от 4,9 т/сут до 21,0 т/сут.

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 0,8 (скв.201) до 11,4 (скв.507) м. В пласте выделяется от 1 (в большинстве скважин) до 3 проницаемых пропластков толщиной 0,8-11,4 м, которые разделены непроницаемыми породами толщиной 2,2-4,6 м.

Водонефтяной контакт условно принят на абсолютной отметке –1337,0 м по результатам ГИС в скв.303.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1318,6 м).

Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке –1337,0 м по результатам ГИС в скв.303.

Залежь пластовая сводовая. Размеры в границах ВНК 1,8 х 0,7 км, высота – 18,4 м, по фазовому состоянию - нефтяная.

В контуре нефтеносности находится 9 скважин. Водонефтяная зона составляет 56 % от всей площади залежи, в ее пределах находятся скв. 303,548,574

Коллектора представлены песчаниками мелкозернистыми, в которых, наряду с алевроитовой примесью, в значительных количествах присутствует среднепесчаная.

Коэффициент песчаности 0,5, расчлененности – 1,3.

Нефть средняя по плотности, вязкая, со высоким выходом светлых фракций, выкипающих до 300° С, сернистая, парафинистая.

### ***Радаевский горизонт***

На Трифоновском месторождении в отложениях радаевского горизонта выделяются два продуктивных пласта Мл<sub>1</sub> и Мл<sub>2</sub>, разделенных непроницаемым разделом толщиной 1,0-4,4 м.

#### ***Пласт Мл<sub>1</sub>***

Покрышкой пласта является выдержанная по площади пачка аргиллитов толщиной 2,2-10,0 м.

Проницаемый пласт Мл<sub>1</sub> имеет зональное распространение в южной части месторождения (скв. 203, 305, 308, 507, 533, 574). В остальных скважинах он замещен плотными глинистыми породами. Керн в интервалах пласта не отбирался.

Общая толщина пласта колеблется от 0,6 до 2,0 м.

Нефтенасыщенность коллекторов установлена только по данным ГИС, т.к. испытания пласта в колонне не проводились.

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 0,6 (скв.507) до 1,4 (скв.305) м. В разрезе пласта выделяется 1 проницаемый пропласток толщиной 0,6-2,0 м.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1336 м).

К пласту приурочена пластовая сводовая литологически экранированная залежь, размерами 1,6 х 0,8 км, высота – 11,7 м, по фазовому состоянию -

нефтяная.

Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке –1355,0 м по результатам ГИС в скв.308.

В контуре нефтеносности находится 5 скважин. Водонефтяная зона составляет 20 % от всей площади залежи, в ее пределах находится скв. 308.

Коэффициент песчаности 0,4, расчлененности – 1,0.

Пласт Мл<sub>1</sub> не разрабатывался.

#### ***Пласт Мл<sub>2</sub>.***

Проницаемый пласт Мл<sub>2</sub>, также, как и вышележащий пласт, имеет зональное распространение только в северо-западной части месторождения. В 6 скважинах (204, 303, 307, 308, 532, 533) он замещен плотными глинистыми породами. Общая толщина пласта колеблется от 0,8 до 4,4 м.

Испытания пласта в колонне проводились в 3 скважинах (535, 548, 408). Во всех скважинах получены притоки нефти дебитом 9,0 т/сут и 17,0 т/сут ( $d_{шт}=5$  мм) и 1,8 т/сут соответственно.

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 0,8 (скв.570, 574) до 4,0 (скв.201) м. Распределение эффективных нефтенасыщенных толщин имеет зональный характер, районы скв. 201 и 305 отличаются повышенными значениями толщин. В большей части скважин пласт содержит 1 проницаемый пропласток, в трех скважинах – 2, которые разделены непроницаемыми породами толщиной 0,6 м. Толщина проницаемых пропластков 0,4-4,0 м.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1342,0 м).

К пласту приурочены две залежи. Небольшая по размерам (1,4 x 0,6) пластовая залежь расположена в районе скв.535, высота – 4,4 м. Вторая - пластовая сводовая тектонически и литологически экранированная имеет размеры 2,8x 1,2 км, высоту – 22,2 м. По фазовому состоянию обе залежи нефтяные.

Для обеих залежей водонефтяной контакт условно принят на абсолютной отметке –1364,0 м по нижней дыре перфорации с учетом проницаемого прослоя в скв. 535.

В контуре нефтеносности находятся 11 скважин. Водонефтяная зона составляет 11 % от всей площади залежи, в ее пределах скважин нет.

Коэффициент песчаности 0,6, расчлененности – 1,3.

Нефти средние по плотности, вязкие, со средним выходом светлых фракций, сернистые, парафинистые.

#### ***Верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс***

Комплекс объединяет карбонатные породы франского, фаменского и турнейского ярусов.

На Трифоновском месторождении отложения фаменского яруса вскрыты двумя скважинами 535 и 548. Промышленные залежи нефти не выявлены, хотя при бурении скв. 548 из интервалов 1799,3-1813,0 и 1890,0-1894,7 м поднят известняк прослоями незначительно нефтенасыщенный, со слабыми выпотами нефти. Слабые нефтепроявления в керне отмечены в отложениях доманикового горизонта (в интервале 2121,6-2129,7 м).

По результатам ГИС пласты-коллекторы не выделяются.

### ***Турнейский ярус***

В разрезе отложений турнейского яруса в результате детальной корреляции выделяются два самостоятельных пласта  $T_1$  и  $T_2$ . Нефтеносным является верхний пласт  $T_1$ .

#### ***Пласт $T_1$***

От вышележащих радаевских отложений проницаемый пласт  $T_1$  отделяется плотными непроницаемыми породами. Толщина покрывки составляет 2,6-5,4 м.

Пласт  $T_1$  залегает в кровле турнейского яруса, выдержан по площади и толщине, проницаемый во всех 21 скважинах. Общая толщина пласта колеблется от 18,1 до 21,6 м.

Пласт испытан в 11 скважинах (201, 203, 204, 305, 308, 507, 532, 570, 574, 575, 576). В 8 скважинах получены промышленные притоки нефти дебитом от 2.9 т/сут (скв. 507,  $d_{шт}=2,5$ мм) до 26.2 т/сут (скв. 575,  $d_{шт}=5$ мм).

Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 1,6 (скв.533) до 15,4 м (скв.570), уменьшаясь от сводовой части залежи к внешнему ВНК. В пласте выделяется от 2 до 10 проницаемых пропластков толщиной от 0,2 до 13,7 м которые разделены непроницаемыми породами толщиной 0,1-6,3 м.

Наивысшая отметка кровли пласта вскрыта в скв.575 (-1347,6 м).

Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке -1376,0 м по результатам ГИС в скв.532,576.

Залежь, пластово-массивная тектонически экранированная (с юго-запада), размеры в границах ВНК 3,4 x 3,0 км, высота – 28,4 м, по фазовому состоянию - нефтяная.

Все скважины находятся в контуре нефтеносности. Водонефтяная зона составляет 93 % от всей площади залежи. В чисто нефтяной зоне расположены 5 скважин.

Нефтенасыщенная часть пласта сложена известняками комковато- и фораминиферово-водорослевыми, реже водорослево-комковатыми, иногда доломитом тонкомелкозернистым.

Коэффициент песчаности 0,6, расчлененности – 6,6.

#### ***Девонский (эмско-тиманский) терригенный комплекс***

Комплекс объединяет терригенные породы, от поверхности вендского комплекса до подошвы карбонатных отложений тиманского горизонта. Нефтеносность установлена в проницаемых породах пашийского и тиманского горизонтов. Полупромышленный приток нефти получен в скв. 548 на Ново-Атерской структуре (пласт  $D_1$ ), где интервале 2139-2178 (-1906 -1945) за 70 мин получено 0,06м<sup>3</sup> нефти и 0,09м<sup>3</sup> бурового раствора с пленкой нефти.

В целом, гидрогеологические и гидрохимические условия девонских терригенных отложений благоприятны для формирования и сохранения углеводородных залежей.

### **Поспеловское нефтяное месторождение**

Расположено в Октябрьском районе Пермского края, в 150 км к юго-востоку от г. Перми, в 20 км юго-западнее районного центра пос. Октябрьский.

В тектоническом отношении месторождение находится на северо-восточном склоне Башкирского свода, вблизи с сочленением с Бымско-Кунгурской впадиной, приурочено к Мало-Атерскому поднятию.

Мало-Атерское поднятие подготовлено в 2001 г. СП 15/2000 (Винокурова и др., 2000ф) методом сейсморазведки 3Д. Пospelовское месторождение открыто в 2004, находится в стадии разведки.

Мало-Атерское поднятие является двухкупольным. Западный купол имеет форму приразломной брахиантиклинальной складки вытянутой в северо-западном направлении вдоль тектонического нарушения типа сброса с амплитудой смещения от 15-17 м по ОГ I<sup>n</sup>, II<sup>n</sup>, II<sup>k</sup>, уменьшающейся вниз по разрезу по ОГ III, V до 4-6 м. Описываемая локальная структурная форма приурочена к лежащему блоку. Восточный купол характеризуется изометричностью форм по всем структурным планам. Мало-Атерская структура характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (I<sup>n</sup>, II<sup>n</sup>, II<sup>k</sup>). По ОГ III выражен структурный выступ ограниченный с запада тектоническим нарушением. Структура имеет тектоно седиментационный генезис, являясь структурой облекания верхнедевонского биогерма.

В 2002 г. в пределах поднятия была пробурена поисковая скв. №559, в процессе бурения которой отмечена нефтеносность верейских, башкирских, тульских, радаевских и турнейских отложений (табл. 5.2). Скв. №559 передана НГДУ.

Промышленная нефтеносность установлена в ниже-средневизейском терригенном комплексе: в терригенных отложениях визейского яруса - радаевском горизонте (пласт Мл).

Площадь нефтеносности составляет 0,39 км<sup>2</sup>, глубина 1698 м. Эффективная нефтенасыщенная толщина составляет 1,9 м.

Суммарные начальные запасы нефти малиновской залежи категории C<sub>1</sub> составляют: балансовые – 120 тыс. т., извлекаемые – 26 тыс. т.

### **Заключение**

Таким образом, в результате проведения поисково-разведочного бурения на Жуковской площади было разбурено 28 структур. На 18 структурах получены притоки углеводородов, из них – 4 структуры дали непромышленные скопления нефти. На 14 поднятиях установлены промышленные залежи нефти, которые вошли в состав месторождений нефти: Самсоновское и Труновское – в Павловское месторождение; Судановское, Мосягинское, Анастасьинское, Евдокимовское, Гординское – в Судановское месторождение; Новосеминское и Борниельское – в Новосеминское месторождение; Западно-Камышловское – в Камышловское месторождение; Южно-Одиновское и Северо-Одиновское – в Одиновское месторождение; Ново-Атерское – в Трифоновское месторождение; Мало-Атерское – в Пospelовское месторождение.

Суммарные извлекаемые запасы нефти открытых на Жуковской площади залежей, за исключением Павловского месторождения, составили: по категориям А+В+С<sub>1</sub> – 6406 тыс. т.; по категории С<sub>2</sub> – 1324 тыс. т (табл. 1).

Таблица 1

## Общая характеристика залежей на поднятиях Жуковской площади

Пласт	Площадь нефтеносности, $10^3 \text{ км}^2$	Нефтенасыщенная толщина		Пористость, %	Проницаемость, мкм <sup>2</sup>	Запасы начальные, тыс.т		Вид баланса	Категория баланса
		общая	эффективная			баланс.	извлекаем.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Анастасьинское поднятие (Судановское месторождение)</b>									
Тл2						432	109	нефть	A+B+C1
Тл2							3	газ	A+B+C1
Тл2							3	газ	C1
Тл2	757	8	4.5	0.197	0.313	432	109	нефть	C1
Т						223	47	нефть	A+B+C1
Т							2	газ	A+B+C1
Т							2	газ	C1
Т	885	16	3.6	0.12	0.012	223	47	нефть	C1
<b>Гординское поднятие (Судановское месторождение)</b>									
Тл2							1	газ	A+B+C1
Тл2						86	21	нефть	A+B+C1
Тл2	557	3.2	1.3	0.19	0.313	86	21	нефть	C1
Тл2							1	газ	C1
Т						32	7	нефть	A+B+C1
Т	631	13	0.7	0.12	0.313	32	7	нефть	C1
<b>Евдокимовское поднятие (Судановское месторождение)</b>									
Бб						478	119	нефть	A+B+C1
Бб							4	газ	A+B+C1
Бб							4	газ	C1
Бб	732	18	5.3	0.178	0.313	478	119	нефть	C1
Мл						186	43	нефть	A+B+C1
Мл							2	газ	A+B+C1
Мл							2	газ	C1
Мл	469	6	2.4	0.24	0.049	186	43	нефть	C1
Мл							1	газ	C2
Мл	168		1.5	0.24		44	10	нефть	C2
<b>Мосягинское поднятие (Судановское месторождение)</b>									
Тл2							6	газ	A+B+C1
Тл2						447	111	нефть	A+B+C1
Тл2							6	газ	C1
Тл2	1032		3.75	0.195	0.313	447	111	нефть	C1
Бб						327	82	нефть	A+B+C1
Бб							5	газ	A+B+C1
Бб							5	газ	C1
Бб	469	13	4.6	0.21	0.313	327	82	нефть	C1
Т						613	129	нефть	A+B+C1
Т							5	газ	A+B+C1
Т							5	газ	C1
Т	931	20	9.7	0.13	0.012	613	129	нефть	C1
<b>Судановское поднятие (Судановское месторождение)</b>									
Тл2						227		нефть	A+B+C1
Тл2								газ	A+B+C1
Тл2								газ	C1
Тл2	1287	8.6	1.4	0.19	0.313	227		нефть	C1
Бб						284	71	нефть	A+B+C1
Бб							2	газ	A+B+C1
Бб							2	газ	C1
Бб	863	5.6	2.7	0.18	0.172	284	71	нефть	C1
Бб						505	106	нефть	A+B+C1

Продолжение таблицы 1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Т							4	газ	A+B+C1
Т	1638	18	4.4	0.12	0.05	505	106	нефть	C1
Т							4	газ	C1
<b>Камышловское поднятие (Камышловское месторождение)</b>									
Тл-Бб							5	газ	A+B+C1
Тл-Бб						763	229	нефть	A+B+C1
Тл-Бб							5	газ	C1
Тл-Бб	4290	4.6	1.3	0.18	0.1	763	229	нефть	C1
Тл-Бб							2	газ	C2
Тл-Бб	1657		1.2	0.18	0.1	252	75	нефть	C2
Т						1863	428	нефть	A+B+C1
Т							13	газ	A+B+C1
Т							13	газ	C1
Т	7776	9.4	3.6	0.11	0.068	1863	428	нефть	C1
ФМ						365	84	нефть	A+B+C1
ФМ							2	газ	A+B+C1
ФМ							2	газ	C1
ФМ	3545	4.6	2	0.1	0.056	365	84	нефть	C1
ФМ	3440		1.5	0.1		284	65	нефть	C2
ФМ							2	газ	C2
ФМ							1	газ	A+B+C1
ФМ						129	19	нефть	A+B+C1
ФМ	851	2.4	2.4	0.13	0.16	129	19	нефть	C1
Д <sub>3т</sub>							1	газ	C1
<b>Северо-Одиновское поднятие (Одиновское месторождение)</b>									
Т							1	газ	A+B+C1
Т						177	28	нефть	A+B+C1
Т	939		2.4	0.12	0.417	177	28	нефть	C1
Т							1	газ	C1
<b>Южно-Одиновское поднятие (Одиновское месторождение)</b>									
Тл2-б						439	96	нефть	A+B+C1
Тл2-б							2	газ	A+B+C1
Тл2-б	2541	2	1.2	0.2	0.173	439	96	нефть	C1
Тл2-б							2	газ	C1
Т						502	115	нефть	A+B+C1
Т							4	газ	A+B+C1
Т							4	газ	C1
Т	2329	4.6	2.8	0.12	0.098	502	115	нефть	C1
Д <sub>3т</sub>						472	94	нефть	A+B+C1
Д <sub>3т</sub>							7	газ	A+B+C1
Д <sub>3т</sub>	2897	3.6	1.5	0.15	0.098	472	94	нефть	C1
Д <sub>3т</sub>							7	газ	C1
Д <sub>3т</sub>							11	газ	C2
Д <sub>3т</sub>	4737	2.9	1.5	0.15	0.098	796	159	нефть	C2
<b>Борниельское поднятие (Новосеминское месторождение)</b>									
Т						144	29	нефть	A+B+C1
Т							1	газ	A+B+C1
т	773		2.8	0.11	0.009	144	29	нефть	C1
Т							1	газ	C1
ФМ						128	19	нефть	A+B+C1
ФМ							1	газ	A+B+C1
ФМ	741		2.5	0.12	0.075	128	19	нефть	C1
ФМ							1	газ	C1

Окончание таблицы 1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Новосеминское поднятие (Новосеминское месторождение)</b>									
Тл2-б							1	газ	C2
Тл2-б	791	3.8	1.4	0.164	0.03	136	31	нефть	C2
Мл						247	37	нефть	A+B+C1
Мл	1077	3.8	1.6	0.19	0.154	247	37	нефть	C1
Мл	1320	2.8	1.4	0.19	0.154	261	39	нефть	C2
Т						143	14	нефть	A+B+C1
Т							1	газ	A+B+C1
Т							1	газ	C1
Т	619	6.7	3.4	0.11	0.045	143	14	нефть	C1
Т							1	газ	C2
Т	789	7.8	4	0.11	0.045	216	22	нефть	C2
Фм						557	73	нефть	A+B+C1
Фм							2	газ	A+B+C1
Фм							2	газ	C1
Фм	1406	8.7	5.6	0.1	0.019	557	73	нефть	C1
Фм							3	газ	C2
Фм	6075	4.9	2	0.1	0.019	648	84	нефть	C2
<b>Ново-Атерское поднятие (Трифоновское месторождение)</b>									
Тл2						3315	1541	нефть	A+B+C1
Тл2							64	газ	A+B+C1
Тл2							64	газ	C1
Тл2	5661	7	4.2	0.2	0.319	3315	1541	нефть	C1
Тл2							21	газ	C2
Тл2	3840	4	3.3	0.2	0.319	1656	514	нефть	C2
Бб							36	газ	A+B+C1
Бб						2058	910	нефть	A+B+C1
Бб							36	газ	C1
Бб	3681	5	4.1	0.19	0.475	2058	910	нефть	C1
Бб							5	газ	C2
Бб	1620	3.6	1.7	0.19	0.149	356	126	нефть	C2
Мл						424	152	нефть	A+B+C1
Мл							6	газ	A+B+C1
Мл	3196	2.4	1.1	0.18	0.195	424	152	нефть	C1
Мл							6	газ	C1
Мл								газ	C2
Мл	1013	2	0.6	0.18		76	18	нефть	C2
Т						2474	1039	нефть	A+B+C1
Т							43	газ	A+B+C1
Т	5610	8	5.7	0.12	0.07	2474	1039	нефть	C1
Т							43	газ	C1
Т							6	газ	C2
Т	4084	6	1.6	0.12	0.07	491	140	нефть	C2
<b>Мало-Атерское поднятие (Поспеловское месторождение)</b>									
Мл							1	газ	A+B+C1
Мл						120	26	нефть	A+B+C1
Мл							1	газ	C1
Мл	390		1.9	0.22	0.298	120	26	нефть	C1
Мл	592		2	0.22		188	41	нефть	C2
Мл							2	газ	C2

*Примечание: использованы материалы отделов поисковой геологии и аудита запасов ООО «ПермНИПИнефть» [11]*



## **Библиографический список**

1. Бычков С.Г., Неганов В.М., Мичурин А.В. Нефтегазогеологическое районирование территории Пермского края // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2010. № 2.
2. 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.
3. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
4. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. С. 14-19.
5. Копылов И.С. Геологическое строение Жуковской площади (Башкирский свод) // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2021. С. 381-405.
6. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
7. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
9. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 25-37.
10. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
11. Копылов И.С. Поиски и разведка залежей нефти на Жуковской площади / *Геологический отчет о результатах поисково-разведочного бурения на Жуковской площади по договору № 3401 с ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь». ООО «ПермНИПИнефть»*. Пермь, 2008. 300 с.
12. 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.
13. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 321-328.
14. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
15. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
16. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2013. № 13. С. 68-73.
17. 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.

18. Неганов В.М., Морошкин А.Н., Жданов А.И., Ваксман С.И., Курасова М.С. Нетрадиционные ловушки нефти - резерв повышения эффективности геологоразведочных работ // *Геофизика*. 2000. № 5. С. 39-43.
19. Неганов В.М., Родионовский В.И., Зотеев М.С. Геологическое строение Пермского Прикамья по данным геолого-геофизических исследований // *Геофизика*. 2000. № 5. С. 11-22.
20. Пахомов В.И., Пахомов И.В. Визейская угленосная формация западного склона Среднего Урала и Приуралья. М., Недра, 1980. 152 с.
21. Плюснин А.В., Сулима А.И., Тимофеев В.Д., Коваль Д.В., Дементьева К.В. Литолого-фациальное строение уфимских отложений центральной части Пермского края // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021. Т. 332. № 3. С. 29-50.
22. Путилов И.С., Соловьев С.И., Климовских М.А., Сулима А.И., Винокурова Е.Е., Габнасыров А.В., Корякин С.Ю., Львовская Я.Л., Варушкин С.В. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности девонских карбонатных отложений юга и юго-востока Пермского края // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2019. № 6. С. 29-35.
23. Пятунина Е.В., Хакимова Ж.А., Неганов В.М. Особенности развития коллекторов визейской терригенной толщи и перспективы их обнаружения на юго-востоке Пермского Прикамья // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2007. № 10. С. 27-32.
24. Сулима А.И. Геология и нефтегазоносность верхнедевонско-турнейского карбонатного комплекса юго-востока Пермского края // *Нефтяное хозяйство*. 2011. № 10. С. 44-48.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ СОЛИКАМСКОЙ ДЕПРЕССИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

*В статье рассмотрены свойства нефтей Соликамской депрессии, закономерности их изменения. Построены графики изменения свойств нефтей по геологическому разрезу и карты их изменения по площади территории, выявлены закономерности изменения физико-химических свойств нефтей.*

*Ключевые слова: нефть, плотность, вязкость, асфальтены, программа ArcMap, Соликамская депрессия.*

**A.S. Kurdyumova**

Perm State University, Perm, Russia

## **INVESTIGATION OF THE REGULARITY OF CHANGES IN THE PROPERTIES OF THE SOLIKAMSK DEPRESSION OILS USING GIS TECHNOLOGIES**

*The article discusses the properties of the oils of the Solikamsk depression, the patterns of their changes. Graphs of changes in the properties of oils by geological section and maps of their changes in the area of the territory are constructed, patterns of changes in the physico-chemical properties of oils are revealed.*

*Keywords: oil, density, viscosity, asphaltenes, ArcMap program, Solikamsk depression.*

### **Введение**

Актуальность работы связана с высокой нефтегазоперспективностью Соликамской депрессии и в связи с этим развитием геологоразведочных работ, направленных на поиски нефти и газа.

**Цель работы:** изучение свойств нефтей Соликамской депрессии и закономерностей их изменения.

**Задачи:** обобщение данных по физико-химическим свойствам нефтей; построение диаграмм изменения свойств нефтей по геологическому разрезу осадочного чехла; построение карты изменения свойств нефтей по площади; анализ и выявление закономерностей изменения свойств нефтей по площади и геологическому разрезу.

### **Геологические условия**

Геологические нефтегазогеологические условия территории Соликамской депрессии достаточно хорошо изучены (ООО «ПермНИПИнефть», ОАО «КамНИИКИГС» и др.), описаны в научной литературе, в т.ч. диссертациях (Габнасыров А.В., 2012; Черепанов С.С., 2016 и др. [17]).

Соликамская депрессия расположена в северной части Пермского края, на северо-востоке Восточно-Европейской платформы, в пределах развития Предуральяского краевого прогиба к западу от передовых складок Урала.

Фундамент сложен архейской и протерозойской акротемами. Осадочный чехол представлен девонской, каменноугольной и пермской системами, а также кайнозойскими отложениями (рис. 1а) [13-15].

Соликамская депрессия представляет собой меридионально вытянутую структуру протяженностью около 240 км и шириной до 70-75 км, ограниченную с севера Колвинской и с юга Косьвинско-Чусовской седловинами, с запада – Предтима́нским прогибом, Камским сводом и Висимской впадиной, на востоке – Западно-Уральской складчато-надвиговой зоной (рис. 1б). Характеризуется сложной блоково-разрывной тектоникой и геодинамикой, в т.ч. и глубинной [2-6].

В разрезе выделяются следующие нефтегазоносные комплексы: верхнедевонско-турнейский карбонатный; визейский терригенный; визейско-башкирский карбонатный; верейский терригенно-карбонатный; нижнепермский терригенно-карбонатный [10, 12-15]. В пределах Соликамской депрессии находится Гежско-Уньвинская нефтегазоносная зона, генетически связанная с одноименной грядой органогенно-карбонатных массивов позднедевонско-турнейского возраста, приуроченных к внутренней части Кизеловско-Касибской впадины Камско-Кинельской системы палеопрогибов [16].

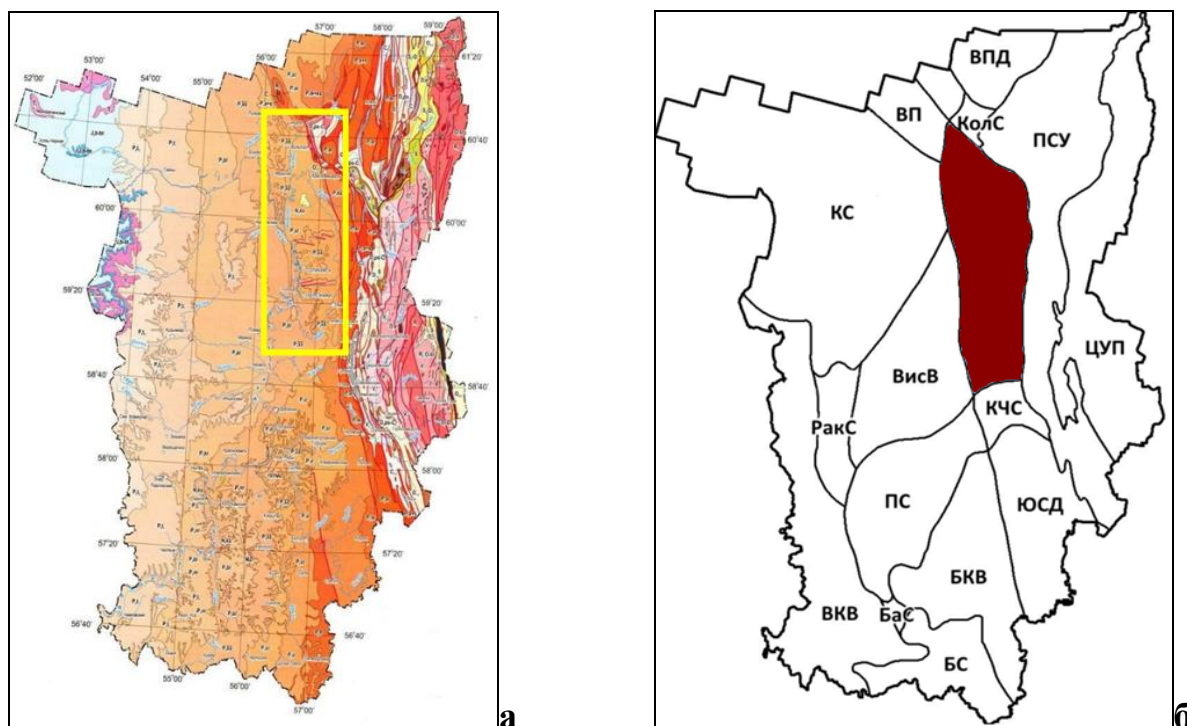


Рис. 1. Геологические (а) и тектонические (б) условия Соликамской депрессии на картах Пермского края [6].

## Методика и результаты исследований

Для построения схематических карт был использован программный пакет ArcMap.

Этапы построения карт: ArcToolbox–SpatialAnalyst – Интерполяция. В интерполяции был использован метод обратно взвешенных расстояний (ОВР) Затем был произведен анализ поверхности Grid-модели с помощью инструментов ArcToolbox – SpatialAnalyst – Поверхность – Изолиния (рис. 2, 3).

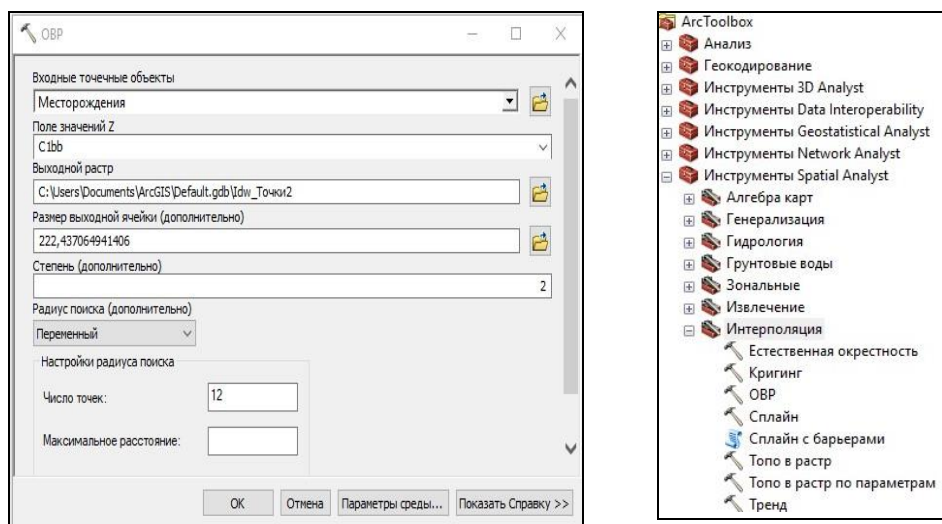


Рис. 2. Создание GRID-модели

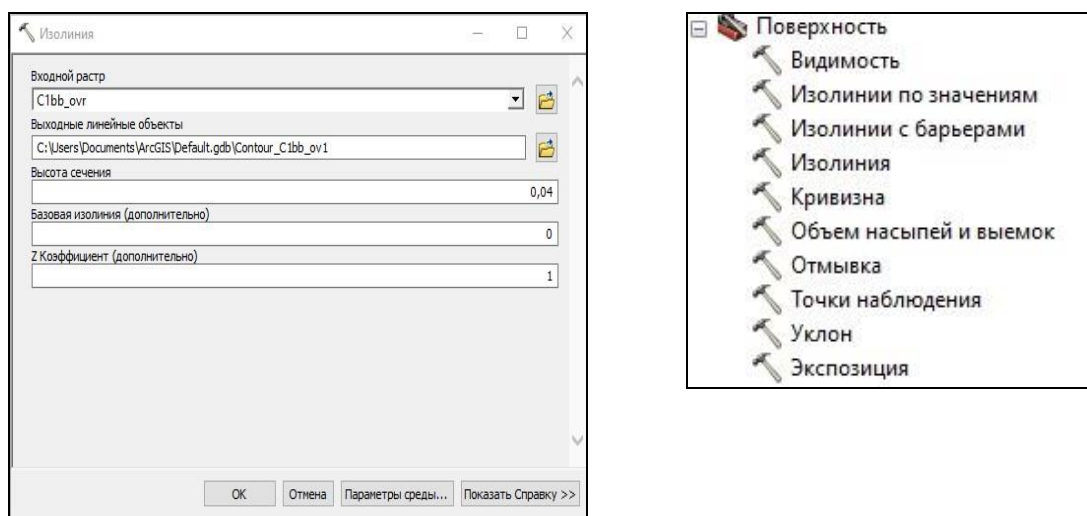


Рис. 3. Построение изолиний

Для построения графиков изменения физико-химических свойств по геологическому разрезу и графиков корреляции был использован табличный процессор MS Excel (рис. 4).

Максимальное значение плотности нефтей турнейских отложений определено на северо-западе Соликамской депрессии, минимальное – на востоке. В бобриковском горизонте наибольшее значение – в северной и восточной частях, наименьшее – в юго-восточной части. Максимум плотности нефтей башкирских отложений отмечен в центральной части Соликамской депрессии, а минимум – на востоке.

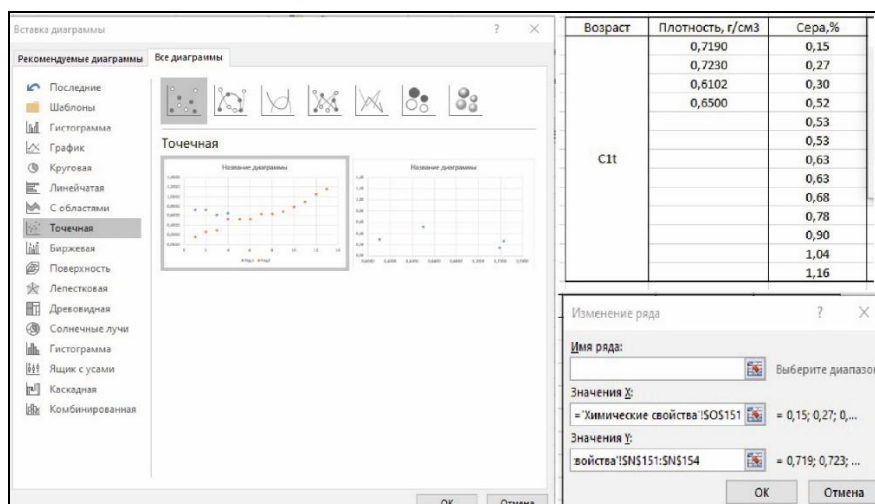


Рис. 4. Построение графиков

Нефти турнейских, бобриковских и тульских отложений Соликамской депрессии являются очень лёгкими как по геологическому разрезу, так и по площади; нефти башкирского яруса являются в основном очень легкими, также по площади были выявлены нефти средней плотности (рис. 5).

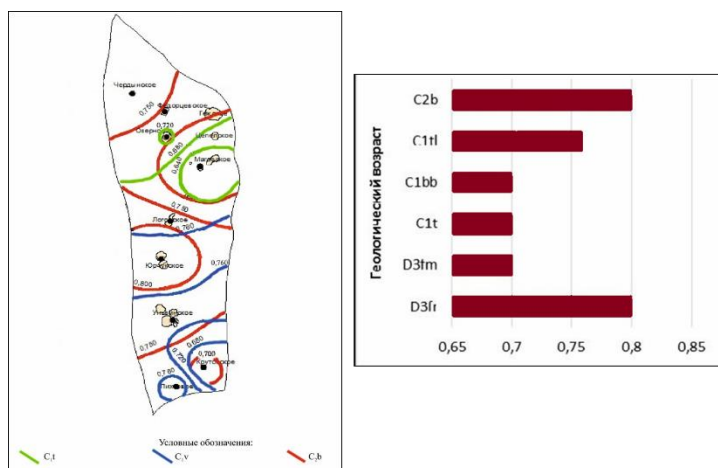


Рис. 5. Изменение плотности нефтей по площади и геологическому разрезу Соликамской депрессии, г/см<sup>3</sup>

Максимальное значение вязкости нефтей турнейских отложений определено в северо-западной части депрессии, минимальное – в юго-восточной части. Наибольшее значение в нефтях бобриковских отложений зафиксировано в северной части Соликамской депрессии, наименьшее – в юго-восточной части. Максимальная вязкость нефтей башкирских отложений – в центральной части, минимум отмечен в восточной части.

Нефти бобриковских, тульских и башкирских отложений являются маловязкими как по площади, так и по геологическому разрезу Соликамской депрессии, однако также были выявлены нефти башкирских отложений с повышенной вязкостью. Нефти турнейских отложений – нефти с незначительной вязкостью (рис. 6).

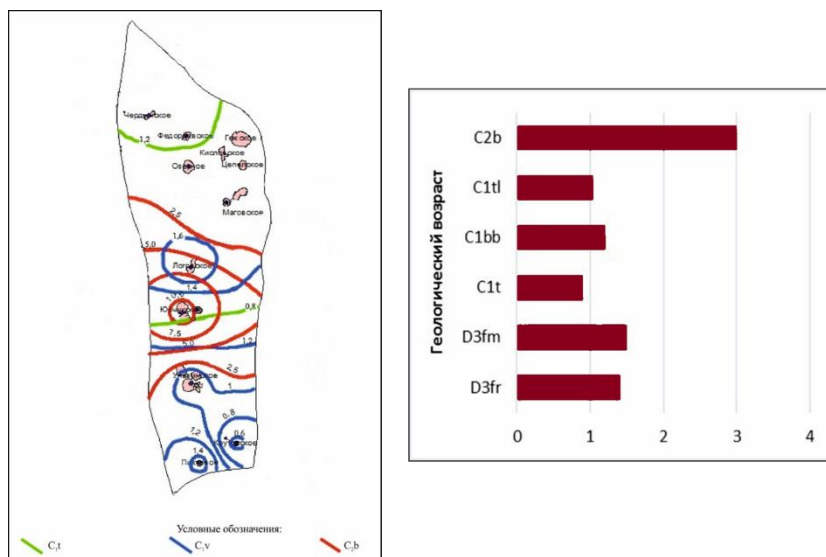


Рис. 6. Изменение вязкости нефтей по площади и геологическому разрезу Соликамской депрессии, мПа\*с

Максимальное содержание серы в нефтях турнейских отложений отмечено в северо-западной части Соликамской депрессии, минимальное – в северо-восточной части. Наибольшее содержание серы в нефтях бобриковских отложений в центральной и юго-восточной частях депрессии, наименьшее – в южной части. Нефти тульского горизонта обладают максимальным содержанием серы в северной части изучаемой территории, минимальным – также в северной части. Максимальное содержание серы в нефтях башкирских отложений определено в центре депрессии, минимальное – в юго-восточной части.

Нефти турнейских, бобриковских, тульских и башкирских отложений Соликамской депрессии являются сернистыми как по геологическому разрезу, так и по площади, исключение составляют выявленные изменения содержаний серы по площади в нефтях (рис. 7).

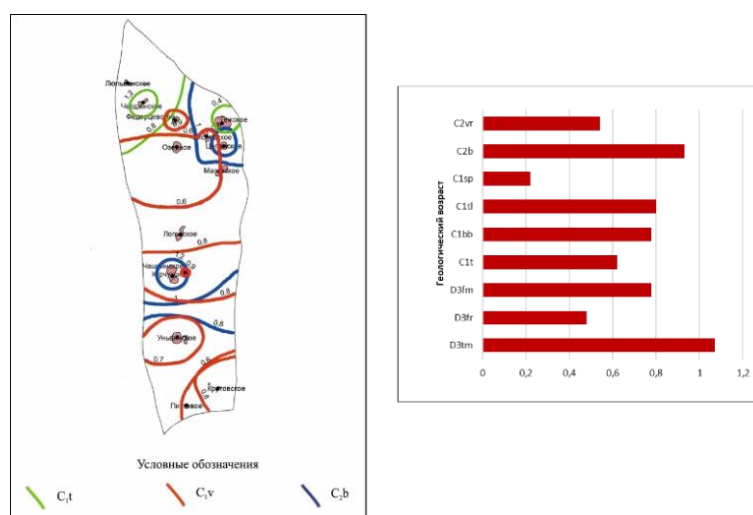


Рис. 7. Изменение содержания серы в нефтях по площади и геологическому разрезу Соликамской депрессии, %

Наибольшее содержание асфальтенов в нефтях турнейских отложений наблюдается в восточной части депрессии, наименьшее содержание – в северо-восточной части. Пиковое содержание асфальтенов в нефтях бобриковского горизонта зафиксировано в южной части изучаемой территории, минимальное – в центральной части. Нефти тульского горизонта обладают максимальным содержанием асфальтенов в северной части рассматриваемой территории, минимальным – в юго-восточной части. Пиковое содержание асфальтенов в нефтях башкирских отложений определено в центральной части Соликамской депрессии, наименьшее – в восточной части.

Нефти турнейских, бобриковских, тульских и башкирских отложений Соликамской депрессии являются малосмолистыми как по геологическому разрезу, так и по площади (рис. 8).

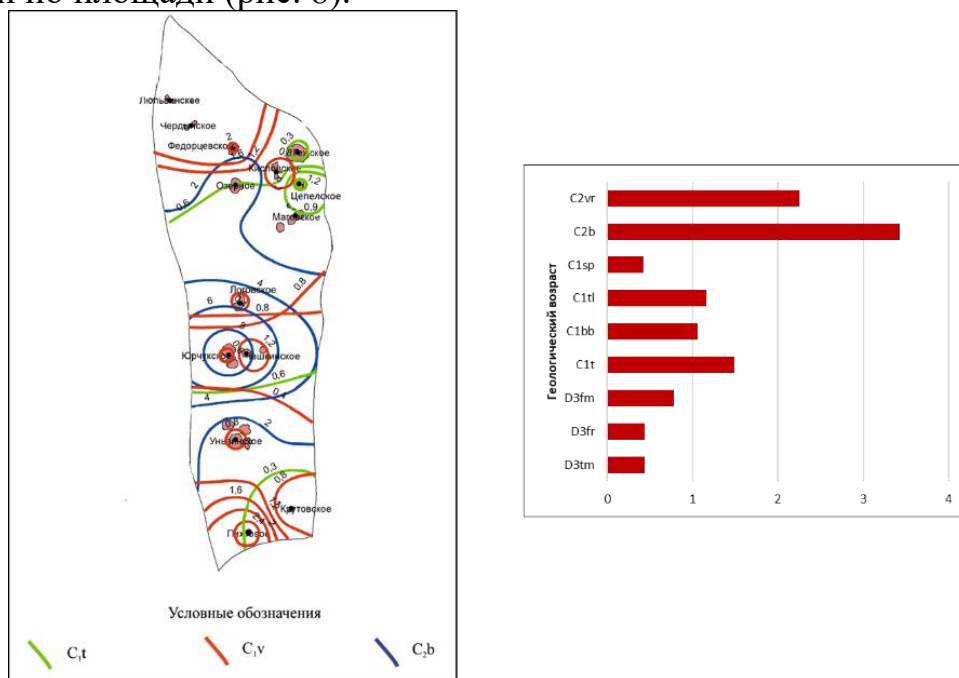


Рис. 8. Изменение содержания асфальтенов в нефтях по площади и геологическому разрезу Соликамской депрессии, %

Также были выявлены корреляционные связи между химическими и физическими свойствами нефтей башкирского, визейского и турнейского ярусов: содержанием серы, азота, асфальтенов, парафинов и плотности. Связи свойств химических и физических свойств башкирского яруса являются сильными прямыми, также, как и связи между отдельными химическими свойствами во всех толщах. Исключением являются обратные (практически отсутствующие и умеренные) связи химических и физических свойств в визейском и турнейском ярусах (рис. 9).



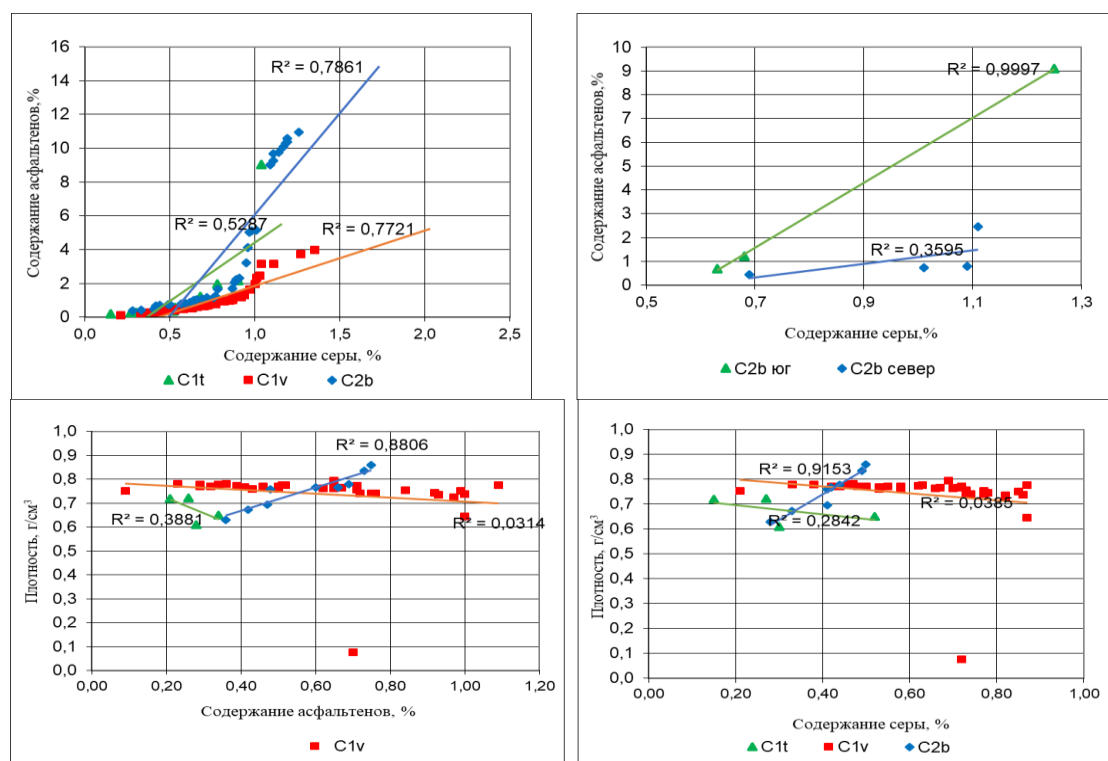


Рис. 9. Графики корреляций свойств нефтей Соликамской депрессии

## Заключение

При написании работы было выяснено, что по площади и по геологическому разрезу Соликамской депрессии нефти: очень легкие, маловязкие, сернистые, малосмолистые, парафинистые, содержание азота колеблется в интервале 0,01–0,33 %.

Исключение: в башкирском ярусе – нефти средней плотности, высоковязкие с высоким содержанием серы. А в тульском горизонте – нефти с незначительной вязкостью, высоким содержанием серы и парафина, также как и в нефтях турнейского яруса.

## Библиографический список

1. Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esri-cis.ru> (Дата обращения 02.10.2021).
2. 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.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 165-167.
4. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
5. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
6. 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.

7. Курдюмова А.С. Физические и химические свойства нефтей Соликамской депрессии // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ: сб. науч. ст. по мат-м II Международ. науч. конф. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2019. С. 128–133.
8. Курдюмова А.С. Физические свойства каменноугольных отложений Соликамской депрессии // XXIV Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». Томск: Томский политехнический ун-т, 2020.
9. Курдюмова А.С. Химические свойства нефтей каменноугольных отложений Соликамской депрессии // 40-я научно-практическая конференция «Геология и полезные ископаемые Западного Урала». Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2020.
10. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия / Под ред. А.И. Кудряшова. Пермь: Книжная площадь, 2006. 218 с.
11. Митюнина И.Ю. Геоинформационные системы в геологии. Курс лекций для студентов 3-го курса геологического факультета. Пермь: ПГНИУ, 2019. 110 с.
12. Неганов В.М. Сейсмогеологическая интерпретация геофизических материалов среднего Приуралья и перспективы дальнейших исследований на нефть и газ: Монография. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 2010. 247 с.
13. Постановление о модернизации верхнего отдела пермской системы Общей (Восточно-Европейской) стратиграфической шкалы. Принято на расширенном заседании Бюро МСК 8 апреля 2005 г. СПб.: МСК, ВСЕГЕИ, 2005.
14. Решение регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы (Ленинград, 1988 г.) с региональными схемами. Рассмотрено и утв. Межвед. стратигр. комитетом 26 янв. 1989 г. Ленинград: МСК, 1990.
15. Стратиграфический кодекс. Изд. 2-е, доп. Утв. пленумом МСК 31.01.1991. – СПб: МСК, ВСЕГЕИ, 1992. 120 с.
16. Физико-химические свойства нефтей, газов и битумоидов Пермского Прикамья. Каталог / Под ред. С.А. Винниковского, А.З. Кобловой. Пермь: Пермнефть, 1974. 604 с.
17. Черепанов С.С. Исследование и совершенствование методов оценки трещиноватости карбонатных коллекторов (на примере турне-фаменских отложений Соликамской депрессии) / Дисс. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. Пермь, 2016. 111 с.

**А.А. Падерин<sup>1,2</sup>, И.И. Чайковский<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>ООО «Геотехстрой», Пермь, Россия

<sup>2</sup>Геологический факультет ПГНИУ, Пермь, Россия

<sup>3</sup>Горный институт УО РАН, Пермь, Россия

## **РАННЕДИАГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ В РАЙОНЕ Г. УСОЛЬЕ (СОЛИКАМСКАЯ ВПАДИНА)**

*В данной работе приведена структурно-вещественная характеристика медьсодержащих фаз во взаимоотношениях кластогенных минералов и минералов меди в претерпевших на разных стадиях диагенеза химические преобразования медистых песчаниках. В итоге составлена парагенетическая схема, отображающая закономерности формирования минералов в медистых песчаниках.*

*Ключевые слова: медистые песчаники, Усолье, Соликамская впадина, шешминская свита.*

**A.A. Paderin<sup>1,2</sup>, I.I. Chaikovskii<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Geotechstroy LLC, Perm, Russia

<sup>2</sup>Geological Faculty of Perm State University, Perm, Russia

<sup>3</sup>Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

## **EARLY DIAGENETIC MINERALIZATION OF CUPROUS SANDSTONES IN THE AREA OF USOLYE (SOLIKAMSK DEPRESSION)**

*This work presents the structural and material characteristics of copper-bearing phases in the relationship of clastites and copper minerals in cuprous sandstones that underwent chemical transformations at different stages of diagenesis. As a result, a paragenetic scheme was drawn up, which reflects the regularities of the formation of minerals in cuprous sandstones.*

*Key words: cuprous sandstones, Usolye, Solikamsk depression, Sheshminskaya suit.*

### **Введение**

Медистые песчаники Пермского Прикамья начали использоваться еще с энеолита (Гаринская и Ильинская археологические культуры), однако за долгую историю их исследования исчерпывающей минералогической характеристики по ним нет, как из-за мелкого размера рудных минералов, так и невыдержанности минерального состава различных проявлений. Актуален также вопрос генезиса медной минерализации, поскольку единого мнения на этот счет не существует.

В связи с актуальностью вопроса выделена цель работы: изучение вещественного состава медистых песчаников Соликамской впадины.

Для достижения цели поставлены следующие задачи: дать минералогическую характеристику медьсодержащих фаз в образцах медистых песчаников; идентифицировать минералы меди по химическому составу; изучить взаимоотношения минералов путем построения парагенетической схемы.

Медистый песчаник – это обломочная порода, песчаник или алевролит, серого или зеленовато серого цвета, сцементированный медными минералами, или содержащий налеты, корочки, конкреции медных минералов, приуроченных к растительным остаткам [5]. Богатые проявления медистых песчаников отнесены к стратиформным месторождениям, поскольку они характеризуются большой площадью распространения, устойчивыми значениями мощности и легко поддаются стратиграфическому расчленению. Основными рудными минералами являются сульфиды меди, железа, свинца, цинка и других элементов, содержание которых в медистых песчаниках зачастую позволяет рассматривать их не только как медную руду, но и как комплексную. Ученые до сих пор дискутируют на тему генезиса медистых песчаников, а гипотезы о происхождении медного оруденения могут изменяться от проявления к проявлению, однако выделить общие черты и закономерности в формировании медных руд все же представляется возможным.

Для исследования были предоставлены образцы с медной минерализацией из коллекции С.А. Самодурова, руководителя секции юных геологов ДДЮТЭ, г. Березники. Они были отобраны на правом берегу р. Камы в одном километре выше по течению от моста между Березниками и Усольем (рис. 1).



Рис. 1. Место отбора образцов для исследования (выделено черной точкой)

### **Геологическое строение**

Район исследований расположен в пределах Соликамской впадины Предуральяского краевого прогиба, структуры 1 порядка, сложенной нижнепермскими терригенно-карбонатными отложениями с прослоями каменных и калийных солей с характерной особенностью – распространением карстовых процессов и повышенной тектонической трещиноватостью [3, 4].

Описываемые в данной работе образцы относятся к шешминскому горизонту уфимского яруса нижнего отдела пермской системы (рис. 2).



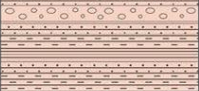
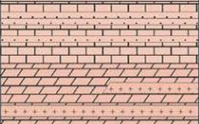
Система	Отдел	Ярус	Горизонт	Литология	Мощность, метры	Краткое литологическое описание пород
Четвертичная, Q					0-50	Глины, суглинки, пески, галечники, гравий, конгломерат, торф
	Средний, P <sub>2</sub>	Казанский, P <sub>2kz</sub>			0-275	Глины с включениями и прослоями мергелей и известняков. Песчаники с линзами конгломератов
					0-350	Переслаивание красноцветных глин, песчаников с линзами конгломератов, алевролитов; глины с включением карбонатов и сульфидов меди
	Уфимский, P <sub>1uf</sub>	Шешминский, P <sub>1ss</sub>	Соликамский, P <sub>1sl</sub>		160-280	Тонкослоистые глинистые известняки, доломиты с прослоями песчаников, алевролитов, мергели, глины с включениями и прослоями каменной соли, гипса, ангидрита

Рис. 2. Фрагмент стратиграфической колонки пермских отложений в пределах Соликамской впадины [2]

Литологически горизонт характеризуется переслаиванием красноцветных глин, песчаников с линзами конгломератов, алевролитов и глин с включением карбонатов и сульфидов меди. Несмотря на стратиграфическую близость к породам казанского и соликамского возрастов, литология в них существенно различается, что объясняется ярко выраженной фациальной принадлежностью.

### Методика и результаты исследований

Методика исследований заключалась в изучении образцов с точки зрения парагенезиса, затем интерпретации результатов микрзондового анализа.

Исследование образцов, микрофотосъемка объектов размером 10-0,1 мм проводились на стереомикроскопе Leica MZ16.

Изучение морфологии минеральных зёрен и определение химического состава минеральных фаз проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа модели VEGA 3 LMN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа.

Предварительное изучение позволило выявить три типа минерализации: вкрапленность в основной массе, сульфидные прожилки и отложения открытых трещин, которые были связаны, соответственно, с ранним и поздним диагенезом и гипергенезом.

Рассматриваемый образец представляет собой зонально окрашенный граувакковый песчаник с контактово-поровым цементом (рис. 3.1, 3.2). Вероятно, такая зональность обусловлена различной диффузионной способностью растворов при инфильтрации на стадии гипергенеза.

При исследовании поверхности аншлифа, сделанного из данного образца, было выявлено, что образец представляет собой пористую породу, состоящую в основном из обломков пород и кремней местами с сульфидным цементом, замещаемым малахитом и фольбортитом. Также присутствует карбонатный поровый цемент. В большинстве случаев поры в породе заполняют такие минералы, как кальцит, фольбортит и малахит (рис. 3.3-3.5).

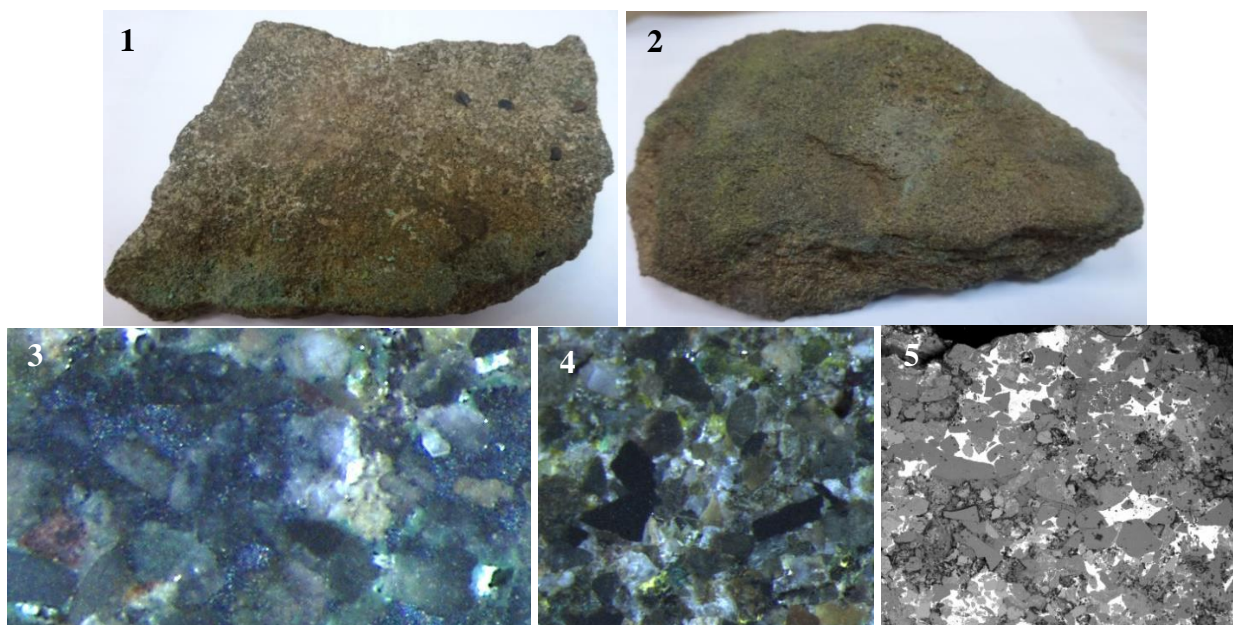


Рис. 3. Вид образца (15x10x5 см): 1, 2-внешний вид образца; 3 - обломочные зерна, цементируемые сульфидом меди темно-синего цвета; 4 - общий вид пустот, заполненных кальцитом, малахитом и фольбортитом; 5 - вещественный контраст цемента и обломочных пород (белым цветом изображен цемент)

При проведении микроскопического анализа выяснилось, что сульфид меди не просто цементирует обломочные зерна, но и замещается фольбортитом и малахитом, формируя структурную зональность (рис. 4.1, 4.2). Фольбортит представлен сростками чешуйчатых кристаллов, а сульфид – призматическими, чаще изометричными зернами. Малахит, в свою очередь, формирует гнезда в порах породы (рис. 4.3).

Химический состав сульфидов на диаграмме Cu/S-S/Cu (рис. 5) позволил идентифицировать их как дигенит ( $\text{Cu}_9\text{S}_5$ ) и спионкопит ( $\text{Cu}_{39}\text{S}_{28}$ ).

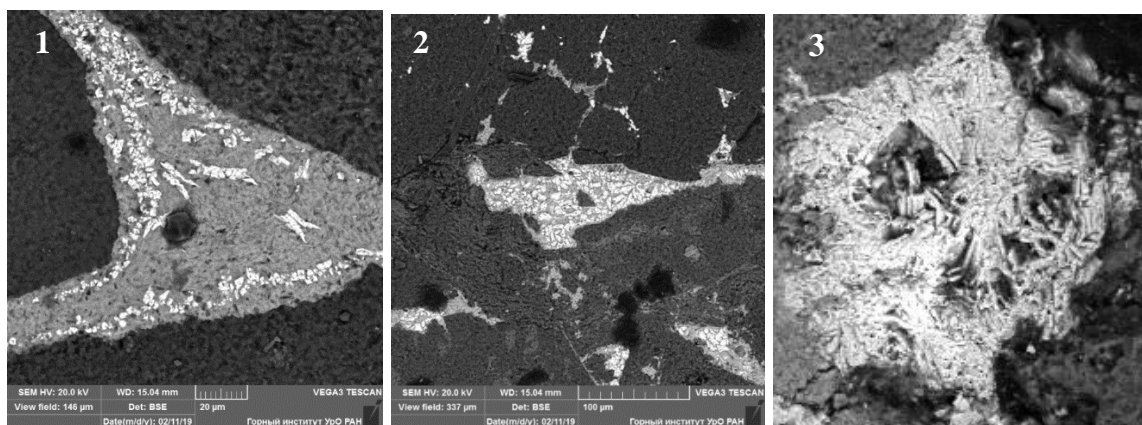


Рис. 4. Вид взаимоотношений: 1 - фольбортита и сульфида меди (сульфид – белый, фольбортит – серый); 2 - взаимоотношения сульфида меди (белый) и малахита (светло-серый); 3 - вид малахитовых гнезд

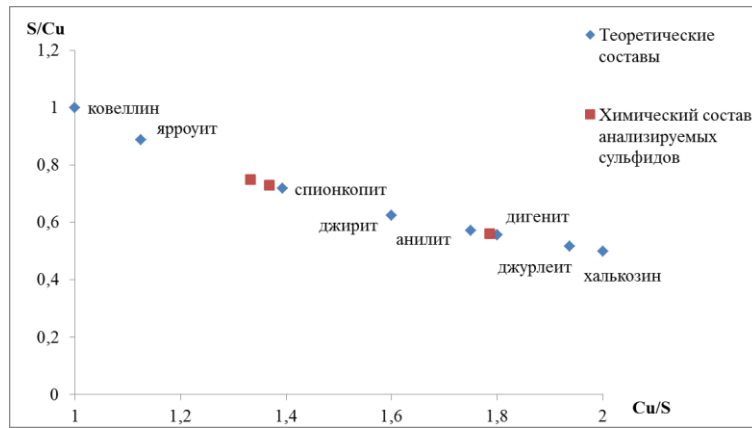


Рис. 5. Диаграмма S/Cu-Cu/S для сульфидов меди

С помощью электронного микроскопа также удалось установить, что в породе присутствуют вулканокласты, сложенные порфировыми выделениями плагиоклаза в хлоритовой массе (рис. 6.1). При проведении химического анализа удалось выяснить, что наблюдаемые плагиоклазы являются альбитом (рис. 6.2), что отражено на треугольной диаграмме альбит-ортоклаз-анортит. Состав хлорита в ассоциации в данной ассоциации, согласно номенклатуре М. Хейя, удовлетворяет составу диабантита (рис. 7).

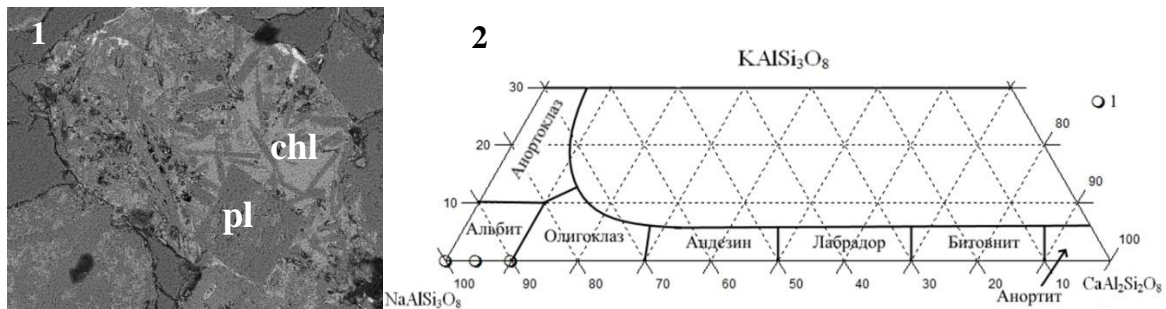


Рис. 6. 1 - вид порфировых выделений плагиоклаза (pl) в хлоритовой (chl) массе (ширина поля 0,5 мм); 2 - вариации химического состава плагиоклаза в медистых песчаниках Усоля

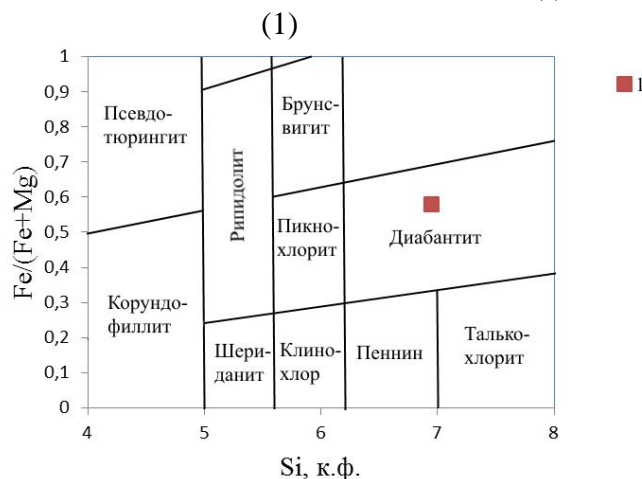


Рис. 7. Положение состава хлорита медистых песчаников Усоля (1) в классификационной диаграмме М. Хейя [7]

Помимо альбита в данном образце зафиксирован среднекремнистый цеолит – анальцит (рис. 8а). Как и в анальците Верхнекамского месторождения

[6], в нем отсутствуют какие-либо примеси, однако содержание кремния выше, как и натрия (рис. 8б). Соотношение Si/Al (рис. 9), как отмечает А.А. Годовиков [1], говорит об осадочном генезисе как анальцима медистых песчаников Усоля, так и анальцима Верхнекамского месторождения [6], в котором главную роль играют агрессивные растворы, за счет которых происходит гидролиз слоистых силикатов (в данном случае вулканокластики). В результате, первичный раствор, богатый натрием, был обогащен кремнием и алюминием, что дало основу для цеолитообразования.

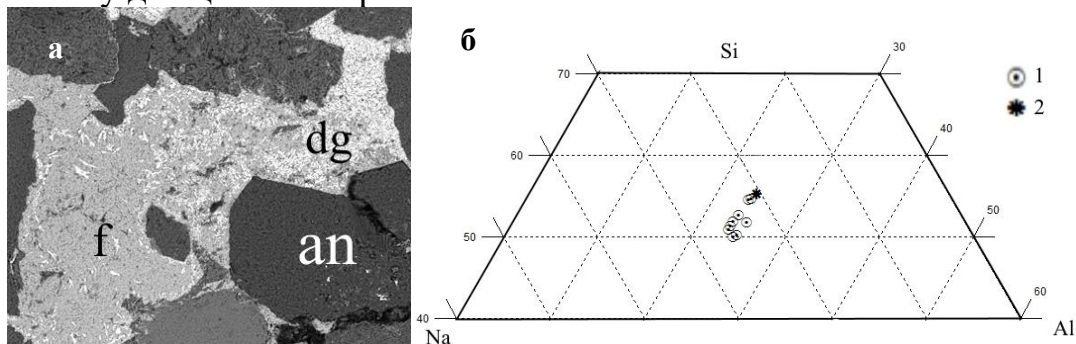


Рис. 8. а - кристалл анальцима (an) в дигенитовом (dg) цементе, частично замещенном фельдшпиром (f); б - вариации Na-Si-Al в анальциме: 1 – Верхнекамского месторождения; 2

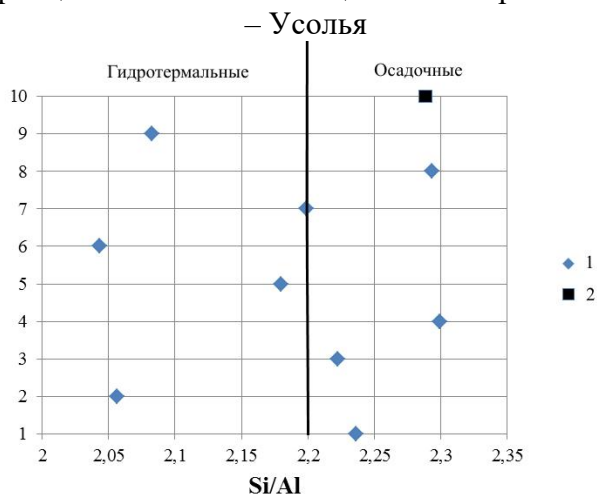


Рис. 9. Соотношение Si/Al для: 1 - анальцимов ВКМС; 2 – анальцима медистых песчаников Усоля

Среди кластогенных минералов зафиксированы хромшпинелид, титаномагнетит и эпидот (рис. 10.1-10.3). Судя по химическим анализам, рассматриваемый хромшпинелид является окисленным, и потому не укладывается в приведенную классификацию (рис. 11а), а вариация Al-Cr-Fe<sup>3+</sup> в них говорит о том, что наиболее вероятным источником сноса являются альпинотипные лерцолит-гарцбургитовые комплексы Урала.

Химический состав наблюдаемого на рис. 10.2 зерна со структурой распада относится к титаномагнетиту – промежуточному звену между ульвошпинелью и магнетитом (рис. 11б).

Эпидот в рассматриваемом образце чаще всего встречается в виде трещиноватых идиоморфных зерен, трещины которых залечены сульфидами меди, замещаемыми гипергенными минералами (рис. 10.3). Эмпирический состав минералов группы эпидота лежит в полях алланита и собственно эпидота (рис. 12).



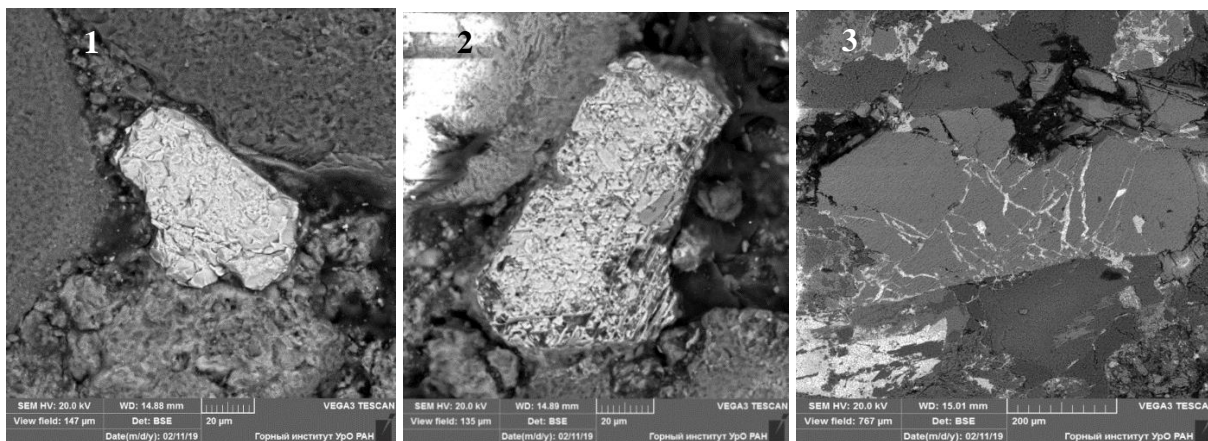


Рис. 10. Вид зерен: 1 – хромшпинелида; 2 – титаномагнетита; 3 – трещиноватого эпидота

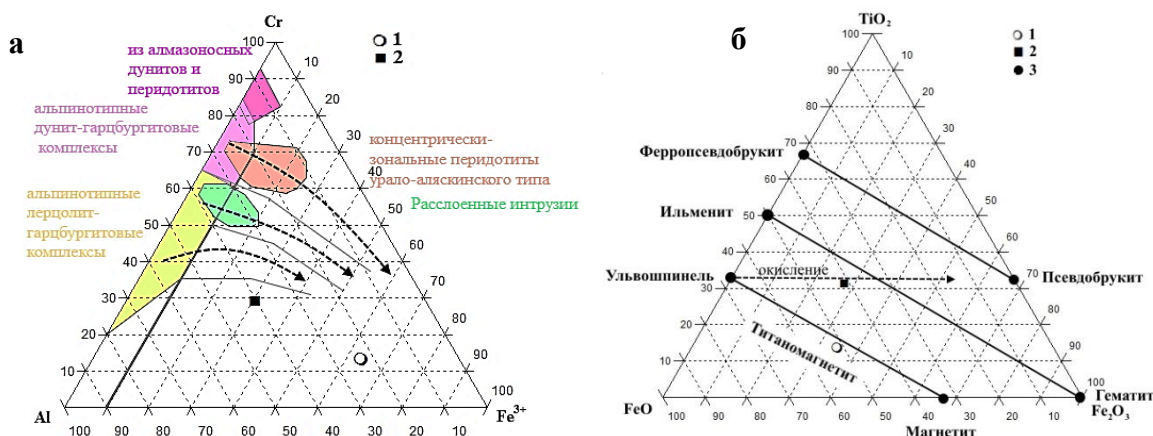


Рис. 11. а - структурно-вещественные комплексы хромшпинелидов на диаграмме Al-Cr-Fe<sup>3+</sup>; б - вариации состава титаномагнетита на диаграмме FeO-TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1 – титаномагнетит со структурой распада твердого раствора; 2 – окисленное зерно титаномагнетита; 3 – теоретические составы минералов группы эпидота)

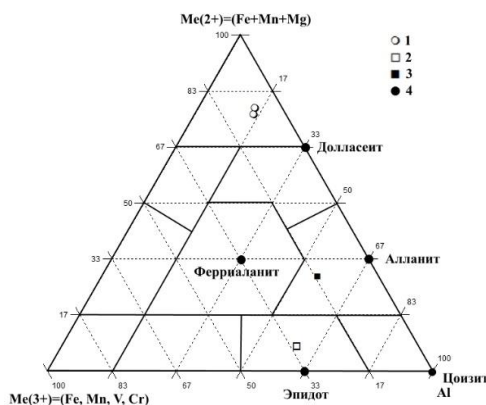


Рис. 12. Вариации состава минералов группы эпидота на диаграмме Me<sup>3+</sup>-Me<sup>2+</sup>-Al: 1,2,3 – эмпирические составы; 4 – теоретические составы

### Обсуждение результатов

Исходя из вышесказанного, в парагенезисе рассматриваемой раннедиагенетической ассоциации участвует несколько минералов: дигенит, спионкопит и анальцим. Гипергенная ассоциация представлена кальцитом, фольбортитом и малахитом.

В раннедиагенетическую стадию агрессивность растворов способствовала разложению вулканокластики с образованием анальцима, кристаллизующегося первым, о чем свидетельствуют его выделения в виде идиоморфных кристаллов. Позже за счет сульфатредукции и последующего соединения ионов меди с серой в порах осаждались нерастворимые сульфиды: дигенит и спионкопит, которые, кроме цементирования первичных обломков, могут залечивать трещины кластогенных минералов. Судя по степени окисления меди в изучаемых сульфидах, восстановительная среда сменялась на кислую, в связи с чем, первым из них осаждался дигенит, как минерал, степень окисления меди в котором меньше.

На стадии гипергенеза осаждался карбонат кальция в виде кристаллов кальцита в порах, а также фольбортит и малахит, замещающие сульфиды меди. О более раннем формировании фольбортита по отношению к малахиту можно судить по распределению полос, обогащенных этим минералами (рис. 4). В условиях, наиболее благоприятных для миграции ванадия, происходила инфильтрация и осаждение сначала фольбортита, а позже-малахита, о чем говорит наложенный характер полос малахита.

Результатом проведенного исследования является парагенетическая схема, представленная на рисунке 13.

Стадии	Раннедиагенетическая	Гипергенная
Анальцим	_____	
Дигенит	_____	
Спионкопит		_____
Кальцит		_____
Фольбортит		_____
Малахит		_____

Рис. 13. Парагенетическая схема

### **Библиографический список**

1. Годовиков А.А. *Минералогия*. М.: Недра, 1983 647 с.
2. Голубев Б.М. и др. *Комплексный научный анализ результатов геологических исследований на территории Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС)*. Пермь, Фонды ПермНИПИнефть. 1998.
3. Копылов И.С. *Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 5.
4. 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.
5. Харитонов Т.В. *Медеплавильные заводы пермского края (XVII-XIX вв.)*. Пермь, 2011. 43 с.
6. Чайковский И.И., Чайковская Е.В. *Анальцим Верхнекамского месторождения солей // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2013): Материалы минералогического семинара с международным участием*. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 154-157.
7. Ней М. Н. *A new review of the chlorites. / Mineral. Mag.* 30, 277, 1954.

**А.В. Сюзев<sup>1,2</sup>, Н.С. Санникова<sup>1</sup>, К.А. Равелев<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>НОЦ Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений, Пермь, Россия

<sup>2</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь Россия,  
*Kirill.Ravelev@pstu.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ОХВАТА НЕФТЯНОГО ПЛАСТА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГОСЯ СИЛЬНОЙ СТЕПЕНЬЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ**

*В рамках настоящей научно-исследовательской работы рассмотрены проблемы разработки башкирско-серпуховской залежи одного из месторождений Пермского края, заключающиеся в низком охвате пласта текущей системой заводнения и преждевременной обводненности, а также в отставании добычи нефти от плановых значений. При изучении данного объекта выявлено, что рассматриваемый объект обладает очень сильной степенью геологической неоднородности, обусловленной высокой анизотропией геолого-физических свойств как по латерали, так и по площади распространения данной залежи. При анализе разработки установлено, что данная особенность является ключевым фактором возникновения приведенного ряда проблем, которую необходимо учитывать при выборе способа воздействия на пласт. С целью решения данных проблем авторами проведен обзор потенциальных технологий, по результатам которого определена перспективная возможность внедрения циклического заводнения на рассматриваемом объекте, не требующая значительных операционных и капитальных затрат и обладающая высокой эффективностью по ряду изученных работ. Оценка целесообразности применения данной технологии выполнена с использованием гидродинамического моделирования в программном продукте Tempest MORE. Результаты данных расчетов отражают эффективность внедрения данной технологии, демонстрирующую решение существующих проблем разработки целевого объекта.*

*Ключевые слова: карбонатный коллектор, геологическая неоднородность, охват пласта заводнением, нестационарное заводнение, гидродинамическое моделирование.*

**A.V. Syusev<sup>1,2</sup>, N.S. Sannikova<sup>1</sup>, K.A. Ravelev<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Research and Education Center for Geology and Development of Oil and Gas Fields, Perm, Russia

<sup>2</sup>Perm Polytechnic University, Perm, Russia

## **RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE MEASURE TO INCREASE THE ROOM REACH, CHARACTERIZED BY A STRONG DEGREE OF GEOLOGICAL INHOMOGENEITY**

*In this paper, the problems of the development of the Bashkir-Serpukhovian deposits of one of the fields of the Perm Krai are considered, which consist in low coverage of the reservoir with the current waterflooding system and premature water cut, as well as in the lag of oil production from the planned values. When studying this object, it was revealed that the object under consideration has a very strong degree of geological heterogeneity due to the high anisotropy of geological and physical properties both laterally and along the area of distribution of this deposit. When analyzing the development, it was found that this feature is a key factor in the appearance of the given number of problems, which must be taken into account when choosing a method of stimulating the formation. In order to solve these problems, the authors conducted a review of potential technologies, based on the results of which a promising possibility of introducing cyclic waterflooding at the object under consideration was determined, which does not require significant operating and capital costs and has high efficiency in a number of studies studied. The assessment of the feasibility of using this technology was carried out using hydrodynamic modeling in the Tempest MORE software product. The results of these calculations reflect the effectiveness of the implementation of this technology, demonstrating the solution of the existing problems of the development of the target object.*

*Key words: carbonate reservoir, geological heterogeneity, reservoir coverage by waterflooding, non-stationary waterflooding, hydrodynamic modeling.*

На сегодняшний день в нефтегазовой отрасли большинство «активных» запасов нефти выработано в большей степени, вследствие чего в разработку активно вводятся трудноизвлекаемые запасы [9]. К данным запасам относятся и карбонатные коллектора, которые имеют ряд особенностей. Для такого типа коллектора характерно наличие трещин и высокая анизотропия свойств [6]. Интерес к разработке данных объектов обуславливается тем, что в них залегают огромные запасы углеводородного сырья.

При изучении месторождений нефти Пермского края установлено, что в карбонатных коллекторах залегают 60 % остаточных извлекаемых запасов, что обращает такое высокое внимание у нефтедобывающих компаний [3]. Также вследствие данного факта наблюдается тенденция роста научно-исследовательских работ в области разработки данных объектов, усовершенствования систем разработки, повышения эффективности методов увеличения нефтеотдачи с целью достижения коэффициента извлечения нефти и его повышения [2, 7]. На основании этого, авторами также проявлен интерес к данной теме, которая рассматривается в настоящей работе.

Стоит отметить достижения Пермского края в нефтегазовой отрасли, которая имеет четкую установленную структуру, обладающую высокой эффективностью работы с начала поиска и разведки месторождений и заканчивая переработкой добываемого сырья. Данные достижения наблюдаются уже не один десяток лет, в течение периода разработки нефтяных и газовых месторождений Пермского края исследования и изучения повышаются в своей сложности и, следовательно, ценности, позволяя решать нестандартные проблемы и создавать уникальные продукты. За всем этим стоит большое количество ученых, инженеров, IT-специалистов, опыт и знания которых пользуются широким спросом по всей Российской Федерации и за ее пределами.

В рамках данной научно-исследовательской работы рассмотрена башкирско-серпуховская нефтяная залежь одного из месторождений Пермского края. Данный объект находится на третьей стадии разработки, и стоит отметить, что недропользователь обладает полным пакетом информации о нем, другими словами, полностью изучено геологическое строение залежи, исследованы физико-химические процессы, протекающие в ней при эксплуатации, имеется уточненная геолого-физическая характеристика объекта и т.д. Однако, данные материалы не позволяют добиться совершенной разработки данной залежи.

При анализе разработки башкирско-серпуховского объекта отмечается большой ряд проблем, к основным из которых относится высокая преждевременная обводненность добываемой продукции и недостижение плановых значений добычи, утвержденных в действующем проектом документе. При изучении графика разработки, начиная с 2014 года, наблюдается превышение обводненности продукции над отбором от начальных извлекаемых запасов, что свидетельствует о неэффективности существующей системы разработки.

На текущий момент остаточные извлекаемые запасы составляют почти половину от начальных, что повлияло на необходимость исследования данного объекта в настоящей работе. При сохранении текущего варианта разработки существует вероятность усугубления проблем, выявленных на сегодняшний день. Необходимо обратить внимание на то, что большая часть добывающего фонда скважин работает с обводненностью более 50 %. В рамках углубленного анализа разработки рассматриваемого объекта выявлены низкий охват залежи текущей системой поддержания пластового давления, наличие недренируемых зон, при этом эксплуатационный фонд полностью разбурен. Также отмечается, что при повышении объемов закачки рабочего агента в нагнетательные скважины наблюдается резкий рост процента воды в добываемой продукции. Данные проблемы непосредственно связаны с некорректным внедрением системы поддержания пластового давления вследствие грубой недоученности геологических особенностей башкирско-серпуховской залежи.

При изучении башкирско-серпуховской залежи целевого месторождения определено, что объединение пластов в один эксплуатационный объект обусловлено единым водонефтяным контактом, одинаковым типом коллектора, близкими фильтрационно-емкостными свойствами и схожестью физико-химических свойств флюидов. Коллекторы серпуховского пласта представлены известняками биоморфными и доломитами светло-серыми, преимущественно водорослевыми, башкирского – известняками серыми и темно-серыми биоморфными, преимущественно водорослевыми, в различной степени доломитизированными, прослоями глинистыми и неравномерно пористыми. Необходимо отметить, что при последнем проведенном анализе выявлена низкая выработка начальных извлекаемых запасов серпуховского пласта.

При среднестатистическом анализе данных геофизических исследований скважин и результатов лабораторных экспериментов отмечается асимметричное распределение проницаемости, смещенное в область невысоких значений. Более  $\frac{3}{4}$  коллектора имеет проницаемость менее 25 мД, коэффициент пористости изменяется в достаточно широких пределах (от 8 до 17 %). Так же необходимо отметить показатели неоднородности: коэффициент расчлененности изменяется от 1 до 27 ед., коэффициент песчаности – 0,4-0,55 д.ед. По данным геофизических исследований скважин и керна значение нефтенасыщенности изменяется от 63 до 75 %. Для анализа распределения эффективной нефтенасыщенной толщины построена диаграмма на основании исследований эксплуатационного фонда скважин, представленная на рис. 1.

Как видно на представленной диаграмме, эффективная нефтенасыщенная толщина варьируется также в широких пределах, встречаемость практически равновероятна в указанных диапазонах. Помимо этого, авторами выполнен анализ зависимости данных значений толщин от годовой добычи нефти по скважинам, по результатам которого отмечается слабая связь между данным параметрами, коэффициент корреляции составляет 0,4.

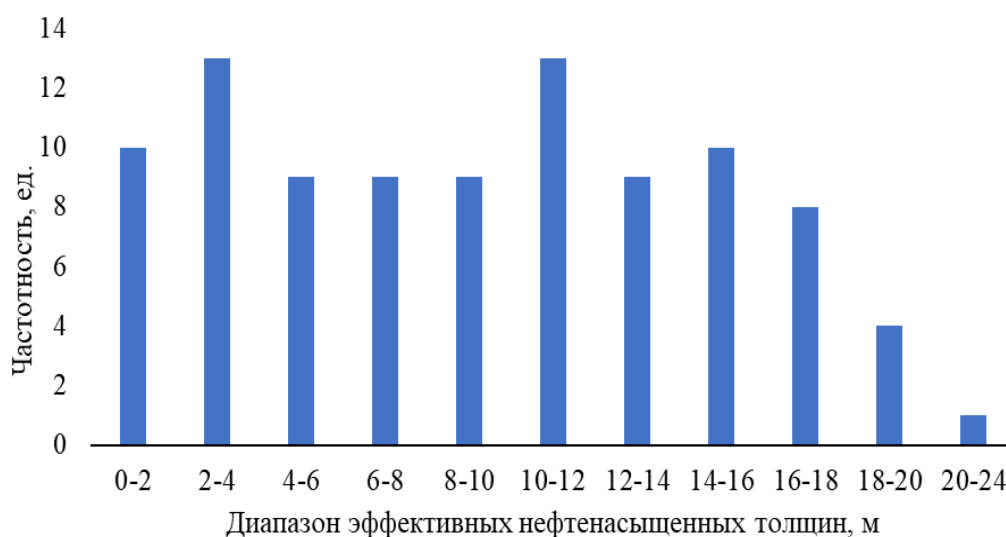


Рис. 1. Гистограмма распределения эффективных нефтенасыщенных толщин

На базе представленных материалов о рассматриваемом башкирско-серпуховском объекте можно сделать заключение о сильной степени его геологической неоднородности, которая, главным образом, обуславливает ряд существующих проблем его разработки. Данное обстоятельство подчеркивает эффект преждевременного обводнения и рост обводненности добываемой продукции при увеличении объемов закачки, поскольку закачиваемая вода распределяется неравномерно и прорывается к добывающим скважинам по наиболее промытым зонам. Вследствие этого наблюдается запоздалый эффект вытеснения нефти из малопроницаемых прослоев, либо абсолютная не вовлеченность данных запасов.

Таким образом, неоднородность разрабатываемого объекта является главным фактором низкого охвата залежи текущей системой заводнения, что свидетельствует о необходимости учета данного фактора при организации системы разработки в целом. На основании выявленной проблемы авторами сделано решение о целесообразности внедрения технологии, обеспечивающей площадное воздействие в целях повышения охвата залежи и извлечения нефти из малопроницаемых и недренируемых зон.

При анализе научных работ [4, 8], направленных на решение поставленной проблемы с демонстрацией значительных эффектов, определено, что перспективным вариантом является закачка полимерных соединений через систему поддержания пластового давления, а также высоким потенциалом обладает водогазовое воздействие. Однако данные методы являются очень дорогостоящими и технологически сложными в исполнении. По ряду других источников [1, 5] установлено, что эффективный метод решения существующей проблемы имеет название «циклическое заводнение». Данный метод нестационарного заводнения не требует значительных капитальных и операционных вложений. Помимо этого, перспектива его внедрения очень высока в связи с тем, что на данном объекте для закачки в пласт используются поверхностные воды с недалеко расположенной реки.

Принцип метода нестационарного воздействия на пласт, обладающий

геологической неоднородностью, заключается в создании знакопеременного перепада давления в разных зонах пласта в течение определенного времени за счет периодических остановки и возобновления закачки рабочего агента или отбора нефти. Под действием знакопеременных перепадов давления происходит перераспределение флюидов в неравномерно насыщенном пласте, направленное на выравнивание насыщенности и устранение капиллярного неравновесия на контакте нефтенасыщенных и заводненных зон, слоев, участков. Возникновение знакопеременных значений давления между слоями разной насыщенности способствует ускорению капиллярной, противоточной пропитки водой нефтенасыщенных зон, другими словами, внедрению воды из заводненных зон в нефтенасыщенные по мелким порам и перетоку нефти из нефтенасыщенных зон в заводненные по крупным поровым каналам.

В результате циклической закачки в пласте периодически проходят волны повышения и понижения давления. Слои и участки малой проницаемости, насыщенные нефтью, обладают низкой пьезопроводностью, обуславливая низкую скорость распространения давления в них по сравнению с высокопроницаемыми промытыми зонами. В связи с этим между нефтенасыщенными и заводненными зонами возникают различные по знаку перепады давления. При повышении давления в пласте, то есть при увеличении закачки воды или снижении отбора пластовой жидкости, возникают положительные перепады давления, соответствующие росту давления в заводненных зонах и его снижению в нефтенасыщенных. При снижении объемов нагнетания воды отмечается обратная ситуация.

В целях обоснования целесообразности внедрения технологии циклической закачки на башкирско-серпуховском объекте рассматриваемого месторождения авторами запланирована серия гидродинамических расчетов. В качестве инструмента моделирования использован гидродинамический симулятор Tempest MORE, с помощью которого выполнены операции создания алгоритма изменения режимов работы нагнетательных скважин через заданные промежутки времени. Для реализации данной идеи использована актуальная геолого-гидродинамическая модель, адаптированная на июль 2021 года. Внешний вид гидродинамической модели целевого объекта на примере куба нефтенасыщенности по состоянию на момент конечной адаптации представлен на рис. 2.

В соответствии с последним действующим проектным документом разработка данной залежи планируется до 2091 года включительно. Вследствие этого, все прогнозные расчеты выполнены до данного момента окончания разработки.

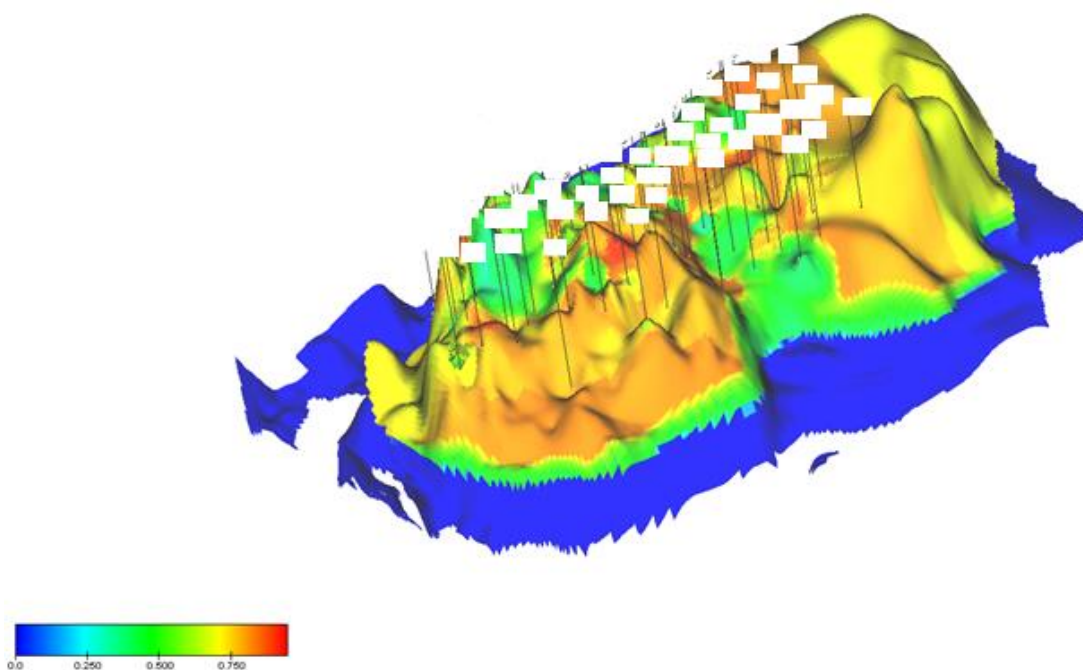


Рис. 2. Внешний вид гидродинамической модели объекта Бш-Срп рассматриваемого месторождения на примере куба нефтенасыщенности по состоянию на 01.07.2021

По окончании изучения существующих технологий циклической закачки рабочего агента авторами решено рассмотреть три варианта продолжительности полуцикла, равному промежутку времени простоя нагнетательных скважин или их работы. Данным вариантам соответствуют полуциклы 10, 30 и 60 дней. Как определено авторами, в гидродинамическую модель внедрение технологии заложено на 1 января 2022 года, начиная с остановки скважин.

По результатам проведенных расчетов циклической закачки в гидродинамическом симуляторе получено, что основные показатели разработки не отличаются друг от друга на значительную величину, сравнивая между собой варианты с различными периодами полуцикла. Единственные отличия отмечаются в средневзвешенном давлении в углеводородной фазе, поскольку модель очень чувствительна и дает четкое представление о снижении и повышения давления в периоды отключения и возобновления работы нагнетательных скважин соответственно. Увеличение продолжительности полуцикла приводит к повышению амплитуды данных значений. На основании полученных незначительно отличающихся результатов и анализа опыта реализации данной технологии авторами сделан вывод, что рациональное время полуцикла соответствует 30 суткам.

С целью оценки эффективности внедрения предлагаемой технологии проведен анализ результатов расчета основных показателей разработки в сравнении с результатами по базовому варианту. Динамика изменения данных показателей в соответствии с базовым и предлагаемым вариантами представлена на рис. 3.



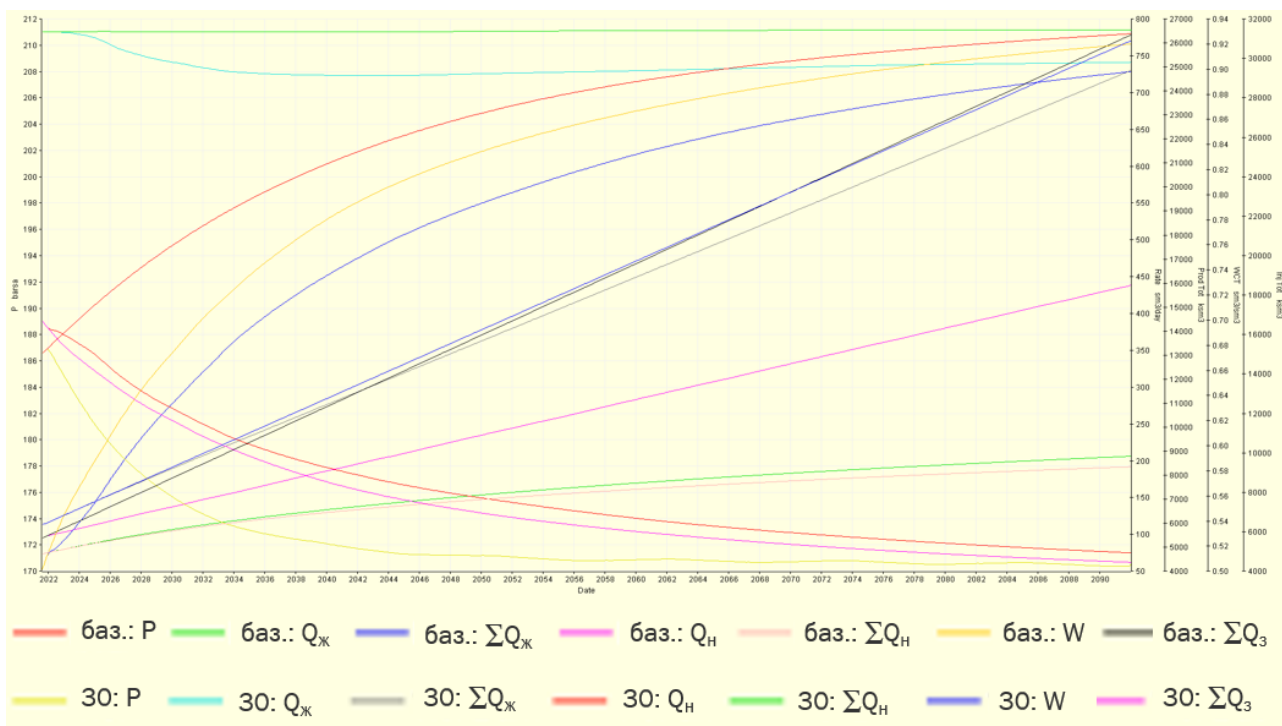


Рис. 3. Динамика изменения основных показателей разработки по базовому и предлагаемому вариантам до 01.01.2092

Изучив базовый вариант и предложенный вариант циклической закачки 30/30, можно сделать вывод, что указанные выше проблемы рассматриваемого объекта решаются внедрением предлагаемой технологии. Уровень добычи нефти незначительно повышается и к 1 января 2092 года превышает на 439 тыс. м<sup>3</sup>, что характеризует эффективность данной технологии. Также необходимо отметить, что добыча жидкости снижается в процессе разработки с циклическим заводнением, соответственно обводненность добываемой продукции также уменьшается. Стоит указать на снижение среднего давления в углеводородной фазе в связи с уменьшением объемов закачиваемого агента, однако данное снижение не является существенным и не приводит к ухудшению разработки объекта, поскольку давление снижается на 1,7 МПа по сравнению с его значением в момент начала применения технологии циклического заводнения. На период окончания разработки среднее давление в углеводородной фазе при предлагаемом варианте составит 17 МПа, что выше давления насыщения нефти газом. Помимо этого, необходимо отметить, что авторами проанализированы линии тока, отражающие их расширение по площади залежи по сравнению с базовым вариантом.

В соответствии с результатами проведенных расчетов, можно сделать вывод о достижении технологической эффективности применения технологии нестационарного воздействия, обеспечивающей увеличение охвата залежи путем создания знакопеременных перепадов давления между малопроницаемыми нефтенасыщенными зонами и высокопроницаемыми промытыми областями. При внедрении циклического воздействия на башкирско-серпуховской залежи рассматриваемого месторождения отмечается улучшение основных показателей разработки, в частности, рост добычи нефти,

уменьшение отборов воды и, следовательно, снижение обводненности. Данные показатели характеризуют совершенствование текущей системы заводнения, при этом без каких-либо финансовых, трудовых затрат.

В заключение данной работы необходимо отметить эффективность предлагаемой технологии, заключающейся в циклическом заводнении пласта, обладающего сильной степенью геологической неоднородности, обоснованной в настоящем исследовании. При внедрении данной технологии на башкирско-серпуховском объекте целевого месторождения обеспечивается решение текущей проблемы, связанной, в первую очередь, с низким охватом пласта системой поддержания пластового давления, приводящем к ряду остальных осложнений добычи. Эффективность ее внедрения обосновывается результатами расчетов в гидродинамическом симуляторе на уточненной модели объекта. Итоги данной работы могут послужить примером для других месторождений, обладающих аналогичной проблемой, а также эта работа подтверждает необходимость учета геологических особенностей и детального и всестороннего их изучения при проектировании систем разработки объектов.

### **Библиографический список**

1. Малышева М.А. Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты // *Форум молодых ученых*. 2018. №. 6-2. С. 577-582.
2. Мастин А.В. Методы интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи башкирского пласта Аряжского месторождения // *Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых*. 2015. №. 1. С. 134-137.
3. Новиков В.А. Методика прогнозирования эффективности матричных кислотных обработок карбонатов // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело*. 2021. Т. 21. №. 3. С. 137-143.
4. Хижняк Г.П., Амиров А.М., Гладких Е.А., Кишмирян А.П., Потаскуев М.А. Эффективность применения водогазовых смесей для повышения нефтеотдачи и перераспределения фильтрационных потоков // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело*. 2016. Т. 15. №. 18. С. 42-52.
5. Шадрина М.А., Козлова И.А. Обоснование применения циклического заводнения башкирской залежи Сухобизьярского поднятия Баклановского месторождения // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело*. 2012. №. 3. С. 39-44.
6. Шарф И.В., Борзенкова Д.Н. Трудноизвлекаемые запасы нефти: понятие, классификационные подходы и стимулирование разработки // *Фундаментальные исследования*. 2015. Т. 16. №. 2. С. 3593-3597.
7. Эпов И.Н., Зотова О.П. Потокоотклоняющие технологии как метод увеличения нефтеотдачи в России и за рубежом // *Фундаментальные исследования*. 2017. Т. 4. №. 12. С. 806-810.
8. Lee Y., Lee W., Jang Y., Sung W. Oil recovery by low-salinity polymer flooding in carbonate oil reservoirs // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2019. Vol. 181. P. 106211.
9. Vishnumolakala N., Zhang J., Ismail N.B. A Comprehensive Review of Enhanced Oil Recovery Projects in Canada and Recommendations for Planning Successful Future EOR projects // *SPE Canada Heavy Oil Conference. OnePetro*, 2020.

## **ИЗУЧЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ НЕВЬЯНСКОГО РАЙОНА**

*Проведено изучение минералогического состава россыпей Невьянского района Свердловской области. Изучены шлиховые пробы золотоносных отложений россыпи Белая. Проведены экспериментальные исследования вещественного состава шлихов с применением микроскопического анализа. Определены особенности минерального состава каждого металлоносного горизонта.*

*Ключевые слова: золото, шлиховые пробы, минералогический состав, россыпь Белая, Средний Урал.*

**K.V. Fedoseev**

Perm State University, Perm, Russia

## **STUDY OF GOLD-BEARING PLACERS NEVYANSKY DISTRICT**

*The study of the mineralogical composition of placers in the Nevyansk region of the Sverdlovsk region was carried out. Schlich samples of gold-bearing deposits of the Belaya placer were studied. Experimental studies of the material composition of concentrates were carried out using microscopic analysis. The features of the mineral composition of each metal-bearing horizon were determined.*

*Key words: gold, schlich samples, mineralogical composition, Belaya placer, Middle Urals.*

### **Введение**

Недооценка перспективности некоторых россыпей по содержанию золота происходит из-за недостаточной достоверности данных геологоразведочных работ при массовом опробовании золотосодержащих проб, вскрытых для разработки полигонов, а также из-за недооценки общей сырьевой базы россыпного золота по району.

Актуальность исследований заключается в общей перспективности территории Среднего Урала по геологическим предпосылкам на золотоносность [2-5, 10], а также перспективность Невьянских россыпей для промышленной добычи золота [7].

Цель: изучение минералогического состава россыпи Белая по образцам шлиховых проб.

Задачи: обобщить данные по геологическому строению и золотоносности россыпи Белая; собрать данные по минералогическому составу рассматриваемой территории; изучить и описать образцы шлиховых проб; выявить закономерности изменения минералогического состава образцов шлиховых проб по геологическому разрезу.

Объект исследований – золотоносная россыпь Белая входит в группу Невьянских россыпей и расположена на восточном склоне Среднего Урала, в бассейне верхнего течения р. Нейва на территории Невьянского городского округа Свердловской области (рис. 1).




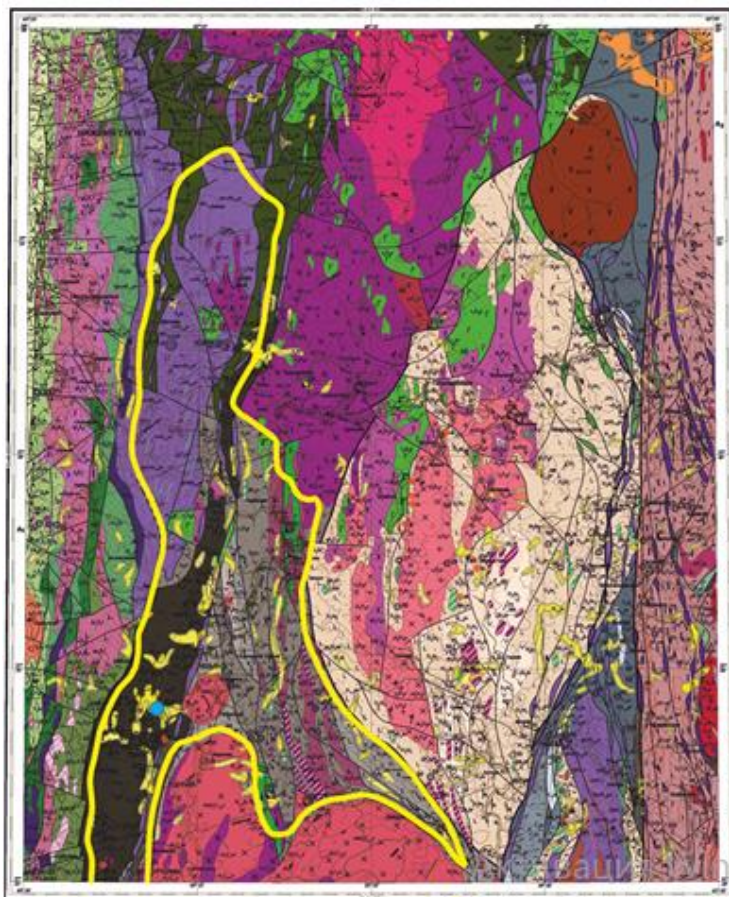
 Район проведения работ, россыпь «Белая»

Рис. 1. Обзорная схема района исследований на физической карте Свердловской области [8]

### **Геологическое строение**

По геологическому районированию россыпь Белая находится в зоне остаточных гор восточного склона, в пределах Невьянско-Канутровской эрозионно-структурной депрессии, а в более узком плане приурочена к Шуралинско-Столбянской реликтовой долине среднеюрского возраста. Россыпь приурочена к плоскому водоразделу рек Нейвы и Сев. Шуралки и проявляется в современном рельефе лишь незначительными ямными старательскими отработками.

В геологическом строении месторождения принимают участие эффузивно-осадочные породы верхнесилурийско-нижнедевонского возраста, перекрытые чехлом мезокайнозойских отложений; последние вмещают толщу золотоносных осадков и представляют собой объект изучения (рис. 2) [7].



● - место отбора проб                      ~~~~~ - район исследований

Рис. 2. Геологическая карта района исследований, масштаб 1:400000 (ГГК-200 (О-41-ХІХ), 2001) [1]

Согласно тектонической схеме И.Д. Соболева (1996) описываемый район располагается на сочленении двух структур I порядка: Тагило-Магнитогорского прогиба и Восточно-Уральского поднятия. В рассматриваемой части Тагило-Магнитогорский прогиб представлен восточным крылом Тагильского мегасинклинория, осложненного структурой III порядка (Шуралинская синклиналь) (рис. 3) [5, 7]. Район характеризуется повышенной геодинамической активностью и неотектонической трещиноватостью [2, 6].

На месторождении в пределах толщи рыхлых образований выделяется 10 литолого-стратиграфических горизонтов.

По металлоносности толща разделяется на 4 горизонта: юрский, верхнеолигоценый, неогеновый и четвертичный. Из них наибольшей продуктивностью отличаются верхнеолигоценый и четвертичный (по 37%), неогеновый горизонт заключает 14% запасов золота, юрский 12% (рис. 4) [9, 10].



Рис. 3. Структурно-тектоническая схема с условными обозначениями (ГГК-200 (О-41-ХІХ), 2001) [1]

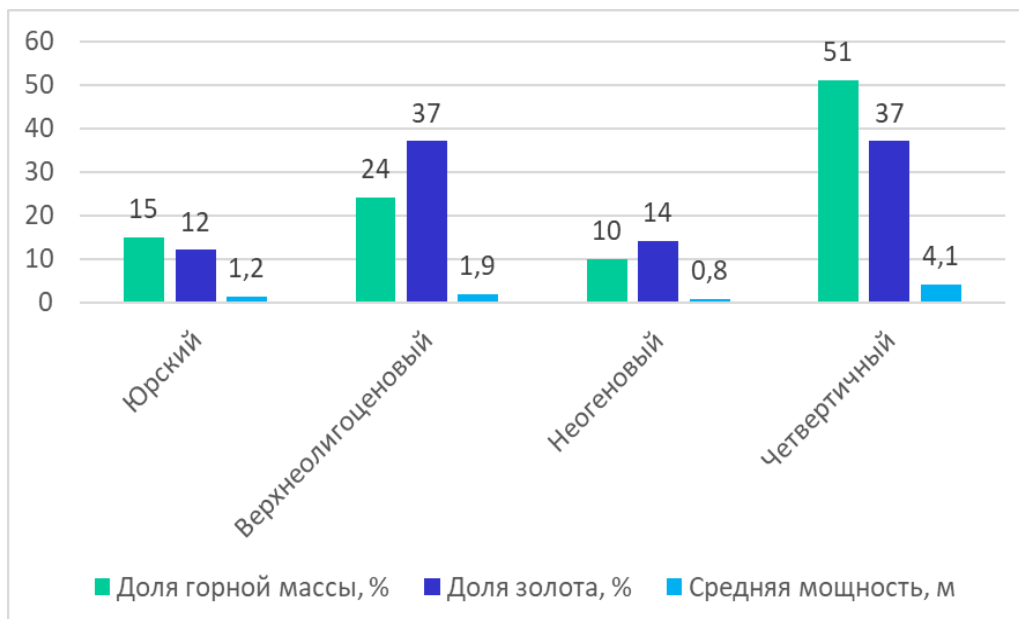


Рис.4. График распределения золота по металлоносным горизонтам

### Методика и результаты исследований

Минералогический состав отложений определяется на основании изучения шлихов, полученных при обработке керновых проб, в минералогической лаборатории УТГУ; всего выполнено 28 анализов. Обобщение результатов произведено по отдельным литолого-стратиграфическим горизонтам, соответствующим основным металлоносным горизонтам (табл. 1) [7].

Таблица 1

## Сводные результаты минералогического анализа шлихов

Наименование минералов	Средний выход минералов г/м <sup>3</sup> , %				Среднее по месторождению
	Металлоносные горизонты				
	Юрский	Верхне-олигоценый	Неогеновый	Четвертичный	
Кварц	74,3/57,82	92,3/58,2	127,5/68,37	35,7/29,14	62,20/44,37
Карбонат	12,1/9,42	-	0,5/0,27	-	1,86/1,44
Хромит	10,7/8,33	6,7/4,2	2,5/1,34	5,0/4,08	6,0/4,46
Циркон	4,3/3,35	6,3/4,0	0,5/0,27	1,1/0,9	2,76/1,95
Лимонит	4,0/3,27	33,3/21,0	8,5/4,56	1,6/1,81	10,26/6,66
Гематит	2,2/1,7	2,7/1,7	6,0/3,21	5,1/4,16	4,18/3,11
Эпидот	2,4/1,87	2,0/1,3	1,5/0,8	37,3/30,46	19,99/16,2
Марганцевые образования	0,6/0,46	0,3/0,2	1,5/0,8	2,6/3,12	1,54/1,23
Магнетит	0,6/0,46	-	-	1,3/1,06	0,75/0,61
Полевой шпат	0,6/0,46	-	-	1,7/1,39	0,96/0,77
Лейкоксен	0,2/0,16	-	-	-	0,03/0,02
Пироп	0,2/0,16	-	-	-	0,03/0,02
Рутил	0,1/0,06	-	-	0,1/0,06	0,07/0,05
Соссюрит	0,1/0,06	-	-	0,1/0,06	0,07/0,05
Маггемит	-	-	-	0,3/0,24	0,15/0,12

В тяжелой фракции в отложениях различного возраста наиболее распространенными являются эпидот (16,2%), лимонит (6,66%), хромит (4,46%), циркон (1,95%), образовавшиеся за счет эрозии кор выветривания порфириров. В количестве менее 1% встречаются полевой шпат (0,77%), магнетит (0,61%), маггемит (0,12%), рутил (0,05%), соссюрит (0,05%), лейкоксен (0,02%), пирит (0,02%).

В наиболее древних – юрских и палеогеновых отложениях в тяжелой фракции шлихов повышена встречаемость устойчивых к выветриванию минералов: циркона в 4-6 раз по сравнению с четвертичными осадками, кварца в 2 раза, хромита в 2 раза; рутил, лейкоксен встречены в заметных количествах только в древних отложениях.

Неустойчивые минералы, напротив значительно преобладают в четвертичных отложениях: так в голоцене встречаемость эпидота в 15 раз выше по сравнению с юрскими и палеогеновыми осадками, амфиболы и мартит встречаются только в голоценовых осадках.

В целом качественный состав минералов в различных горизонтах однообразен, что объясняется формированием отложений исключительно за счет местных пород. Минералы встречаются в виде угловатых, округлых и неправильных зерен. Окатанность, в основном, несовершенная или слабая.

Выход тяжелой фракции в целом низкий, в среднем по отелным литолого-стратиграфическим горизонтам колеблется от 122,5 до 186,5 мг/м<sup>3</sup>. В связи с низким выходом шлиха и небольшим содержанием в нем ценных минералов (циркона, рутила) подсчет запасов их не производился [7].

Автором были отобраны шлиховые пробы каждого из 4 основных металлоносных горизонтов. Был проведен минералогический анализ, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты минералогического анализа шлихов

Наименование минералов	Среднее содержание минералов в шлихах ед., %			
	Металлоносные горизонты			
	Юрский	Верхне-олигоценый	Неогеновый	Четвертичный
Магнетит	1,8/0,5	-	-	2,3/1,4
Лимонит	6,7/3,7	30,0/15,4	8,5/5,6	1,8/1,8
Хромит	10,7/9,6	6,7/5,1	2,5/1,7	5,0/5,6
Гематит	2,8/2,0	2,7/2,1	6,0/4,0	7,2/5,8
Эпидот	2,4/2,1	2,0/1,5	1,5/1,0	37,3/41,7
Рутил	0,7/0,1	-	-	1,0/0,2
Пироксен	6,9/3,9	6,3/4,9	1,0/0,3	2,7/1,3
Лейкоксен	1,0/0,2	-	-	-
Пирит	1,0/0,2	-	-	-
Маргит	-	-	-	2,0/0,3
Маггемит	-	-	4,0/2,6	1,0/0,2
Кварц	74,2/66,4	92,3/71,0	127,5/84,4	35,7/40,0
Полевой шпат	2,3/0,4	-	-	4,0/1,9
Соссюрит	1,0/0,1	-	-	-
Карбонат	21,4/10,8	-	1,0/0,3	-

Было выявлено, что в юрских отложениях содержатся: кварц (66,4%), карбонат (10,8%), хромит (9,6%), пироксен (3,9%), лимонит (3,7%) и другие минералы содержание которых колеблется в интервале от 0,1 до 2,1%. В палеогеновых отложениях содержатся: кварц (71,0%), лимонит (15,4%), хромит (5,1%), пироксен (4,9%), гематит (2,1%) и эпидот (1,5%). В неогеновых отложениях содержатся: кварц (84,4%), лимонит (5,6%), гематит (4,0%), маггемит (2,6%), хромит (1,7%), эпидот (1,0%) и другие минералы содержание которых менее 1%.

Преобладание в этих отложениях устойчивых минералов говорит о многоэтапном процессе формирования россыпи, и неоднократном переотложении золота.

В четвертичных отложениях содержатся: эпидот (41,7%), кварц (40,0%), гематит (5,8%), хромит (5,6%) и другие минералы содержание которых не превышает 1,9%. Преобладание эпидота в четвертичных отложениях по сравнению с более древними означает, что в молодых отложениях повышена встречаемость неустойчивых к выветриванию минералов, что может свидетельствовать о прекращении формирования россыпи.



## **Обсуждение результатов**

В результате исследований установлено, что в юрских, палеогеновых и неогеновых отложениях россыпи Белая преобладают устойчивые к выветриванию минералы такие как кварц, хромит и др. В четвертичных отложениях преобладают неустойчивые к выветриванию минералы, например, эпидот.

При сопоставлении минералогического состава отложений и их золотоносностью были получены следующие закономерности:

В наиболее древних – юрских и палеогеновых отложениях в тяжелой фракции шлихов повышена встречаемость устойчивых к выветриванию минералов: циркона в 4-6 раз по сравнению с четвертичными осадками, кварца в 2 раза, хромита в 2 раза. Данный горизонт является наиболее продуктивным на месторождении. Доля палеоген-юрского горизонта в балансе запасов россыпи составляет по горной массе 39%, по металлу 49%

В неогеновом горизонте доля устойчивых минералов не так высока, как в палеоген-юрском. Площадь и мощность этого горизонта уступает всем остальным горизонтам. Доля неогенового металлоносного горизонта в запасах россыпи составляет всего по горной массе 10%, по металлу 14%.

В четвертичных отложениях, напротив, значительно преобладают неустойчивые минералы: так в голоцене встречаемость эпидота в 15 раз выше по сравнению с юрскими и палеогеновыми осадками, амфиболы и мартит встречаются только в голоценовых осадках. Доля четвертичного металлоносного горизонта в запасах россыпи по горной массе 51%, по металлу 37%.

В целом качественный состав минералов в различных горизонтах однообразен, что объясняется формированием отложений исключительно за счет местных пород. Минералы встречаются в виде угловатых, округлых и неправильных зерен. Окатанность, в основном, несовершенная или слабая.

## **Заключение**

Таким образом, основу россыпи Белой составляет верхнеолигоценый металлоносный горизонт, отличающийся наибольшей продуктивностью и золотоносностью. По горной массе ведущая роль принадлежит четвертичным осадкам, но содержание золота в них в целом ниже минимально-промышленного, в результате чего они могут рентабельно отрабатываться только в совокупности с остальными горизонтами. Значение неогенового и юрского горизонтов в целом невелико.

## ***Библиографический список***

1. Государственная геологическая карта России масштаба 1:200000. Карта дочетвертичных образований (геологическая). Уральская серия. Лист О-40-XIX (Невьянск). Издание второе. 2001.

2. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.

3. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 95-100.
4. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 77-84.
5. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
6. 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.
7. Леготкин Б.Н. Осинцев В.Г. Золотоносная россыпь Белая на Среднем Урале (геологический отчет с подсчетом запасов по состоянию на I.XII.1976).
8. Топографическая карта России [Электронный ресурс] <https://maps.vlasenko.net/?lon=60.19543&lat=57.489695>.
9. Цаур Г.И. Якушев В.И. Методические рекомендации по использованию литологических данных при поисках и разведке золотых и платиновых россыпей на Урале. Уральское ТГУ. 1976.
10. Цаур Г.И. Цыганова Л.И. Отчет по теме «литолого-стратиграфическое расчленение и изучение металлоносных мезокайнозойских отложений золото-платиновых россыпей Урала. УГФ. 1976.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБВОДНЕННОСТИ ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН БОБРИКОВСКОЙ ЗАЛЕЖИ ОЛЬХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ ПО ДАННЫМ ГИС

*В статье рассмотрена достоверность метода импульсного нейтрон-нейтронного каротажа при определении обводненности продукции скважин Ольховского месторождения нефти. Проведен расчет макроскопического сечения захвата нейтронов для разных сред. Рассчитана зависимость относительной фазовой проницаемости нефти и воды от коэффициента содержания водонефтяной смеси. Построен график зависимости обводненности от коэффициента водонасыщенности.*

*Ключевые слова: импульсный нейтрон-нейтронный картаж, макроскопическое сечение захвата нейтронов, обводненность*

I.N. Yarin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia

<sup>2</sup>JSC "Karyer Anna", Sverdlovsk region, Russia

## DETERMINATION OF WATER CUT CONTENT OF THE WELLS OF THE BOBRIKOVSKAYA DEPOSIT OF THE OLKHOVSKY OIL FIELD ACCORDING TO GIS DATA

*The article discusses the reliability of the method of pulsed neutron-neutron logging in determining the water cut in the wells of the Olkhovskoye oil field. The calculation of the macroscopic neutron capture cross section for different media is carried out. The dependence of the relative phase permeability of oil and water on the content coefficient of the water-oil mixture is calculated. A graph of water cut versus water saturation coefficient is plotted.*

*Keywords: pulsed neutron-neutron logging, macroscopic neutron capture cross-section, water cut*

### Введение

Актуальность работы возрастает по мере истощения запасов углеводородов и призвана решить проблему добычи нефти из скважин с низкой нефтеотдачей и пластов малой мощности.

Цель работы: оценка обводненности продукции бобриковской залежи Ольховского нефтяного месторождения.

Задачи: 1) расчет макроскопического сечения захвата тепловых нейтронов средами; 2) определение коэффициента текущей нефтенасыщенности пласта; 3) оценка коэффициента текущей водонасыщенности пласта; 4) определение относительной, фазовой проницаемости по нефти и воде.

Метод импульсного нейтронного каротажа, основанный более полувека назад под руководством академика Г.Н.Флерова, в настоящее время, активно развивается. В его развитии задействованы последние наработки, как в области математики, так и физики.

Основным преимуществом нестационарных методов стала возможность исследования толщи горных пород даже через обсадную колонну действующих эксплуатационных скважин. Таким образом, импульсные методы стали незаменимы при решении множества промыслово-геофизических задач, таких как: количественная оценка наличия углеводородов в коллекторах, контроль за разработкой месторождений, установление водонефтяного, газонефтяного и газоводяного контактов, оценка текущей нефтенасыщенности и водонасыщенности пластов, оценки пористости слоев, в некоторых случаях литологического расчленения разреза скважины, а так же обводненности продукции скважин и выявления зон обводнения [4].

Вышеперечисленные задачи до сих пор считаются достаточно актуальными. Так как пока не найдено альтернативных источников энергии, то углеводороды уверенно занимают лидирующие позиции на рынке энергоресурсов. При сравнительно ограниченных запасах углеводородов, а так же отсутствии их восполнения стало целесообразным освоение и расконсервирование скважин с низкой нефтеотдачей, а также разработка пластов малой мощности (~ 1 м). Кроме всего прочего, импульсные нейтронные методы показали себя эффективно при исследовании необсаженных скважин, в том числе бурящихся. Они уверенно конкурируют с традиционными акустическими и электродинамическими методами каротажа [3].

Источником информации по фактической обводненности служила база данных BaseGIS-ЛУКОЙЛ.

## **Геолого-географическая характеристика района исследования**

Ольховское месторождение в административном отношении расположено в восточной части Добрянского района Пермского края.

В орографическом отношении район месторождения представляет всхолмленную равнину, пересечённую притоками рек Добрянки и Вильвы. Отрицательные формы рельефа – карстовые воронки, слепые лога, просевшие участки – преобладают над положительными формами. Водоразделы плоские и довольно узкие, вытянутые в меридиональном направлении, имеют крутые склоны.

В геологическом отношении Ольховское месторождение расположено в Предуральском краевом прогибе, приурочено к одноимённому брахиантиклинальному поднятию, расположенному в пределах Косьвинско-Чусовской седловины, которая лучше всего выражена в ассельско-филипповском структурном подъярусе. Высота её над погруженными частями Соликамской и Сылвенской впадин Предуральского прогиба составляет соответственно 550 и 250 м. Наиболее приподнятой по нижнепермским и

каменноугольным отложениям является субширотная зона в северо-западной части седловины. В пределах этой зоны находятся Верх-Добрянское, Ольховское и Истокское поднятия, объединяемые в северное продолжение Каменноложской валообразной зоны, которая расположена в восточной прибортовой части платформы (рис. 1.) [1].

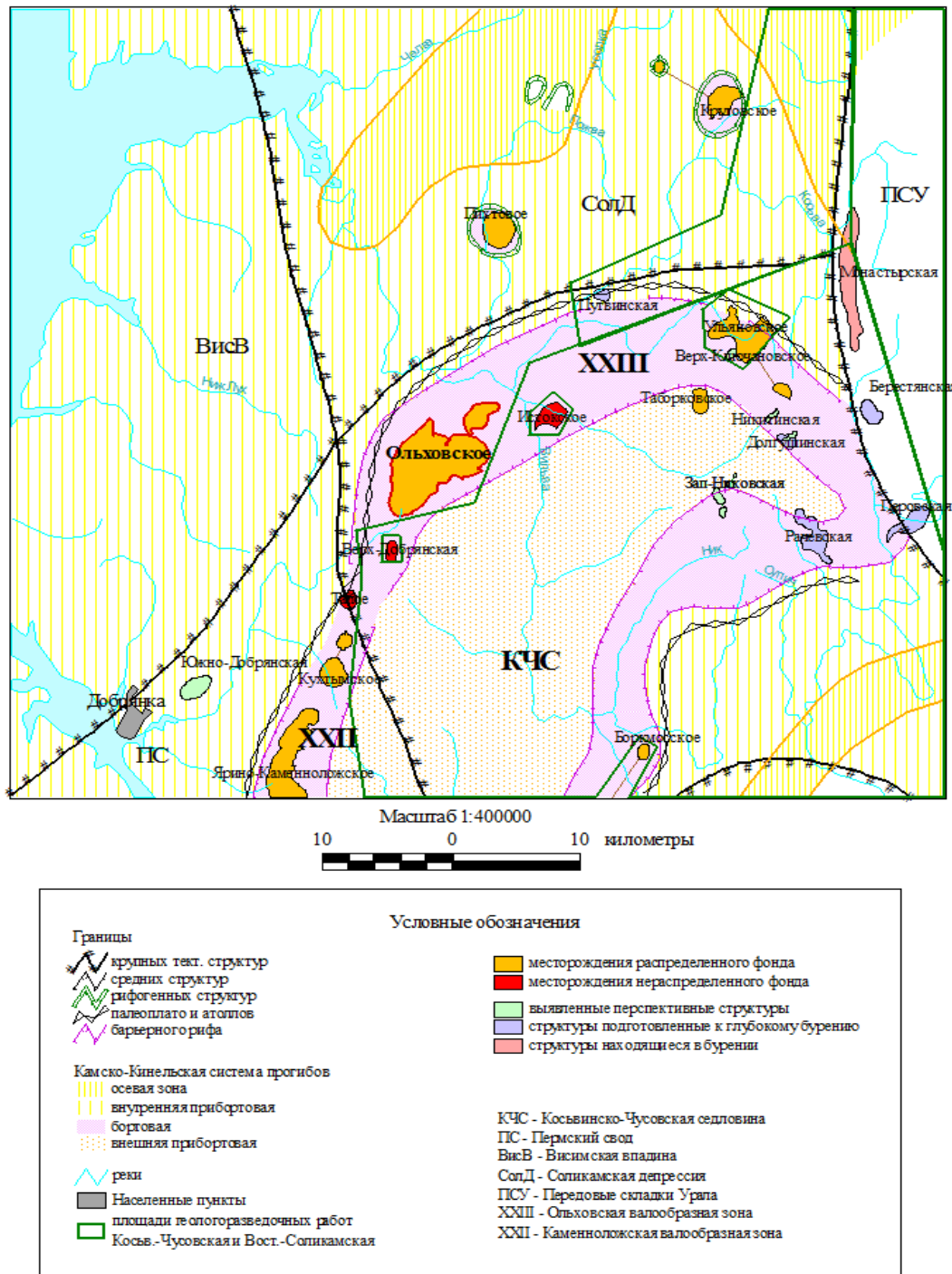


Рис. 1. Фрагмент из карты фонда выявленных и перспективных структур Пермского края [1]

На территории выявлено большое количество тектонических нарушений, обусловленных повышенной геодинамической активностью. Геодинамические активные зоны обуславливают повышенную водоносность в верхних

горизонтах и хорошие перспективы для поисков месторождений не только нефти и газа, но и других полезных ископаемых – золота и алмазов [5-7].

### Методика определения и расчет обводненности продукции скважин

Для исследования был выбран пласт Бб (бобриковской) залежи, с целью определения проектной обводненности продукции, добываемой из данной залежи.

Для достижения поставленной цели ставится ряд задач. При их решении использовались, полученные с помощью импульсного нейтронного каротажа, диффузионные параметры горных пород, важнейшим из которых является время жизни тепловых нейтронов  $\tau$  (или макроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов  $\Sigma$ ).

Макроскопическое сечение захвата тепловых нейтронов - определяемый по данным импульсного нейтрон-нейтронного каротажа параметр, связан с геологическими параметрами исследуемой толщи пород уравнением: [9]

$$\Sigma_a = (1 - K_{п} - K_{гл}) \Sigma_{ск} + K_{гл} * \Sigma_{гл} + K_{п} * [(1 - K_{п}) \Sigma_{в} + K_{п} * \Sigma_{п}] \quad (1)$$

где:  $\Sigma_{ск} = \Sigma_{лит} \cdot (1 - K_{п} - K_{гл}) + \Sigma_{гл} \cdot K_{гл}$  – сечение захвата тепловых нейтронов в скелете породы;  $\Sigma_{гл}$ ,  $\Sigma_{в}$ ,  $\Sigma_{п}$  – сечения захвата тепловых нейтронов в глинах, воде и нефти, соответственно;  $K_{п}$ ,  $K_{гл}$ , - коэффициент пористости и глинистости.

$\Sigma$ -макроскопическое сечение захвата, измеряется в е.з.,  $1 \text{ е.з.} = 10^{-3} \text{ см}^{-1}$

Для определения сечения захвата тепловых нейтронов в скелете породы, нужны сведения о его минеральном составе и объемном содержании различных минералов [8].

Первой решаемой задачей является нахождение макроскопического сечения захвата нейтронов отдельными пропластками.

Расчет  $\Sigma_a$ :

$$\Sigma_a = 4550 / \tau \quad (2)$$

$\tau = 1 / V_{\tau} \Sigma_a = 1 / 0,22 = 4,55 / \Sigma_a$  (мкс/см) где,  $V_{\tau}$  – скорость тепловых нейтронов (2200 м/с)

$$\tau \Sigma_a = 4,55$$

$\Sigma_a = 4,55 / \tau$  где,  $\tau$ - среднее время жизни тепловых нейтронов (измеряется в мкс), то есть время с момента превращения нейтрона в тепловой до его захвата ядром поглотителя [9].

Таблица 1

Результаты расчета макроскопического сечения захвата нейтронов  $\Sigma_a$  для отдельных пропластков

$\Sigma_{ск}$	$K_{гл}$	$\Sigma_{гл}$	$K_{п}$	$T_{нп}$	$\Sigma_a$
8,3	0,06	16,8	0,228	248	18,34677
			0,206	278	16,36691
			0,2	254	17,91339
			0,194	272	16,72794
			0,185	292	15,58219
			0,172	316	14,39873
			0,172	327	13,91437
			0,218	294	15,47619
			0,191	289	15,74394
			0,188	297	15,31987
			0,194	322	14,13043

Макроскопическое сечение захвата тепловых нейтронов пластовыми водами  $\Sigma_v$  рассчитывается по формуле: [6]

$$\Sigma_v = \Sigma_{пр.в} + 0,35C = 22 + 0,35 * 124 = 65,4 \quad (3)$$

где:  $\Sigma_{пр.в}$  – значение сечения захвата пресной водой,  $C$  – минерализация пластовых вод (содержание NaCl в г/л).

Значение макроскопического сечения захвата тепловых нейтронов нефтью берется из таблицы (таблица 2):

$$\Sigma_n = 21,6$$

Второй шаг – нахождение коэффициентов нефте-, а затем водонасыщенности.

Исходя из уравнения (4) коэффициент нефтенасыщенности определяется по формуле: [6]

$$K_n = [\Sigma_{ТВ} + (\Sigma_v - \Sigma_{ТВ})K_{п} - \Sigma_a] / [(\Sigma_v - \Sigma_n)K_{п}] \quad (4)$$

где:  $\Sigma_{ТВ} = \Sigma_{ск} * (1 - K_{п} - K_{гл}) + \Sigma_{гл} * K_{гл}$  - сечение захвата тепловых нейтронов глинистым цементов и скелетом породы. Под  $K_n$  и  $K_v$  подразумевается доля порового пространства занятая, соответственно, нефтью или водой.

При определении нефтенасыщенности должны быть известны пористость и компонентный состав твердой составляющей породы и корректно заданы соответствующие им значения сечений поглощения нейтронов.

$$K_v = 1 - K_n \quad (5)$$

Таблица 2

Результаты расчета макроскопического сечения захвата глинистым цементом и породой  $\Sigma_{ТВ}$ , водой  $\Sigma_{В}$  и коэффициентов нефте- и водонасыщенности

$\Sigma_{ТВ}$	$\Sigma_{В}$	$\Sigma_{Н}$	$K_{Н}$	$K_{В}$
6,918	65,4	21,6	0,191	0,809
7,100			0,304	0,696
7,150			0,101	0,899
7,200			0,207	0,793
7,275			0,302	0,698
7,382			0,393	0,607
7,382			0,458	0,542
7,001			0,446	0,554
7,225			0,310	0,690
7,250			0,348	0,652
7,200			0,513	0,487
			ср.	<b>0,68</b>

Третьим пунктом следует найти относительную фазовую проницаемость нефти и воды.

После нахождения среднего значения  $K_{В}$  можно рассчитать  $K_{пр.н}$  и  $K_{пр.в}$  по графику зависимости ОФПн и ОФПв от коэффициента содержания водонефтяной смеси (Рис. 3).  $K_{пр.н}$ ,  $K_{пр.в}$  – фазовая проницаемость нефти и воды при  $K_{В}$  д. ед. Фазовая проницаемость-способность породы, насыщенной водонефтяной смесью, пропускать отдельно воду или нефть.

Заключительной задачей в данной работе является расчет проектной обводненности продукции скважины.

Рассчитав ОФП для воды и нефти можно вычислить проектную обводненность продукции скважины по формуле: [9]

$$W = [1 + (K_{пр.н} / (\mu_n \beta_n)) ((\mu_v \beta_v) / K_{пр.в})]^{-1} = 1 / [1 + (K_{пр.н} / (\mu_n \beta_n)) ((\mu_v \beta_v) / K_{пр.в})] \quad (6)$$

$W$  – обводненность продукции (объемное содержание воды в откачиваемой из нефтяной скважины жидкости), измеряется в %;

$\mu_n, \mu_v$  – вязкость нефти и воды

$\beta_n, \beta_v$  – объемный коэффициент нефти и воды д. ед. (табл. 3)



Таблица 3

Результаты расчета относительной фазовой проницаемости нефти и воды, а также проектной обводненности продукции скважины

<b>Кв</b>	<b>ОФПн</b>	<b>ОФПв</b>	<b>W</b>
0,809	0	0,26	1,000
0,696	0,01	0,11	0,777
0,899	0	0,46	1,000
0,793	0	0,27	1,000
0,698	0,01	0,12	0,792
0,607	0,03	0,07	0,425
0,542	0,09	0,05	0,150
0,554	0,08	0,05	0,165
0,690	0,01	0,12	0,792
0,652	0,01	0,08	0,717
0,487	0,18	0,04	0,066
<b>Ср. зн=0,68</b>			<b>0,63</b>

Таблица 4

Величина макроскопического сечения захвата для разных сред, в е.з.

<b>Среда</b>	<b><math>\Sigma_{ск}</math>, е. з.</b>
Песчаник кварцевый	7,6-9,1 Ср. (8,3)
Гидролюда	16,8
Нефть	21,6
Вода пресная	22

Зависимость, изображенная на рис. 1, позволяет определить  $K_{пр.н}$  и  $K_{пр.в}$ , путем подстановки коэффициента водонасыщенности [10].

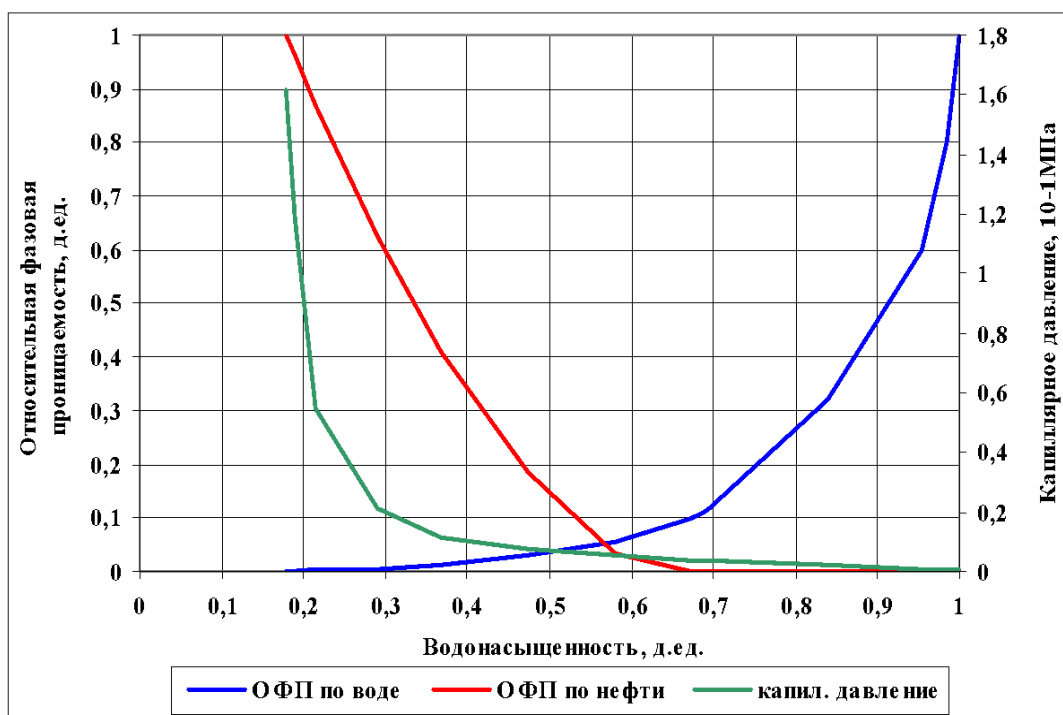


Рис. 3. Зависимость ОФПн и ОФПв от коэффициента содержания водонефтяной смеси

Таблица 5

Физические свойства нефти и воды в скважине 449\_2

Свойства	Нефть	Вода
Объем. коэф.	1,46	0,998
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,714	1,17
Вязкость, Па*с	0,72	1,56

Проектная обводненность по скважине 449\_2 составила 63%, таким образом, средняя прогнозируемая доля воды в добытой жидкости будет составлять 63%.

Фактическая обводненность по скважине 449\_2 на 01.11.19 составила 56%. Проектная обводненность по скважине 449\_2 составила 63%.

Расхождение между проектной и фактической обводненностью составило 7%. Если судить по темпам обводненности продукции (в среднем 1 объемный % в месяц), то вполне вероятно, что за истекшие 7 месяцев обводненность достигла 63-65%, но данные по работе скважины еще не поступили в BaseGiS-ЛУКОЙЛ. Обводнение происходит за счет закачки пресной воды для поддержания пластового давления в бобриковской залежи.

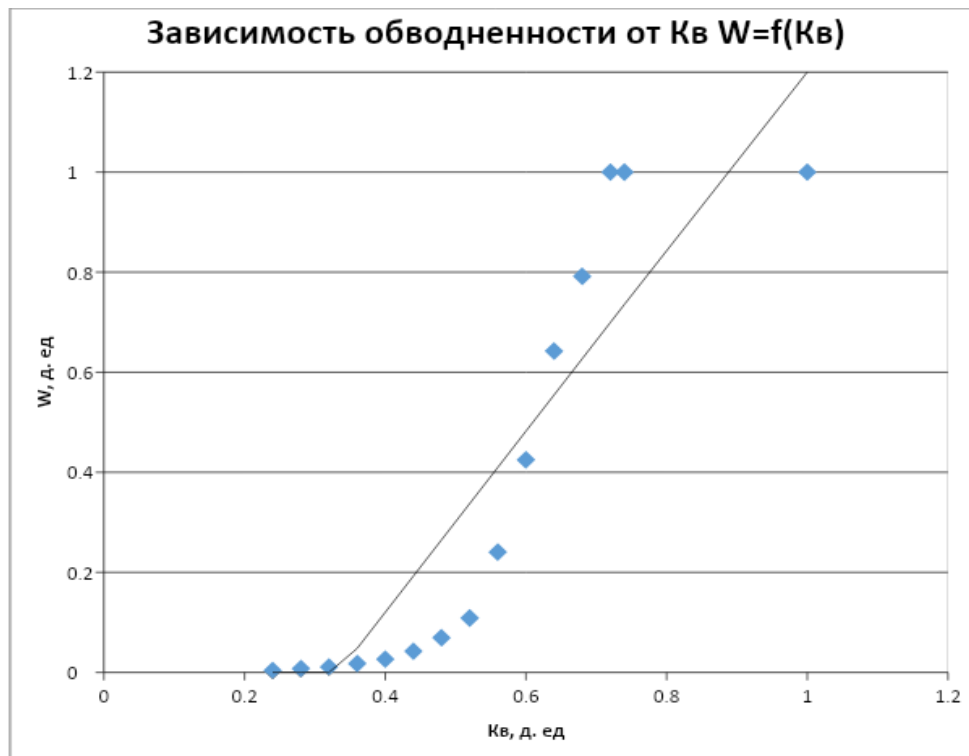


Рис. 4. График зависимости обводненности от коэффициента водонасыщенности

Следовательно, можно сделать вывод, что метод ИННК является достаточно достоверным при использовании на месторождениях нефти, аналогичных по геологическому строению и характеристикам Ольховскому месторождению нефти, а результаты работы рекомендуются к использованию при составлении проектно-технологической документации Ольховского месторождения.

### Заключение

Таким образом, средняя проектная обводненность продукции бобриковской залежи Ольховского месторождения по скважине 449\_2 составила:  $W=0,63$  д.ед. или 63%. Это значит, что прогнозируемая доля воды при добыче водонефтяной смеси будет составлять 63% от объема добытой жидкости.

Расхождение проектной и фактической обводненности не выходит за рамки допустимых значений и составляет 7%. Если судить по темпам обводненности продукции (в среднем 1 объемный % в месяц), то вполне вероятно, что за истекшие 7 месяцев обводненность достигла 63-65%.

Результаты работы рекомендуются к использованию при составлении проектно-технологической документации Ольховского месторождения.

## **Библиографический список**

1. База данных BaseGIS-ЛУКОЙЛ.
2. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А., Африкян А.Н. / Под ред. В.М. Добрынина, Н.Е. Лазуткиной. М.: Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. 400 с.
3. Ипатов А.И., Кременецкий М.И. Геофизический и гидродинамический контроль разработки месторождений углеводородов. М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. 780 с.
4. Климов В.В., Шостак А.В. Геофизические исследования скважин: учебное пособие. Краснодар: Издательский Дом. Юг, 2014. 220с.
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2021. 501 с.
6. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
7. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 131 с.
8. Косков В. Н., Косков Б. В. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. 317 с.
9. Петерсилье В. И., Пороскун В. И., Яценко Г. Г. Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ "Тверьгеофизика", 2003. - 261 с.
10. ИНК. МУ 41-06-02-83 Методические указания по проведению измерений и интерпретации результатов, ВНИИЯГГ, 1984.

*Научное издание*

**Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая  
безопасность. Печеркинские чтения**

Сборник научных статей

Выпуск 6

*Под общей редакцией И. С. Копылова*

Выпускается в авторской редакции  
Техническая подготовка материала: *И. С. Копылов*

Фото на обложке (Южный Урал, Аракульские Шиханы):  
*М. И. Копылова*

---

Объем данных 25,3 Мб  
Подписано к использованию 15.09.2022

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15