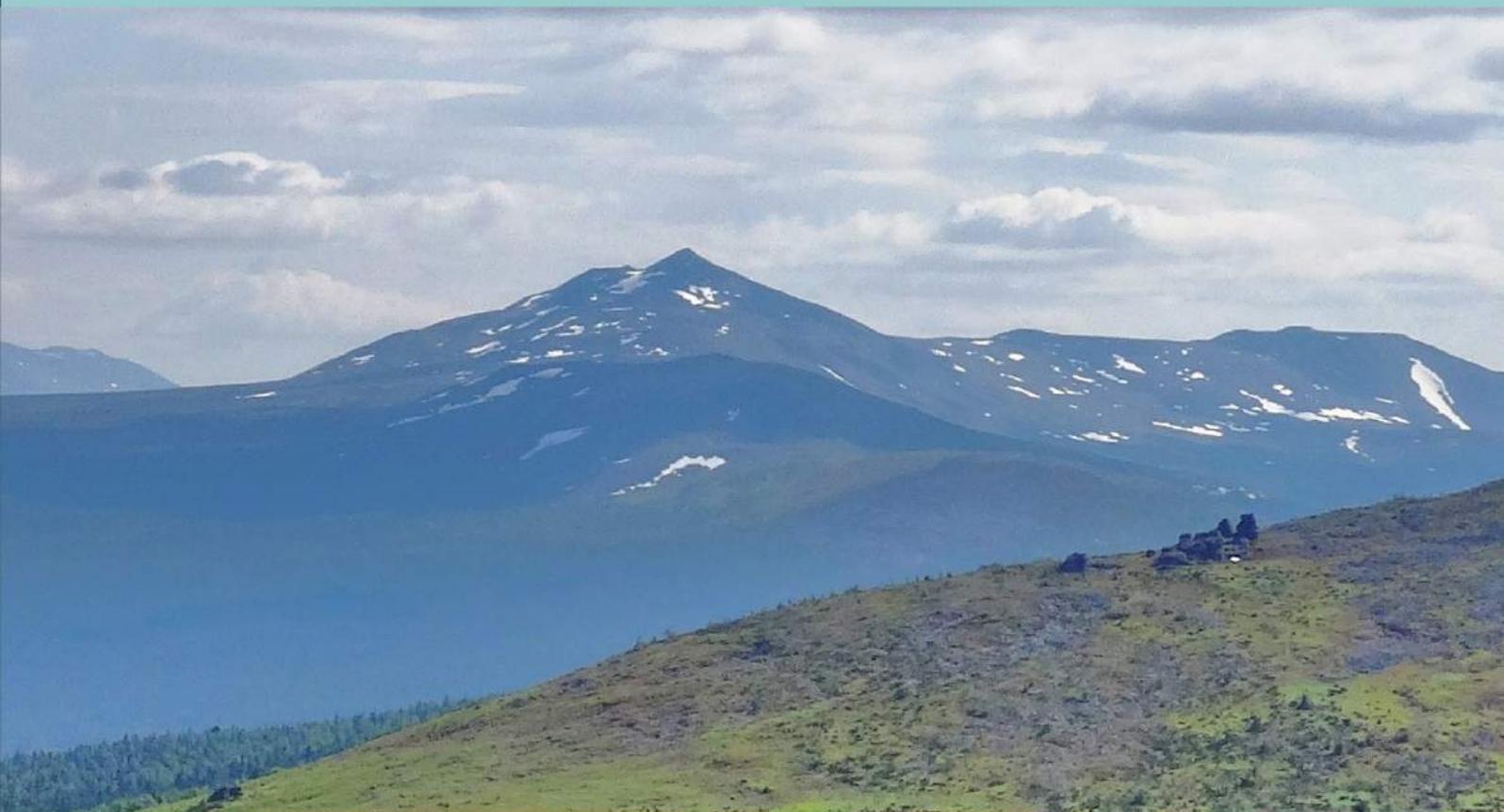




**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**GEOECOLOGY,
ENGINEERING GEODYNAMICS,
GEOLOGICAL SAFETY**



Пермь 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Печеркинские чтения

*Сборник научных статей
по материалам Международной научно-практической конференции*

г. Пермь, 14–15 ноября 2019 г.



Пермь 2020

УДК 502/504+55
ББК 20.1+26.3
Г35

Г35 **Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения [Электронный ресурс] :** сборник научных статей по материалам Международной науч.-практ. конференции (г. Пермь, 14–15 нояб. 2019 г) / гл. ред. И. С. Копылов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные – Пермь, 2020. – 27,7 Мб ; 380 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2020.pdf>

ISBN 978-5-7944-3459-0

Сборник содержит статьи по материалам IV Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения», состоявшейся 14–15 ноября 2019 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Рассматриваются проблемы геоэкологии, инженерной геологии, геодинамики, гидрогеологии, геологической безопасности городов и объектов недропользования на примерах Камского Приуралья и Урала, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока и других регионов России, а также Израиля, Казахстана, Узбекистана.

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:

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

ISBN 978-5-7944-3459-0

© ПГНИУ, 2020

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
RUSSIAN FEDERATION
PERM STATE UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY
AND PROTECTION OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT

**GEOECOLOGY,
ENGINEERING GEODYNAMICS,
GEOLOGICAL SAFETY**

Pecherkinskie reading

*Series of scientific article
Materials of International Scientific and Practical Conference*

(Perm, November 14-15, 2019)



Perm 2020

UDC 502/504+55
LBC 20.1+26.3
G35

Geoecology, engineering geodynamics, geological safety.
G35 Pecherkinskie reading : Series of scientific article. Materials of I International sci.-pract. conf. Ed. I.S. Kopylov, Perm State University, Perm, 2020. 380 p.

ISBN 978-5-7944-3459-0

An issue of Series of scientific articles on Materials of IV International scientific and practical conference «Geoecology, engineering geodynamics, geological safety. Pecherkinskie reading», held on November 14-15, 2019 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 Kama Ural and the Urals, Western and Eastern Siberia and other regions of Russia, as well as Israel, Kazakhstan and Uzbekistan.

The presented materials would be of interest for generalist geologists, ecologists and other specialists in the study of Earth's interior and the environment, as well as for students of Natural Sciences programs.

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:

Cand. V.V. Goldyrev, PhD O.N. Kovin, Cand. A.V. Konoplev, Dr. I.S. Kopylov (editor), Cand. P.A. Krasilnikov, Dr. V.A. Naumov, Dr. O.B Naumova, Dr. M.V. Rogozin, Dr. V.V Seredin, Cand. V.P. Tikhonov, Cand. V.M. Shuvalov

ISBN 978-5-7944-3459-0

© Perm State University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ	15
М.И. Дегтев, В.М. Шувалов КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ТВОРЧЕСКОМ ПУТИ ПРОФЕССОРА, УЧЁНОГО И ГРАЖДАНИНА ПЕРМСКОГО КРАЯ - ПЕЧЁРКИНА ИГОРЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА.....	15
В.И. Каченов, И.С. Копылов, П.А. Красильников, В.В. Середин, В.М. Шувалов КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.....	23
И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.А. ПЕЧЕРКИНА В НАУЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЯХ НШ «ГИГГБ».....	38
В.А. Наумов, В.В. Голдырев, К.И. Мовзитова ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	44
Е.А. Khayrulina INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION CONFERENCE: «MINE WATER: TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL CHALLENGES»	49
ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА НЕДР	53
Б.Н. Бакытжанова, И.С. Копылов ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГАЗОНЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАНАТАЛАП (КАЗАХСТАН).....	53
К.А. Воробьев, В.А. Щерба ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОГЕЛЕВОГО И КСЕРОГЕЛЬНОГО КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ- ГАЗА.....	63
С.Н. Гладких, Ю.Н. Гладких ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ.....	68

Л.И. Даль ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТОВ И ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	72
А.М. Иващенко ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЯДЕРНО И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	78
Ю.А. Килин, И.И. Минькевич ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОЛИГОНОВ ТКО В ПЕРМСКОМ КРАЕ.....	85
И.С. Копылов ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА.....	92
И.С. Копылов, Л.И. Копылова ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЮРЛИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА...	102
С.М. Костарев ЭКОМОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРМСКОГО КРАЯ	114
У.Д. Кучерявченко АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ «ТОМСКНЕФТЕХИМ».....	122
В.В. Оборин, И.С. Копылов О ПРОБЛЕМЕ ПОДТОПЛЕНИЯ ШАХТНЫМИ ВОДАМИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ: ФАКТОРЫ, ПРИЧИНЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ.....	127
Р.В. Романюк ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ КЕКУРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	137
М.В. Рогозин, В.В. Михалев, А.Я. Рыбальченко ВЛИЯНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И СПИРАЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫХ РАЗЛОМОВ НА БЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МАЛЫЕ ГЕОАКТИВНЫЕ ЗОНЫ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ВИШЕРСКИЙ».....	142
А.В. Сауц, В.Н. Сауц ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ПОЛИГОНАХ ТБО И ПО.....	150

В.Д. Файзуллина ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАРМАЛИНСКОГО БИТУМНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН.....	158
А.А. Цвиркунова, И.В. Климова ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПЕРСОНАЛА НА ПРИМЕРЕ РАБОЧЕГО МЕСТА МАШИНИСТА ГВМ НШПП «ЯРЕГАНЕФТЬ».....	168
К.Э. Щербакова ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	174
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	179
Н.Л. Батьянова ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ ПОЧАЙНСКОГО ОВРАГА В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ.....	179
И.С. Копылов ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮГО-ЗАПАДА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ.....	192
И.С. Копылов ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮРЛИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА: КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, РАЙОНИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА.....	205
И.С. Копылов, Н.П. Мельчакова ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОПРОВОДОВ.....	216
П.А. Красильников ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ).....	230
R. Makarenko EVALUATION OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS FOR SELECTING OPTIMAL FOUNDATIONS FOR POWER PLANT BUILDINGS IN AFULA, ISRAEL.....	238

С.В. Мартынов ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ СТРОЕНИЯ ВОДОЗАЩИТНОЙ ТОЛЩИ.....	247
К.С. Порозков ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТРАССЫ НЕФТЕПРОВОДА КУЮМБА-ТАЙШЕТ (СЕВЕРНЫЙ УЧАСТОК) ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	258
Ю.В. Ронжина РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕССОВЫХ ПОРОД ВНИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯ.....	265
Р.П. Ряслов СПЕЦИФИКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В КОНТЕКСТЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН)	273
А.И. Сулейманова ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТУЙМАЗИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	279
А.Н. Фарзиева ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТА «ВЕНТИЛЯТОРНАЯ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ» (РУДНИК «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ», РЕСПУБЛИКА САХА).....	290
Ф.Д. Шапошников, И.С. Копылов ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ДУНАЕВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	297
Е.О. Шаравин, Л.В. Пихконен, В.А. Дубровская ПРИМЕР ПРОГНОЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	305

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ).....	311
И.В. Авдеев, К.А. Равелев, Н.С. Санникова УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ТУРНЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПОДБОР КИСЛОТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СОЛЯНО-КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ.....	311
В.М. Бабеньшев, И.С. Копылов РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА МЕДНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ НА ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ В ПРЕДЕЛАХ ТЫКОТЛОВСКОЙ ПЛОЩАДИ.....	320
Д.М. Валеева ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА.....	330
В.А. Iskakov METHODS OF AEROSPACE RESEARCH IN GEOLOGY.....	337
С.В. Козлов РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ ГЛУБИННОГО ГЕНЕЗИСА УГЛЕВОДОРОДОВ.....	344
П.А. Лысенко ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ НЕФТИ И РАСТВОРЕННОГО ГАЗА ПЛАСТА ТЛ _{2Б} КАМЫШЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОБЪЕМНЫМ МЕТОДОМ.....	351
Л.Д. Усманова РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧАГОВОГО ЗАВОДНЕНИЯ НА ЗАЛЕЖИ НЕФТИ БАШКИРСКОГО ЯРУСА КЛЯНЧУХСКОГО ПОДНЯТИЯ (ЧЕРЕМУХОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)	359
А.О. Устинов ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НОРИЛЬСКОГО РУДНОГО РАЙОНА.....	366
Р.А. Шушаков КАЛИЕНОСНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ.....	376

CONTENTS

	Page
GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION, THEORETICAL ISSUES OF GEOLOGY	15
M.I. Dyogtev, V.M. Shuvalov BRIEF INFORMATION ABOUT THE CREATIVE WAY PROFESSOR, SCIENTIST AND CITIZEN OF THE PERM REGION - PECHERKIN IGOR ALEXANDROVICH.....	15
V.I. Kachenov, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, V.V. Seredin, V.M. Shuvalov DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY AND SUBSOIL PROTECTION PERM UNIVERSITY: HISTORY AND CURRENT STATE....	23
I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin DEVELOPMENT OF IDEAS I.A. PECHERKINA IN SCIENTIFIC GEOLOGICAL DIRECTIONS OF THE SCIENTIFIC SCHOOL «GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY».....	38
V.A. Naumov, V.V. Goldyrev, K.I. Movzitova TECHNOGENIC AND MINERAL FORMATIONS IN THE FRAMEWORK OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.....	44
E.A. Khayrulina INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION CONFERENCE: «MINE WATER: TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL CHALLENGES»	49
GEOECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION	53
B.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov FEATURES OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF A GAS-OIL DEPOSIT ZHANATALAP (KAZAKHSTAN).....	53
K.A. Vorobyev, V.A. Scherba ASSESSMENT OF EFFICIENCY APPLICATIONS OF AEROGEL AND XEROGEL CATALYSTS FOR PRODUCING SYNTHESIS GAS.....	63
S.N. Gladkikh, Y.N. Gladkikh STUDIES ON WASTEWATER TREATMENT FROM HEAVY METAL IONS BY SORPTION METHOD.....	68
L.I. Dal ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ANALYSIS OF LANDSCAPES AND SOILS IN EASTERN PART OF THE PERM REGION.....	72

A.M. Ivashchenkova HYDROGEOCHEMICAL CONTAMINATION OF GROUNDWATER IN THE LOCATION OF NUCLEAR AND RADIATION HAZARDOUS FACILITIES	78
Yu.A. Kilin, I.I. Minkevich PROBLEMS OF CONSTRUCTION OF SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILLS IN THE PERM REGION.....	85
I.S. Kopylov HYDROGEOLOGICAL MAP AND UNDERGROUND WATERS OF KIZELOVSKY COAL POOL.....	92
I.S. Kopylov, L.I. Kopylova GEOECOLOGICAL ESTIMATION AND STABILITY OF NATURAL ENVIRONMENT OF KIZELOVSK DISTRICT.....	102
S.M. Kostarev ECOLOGICAL MONITORING IN OIL EXTRACTION AREAS OF PERM REGION.....	114
U.D. Kucheryavchenko ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE SYSTEM OF ECOLOGICAL MANAGEMENT AT THE TOMSKNEFTECHIM ENTERPRISE.....	122
V.V. Oborin, I.S. Kopylov ABOUT THE PROBLEM OF MINE WATER FLOODING OF SETTLEMENTS OF COAL-MINING TERRITORIES IN THE PRIMORSKY TERRITORY: FACTORS, CAUSES, SOLUTIONS.....	127
R.V. Romanyuk HYDROGEOLOGICAL SURVEY OF THE KOCURKOYE GROUNDWATER FIELD.....	137
M.V. Rogozin, V.V.Mikhalev, A.Ya Rybalchenko SMALL GEOACTIVE ZONES FAVORABLE FOR TREES AND THE INFLUENCE OF LINEAR AND SPIRAL-RING FAULTS ON THEM IN THE «VISHERSKY» NATURE RESERVE.....	142
A.V. Sauts, V. N. Sauts PREDICTING THE PROTECTIVE PROPERTIES OF POLYMER ANTI- FILTRATION SCREENS USED IN RECULTIVATED SOLID WASTE LANDFILLS.....	150

V.D. Fajzullina HYDROGEOLOGICAL FEATURES AND MONITORING OF UNDERGROUND WATERS OF THE KARMALINSKY BITUMINOUS DEPOSIT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN.....	158
A.A. Tsvirkunova, I.V. Klimova APPLICATION OF THE MATRIX METHOD FOR PERSONNEL HEALTH RISK ASSESSMENT ON THE EXAMPLE OF THE WORKPLACE OF THE MDM MACHINIST OF DEPARTMENT OF OIL MINES «YAREGANEFТ»	168
C.E. Shcherbakova APPLICATION OF SATELLITE DATA FOR MONITORING SOLID DOMESTIC WASTES.....	174
ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY.....	179
N.L. Batyanova FORECAST OF STABILITY OF THE SLOPES OF POCHAINS KAYA GORGE IN Nizhny Novgorod FOR CONSTRUCTION DEVELOPMENT.....	179
I.S. Kopylov GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS OF THE SOUTH-WEST EASTERN SIBERIA.....	192
I.S. Kopylov ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE YURLINSKIY MUNICIPAL DISTRICT: MAPPING, ZONING, ASSESSMENT.....	205
I.S. Kopylov, N.P. Melchakova ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT AND ZONING OF THE CENTRAL PART OF THE PERM REGION FOR THE DESIGN OF GAS PIPELINES.....	216
P.A. Krasilnikov INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR SOLVING ENGINEERING AND GEOLOGICAL PROBLEMS OF SUBSOIL USE (AT ALL STAGES OF THE LIFE DEPOSIT CYCLE).....	230
R. Makarenko EVALUATION OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS FOR SELECTING OPTIMAL FOUNDATIONS FOR POWER PLANT BUILDINGS IN AFULA, ISRAEL.....	238

S.V. Martynov EXAMPLE OF GROUND GEOPHYSICAL WORK ON VERKHNEKAMSK POTASSIUM SALTS FOR DETECTION OF ABNORMALITIES OF THE STRUCTURE WATERPROOF STRATUM.....	247
K.S. Porozkov ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE KUYUMBA- TAYSHET OIL PIPELINE ROUTE (NORTHERN SECTION) ACCORDING TO AEROSPACE.....	258
Ju.V. Ronzhina THE DISTRIBUTION OF LOESS ROCKS IN NIZHNY NOVGOROD REGION.....	265
R.P. Raslov SPECIFICITY OF NATURAL RESOURCES IN THE CONTEXT OF RATIONAL USE (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN).....	273
A.I. Suleymanova ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS TUIMAZINSKY RESERVOIR.....	279
A.N. Farzieva ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE SITE OF THE MAIN VENTILATION FAN (INTERNATIONAL MINE, SAKHA REPUBLIC).....	290
F.D. Shaposhnikov, I.S. Kopylov ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT AND ZONING OF THE DUNAEVSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD.....	297
E.O. Sharavin, L.V. Pikhkonen, V.A. Dubrovskaja THE EXAMPLE OF FORECAST OF DYNAMIC PHENOMENONS OF MINING ARRAY WHILE EXPLOITING COAL DEPOSITS USING GEOPHYSICAL MONITORING.....	305
RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL, AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC METHODS).....	311
I.V. Avdeev, K.A. Ravelev, N.S. Sannikova SEDIMENTATION CONDITIONS OF TOURNEY SEDIMENTS AS A FACTOR DETERMINING THE SELECTION OF ACID COMPOSITION FOR CARRYING OUT OF SALTIC-ACID TREATMENT.....	311

V.M. Babenyshev, I.S. Kopylov RESULTS OF FORECAST-SEARCH WORKS FOR COPPER- POLYMETALLIC ORES IN THE POLAR URAL WITHIN THE TYKOTLOVSKY AREA.....	320
D.M. Valeeva GEOLOGICAL STRUCTURE AND PETROLEUM POTENTIAL OF THE YENISEI-KHATANGA TROUGH.....	330
B.A. Iskakov METHODS OF AEROSPACE RESEARCH IN GEOLOGY.....	337
S.V. Kozlov REGIONAL FORECAST OF OIL AND GAS POTENTIAL IN THE RUSSIAN ARCTIC BASED ON THE PARADIGM OF DEEP GENESIS OF HYDROCARBONS.....	344
P.A. Lysenko CALCULATION OF RESERVES OF OIL AND DISSOLVED GAS OF THE RESERVOIR TL2B KAMYSHLOVSKOGO FIELD OF THE VOLUMETRIC METHOD.....	351
L.D. Usmanova RESULTS FOCAL WATERFLOODING ON OIL DEPOSITS OF THE BASHKIR TIER BLENCOGO RAISE (CHEREMUHOVSKOE FIELD, RT)....	359
A.O. Ustinov APPLICATION OF TRANSFORMATION OF GRAVIMETRIC DATA FOR REFINING THE GEOLOGICAL STRUCTURE NORILSK ORE DISTRICT...	366
R.A. Shushakov POTASSIUM DEPOSITS OF TUBEGATAN SALT DEPOSIT.....	376

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ,
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ
GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION,
THEORETICAL ISSUES OF GEOLOGY

УДК 624.131

М.И. Дёгтев¹, В.М. Шувалов²

¹ Химический факультет, ПГНИУ, г.Пермь, Россия
² Геологический факультет, ПГНИУ, г.Пермь, Россия

**КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ТВОРЧЕСКОМ ПУТИ
ПРОФЕССОРА, УЧЁНОГО И ГРАЖДАНИНА ПЕРМСКОГО КРАЯ
- ПЕЧЁРКИНА ИГОРЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА**

Приведены краткие сведения о научно-образовательной деятельности профессора Пермского университета И.А.Печеркина. Показан его выдающийся вклад в развитие инженерной геологии, инженерного карстоведения и геодинамики. Приведены воспоминания коллег И.А.Печеркина о его жизни и многогранной деятельности.

Ключевые слова: инженерная геология, Пермский университет, И.А.Печеркин.

M.I. Dyogtev¹, V.M. Shuvalov²

¹ Department of Chemistry, Perm State University, Perm, Russia
² Geological Faculty, Perm State, Perm, Russia

**BRIEF INFORMATION ABOUT THE CREATIVE WAY
PROFESSOR, SCIENTIST AND CITIZEN OF THE PERM REGION -
PECHERKIN IGOR ALEXANDROVICH**

Brief information on the scientific and educational activities of Professor Perm University I.A. Pecherkin is provided. His outstanding contribution to the development of engineering geology, engineering karstology and geodynamics is shown. The recollections of colleagues of I.A. Pecherkin about his life and multifaceted activities are given.

Key words: engineering geology, Perm State University, I.A. Pecherkin.

19 апреля 2019 года Кафедра инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН) Пермского университета отметила 91-летие со дня рождения **ПРОФЕССОРА, УЧЁНОГО И ГРАЖДАНИНА ПЕРМСКОГО КРАЯ - Игоря Александровича Печеркина** (19.04.1928 – 12.12.1991), доктора геолого-минералогических наук, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, основателя кафедры и руководившей ею на протяжении 14 лет с 1977 по 1991 гг. (рис. 1-3).

Вся научно-педагогическая деятельность Игоря Александровича связана с Пермским университетом, геологический факультет которого он окончил в 1950 г. Биографии профессора И.А. Печеркина посвящено большое количество литературы [1-13]. В настоящее время завершается обширная коллективная биографическая монография об Игоре Александровиче под редакцией Л.В. Печеркиной. Здесь мы дополним их некоторыми нашими личными воспоминаниями.



Рис. 1. И.А. Печеркин
профессор, доктор геол.-мин.
наук, заслуженный деятель
науки и техники РСФСР

Основные жизненные вехи

- **1950 г.** - окончил ПГУ;
- **1950-53 г.** - работа в Кизелдугольгеологии»;
- **1954-1954 г.** - изучение Камского ВДХР;
- **1955 г.** - защита кандидатской диссертации;
- **1968 г.** - защита докторской диссертации;
- **1969 г.** - декан Геологического факультета;
- **1970-1983 г.** - Проректор по научной работе;
- **1977 г.** - создание кафедры инженерной геологии;
- **1977-1991 г.** - заведующий кафедрой инженерной геологии ПГУ;
- Подготовлено более **30** кандидатов наук;
- Член Научного Совета АН СССР; За **42** года опубликовано **335** научных работ объемом **235** печ.л.



Рис. 2. Сотрудники кафедры инженерной геологии в 1981 г.



Рис. 3. Среди коллег (Максимович Г.А., Печеркин И.А., Шурубор А.В., Горбунова К.А.)

Дёгтев М.И. (д.х.н., профессор, зав. кафедрой аналитической химии, ПГНИУ):

Впервые близко с профессором Печёркиным Игорем Александровичем мы познакомились в сентябре 1981 года в связи с предложением мне Дегтеву Михаилу Ивановичу (рис. 4) должности начальника научно-исследовательского сектора Пермского государственного университета, где И.А. Печёркин с 1970 года работал проректором по научной работе.



Рис. 4. Профессор Дёгтев М.И и доцент Шувалов В.М.

Игорь Александрович был учеником профессора геологического факультета Пермского университета Г.А. Максимовича. Он был хорошим администратором и активным организатором различных научных исследований не только на геологическом факультете, но и в Пермском университете. Его

богатый научный и практический опыт, интуиция и трудолюбие всегда правильно определяли нужный вектор в выборе тематики научных исследований. Высокая образованность и духовность не позволяли ему повышать голос на любого собеседника: аспиранта, студента или преподавателя. Он четко и мягко подводил каждого студента или преподавателя к правильному и самостоятельному решению научной проблемы. Игорь Александрович Печёркин был основателем и первым заведующим кафедрой инженерной геологии в Пермском университете с 1977 г. На общественных началах он организовал Всесоюзный научно-исследовательский институт карстоведения и спелеологии, создал Пермскую школу геологов в области инженерного карстоведения и геодинамики берегов водохранилищ Западного Урала. Геологи и студенческая молодёжь тянулись к нему, не только как к научному руководителю, прекрасному собеседнику и коллеге, но и как к старшему товарищу.

Игорь Александрович имел много учеников и подготовил более 30 кандидатов и докторов наук, которые активно работают в различных областях геологии, включая гидрогеологию и гидрогеохимию, грунтоведение и карстоведение и охрану окружающей среды. Им опубликовано более 350 научных работ. Он является автором нескольких монографий: «Геодинамика берегов Камских водохранилищ» (два тома), «Инженерная геология» и др.

Печёркин Игорь Александрович часто был в служебных командировках не только в Российских городах, но и во многих зарубежных странах (Вьетнаме, Германской Демократической Республике и др.), где знакомился с научными исследованиями, а также изучал систему высшего образования. Лекции профессора Печёркина всегда были насыщены теоретическими и практическими «живыми» примерами в области геологии. Он пользовался огромным авторитетом среди студентов, сотрудников и преподавателей геологического факультета и всего университета. В 1986 году Игорю Александровичу было присвоено звание «Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР». Это звание он всегда оправдывал на деле. Он пронёс это звание до конца своей плодотворной жизни, которая преждевременно оборвалась 12 декабря 1991 года.

Шувалов В.М. (к.г.-м.н., доцент кафедры инженерной геологии и охраны недр ПГНИУ):

На геологическом факультете дневного отделения я учился с 1964 по 1969 год. После окончания ПГУ по распределению был оставлен в должности ассистента на кафедре геофизики. В 1977 году профессором И.А. Печёркиным была организована кафедра «Инженерной геологии», в состав которой был включен и я – Шувалов Виктор Михайлович (рис. 4). В то время уже в качестве старшего преподавателя я вел лекционные и практические занятия со студентами геологического факультета на кафедре геофизики Пермского госуниверситета. В соответствии с новыми планами, студентам специальности «Гидрогеология и инженерная геология» учебную нагрузку по геофизической дисциплине значительно увеличили. Общий объем аудиторных часов по

геофизике (было всего 40 часов) увеличили нагрузку до 200 часов. Мне предстояло читать курс геофизики на нескольких курсах по различным разделам: «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», «Интерпретация геофизических данных» и на старших курсах «Комплексирование геофизических методов при решении задач инженерной геологии и гидрогеологии». Кроме аудиторных учебных часов на 2 курсе была введена учебная специализированная геофизическая практика (в полевых условиях) у студентов инженер-геологов и гидрогеологов геологического факультета ПГУ. Обучение велось очно-заочное и вечернее.

Обучение студентов на геологическом факультете ПГУ осуществляется по многоуровневой системе: специализация, бакалавриат и магистратура. Для студентов специальности «Гидрогеология и инженерная геология» читаются курсы: «Геофизика» и «Геофизические методы исследования и интерпретация геофизических данных», в который входит раздел «Комплексирование геофизических методов». Выделены часы и на проведение полевой специализированной геофизической практики на территории УНБ «Предуралье» в Кишертском районе Пермского края.

Теоретическое и практическое применение геофизических методов в решении задач инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии постоянно расширяется и обновляется. В Пермском крае это особенно актуально, т.к. более двух третей территории края занимают карстующиеся горные породы. Поэтому возможности геофизики особенно актуальны при любом виде строительства: жилых, промышленных и гидротехнических объектов, различных инженерных сооружений, линейных трасс трубопроводов, ЛЭП, шоссейных и железнодорожных путей и т.д. На кафедре инженерной геологии в ПГУ по инициативе и настоянию заведующего кафедрой профессора И.А. Печёркина была создана специальная группа сотрудников и студентов, которая занималась решением инженерно-геофизических задач. Их решения применяли на производстве по бюджетной и хоздоговорной тематикам. Работу приходилось выполнять мне в качестве ответственного исполнителя и руководителя темы в различных районах, как в Пермской области (ныне края), так и на соседних территориях Свердловской и Челябинской областей. Хоздоговора неоднократно заключались с Администрациями областей и различных геологических организаций на Среднем Урале, с директорами заводов, школ и других организаций. Наиболее крупные и долговременные соглашения были с бывшим трестом «Пермнефтегеофизика», с п/я М-5124 по изучению гидротехнических и других инженерных сооружений и коммуникаций, с Нижне-Тагильским металлургическим комбинатом (НТМК) по изучению флюсовых известняков, с Ровенской атомной станцией (РАЭС) на Украине по изучению меловых отложений в г. Кузнецовске, г. Ровно и т.д. Велось региональные исследования закарстованных территорий в Прикамье по соглашению с Администрацией Пермской области. На кафедре составлено более 20 научно-производственных и хоздоговорных отчетов. Результаты научных и практических исследований – внедрены со значительным

экономическим эффектом во многих производственных организациях Среднего Урала, России, ближнего и дальнего зарубежья.

Результатом многолетних исследований в области инженерной геофизики, геологии, гидрогеологии и геоэкологии была защита кандидатской диссертации в 1983 г. В то время И.А. Печёркин был проректором по научной работе ПГУ и заведующим кафедрой инженерной геологии. Он оказывал огромную помощь и поддержку не только мне, как сотруднику кафедры, но также всем своим многочисленным ученикам, как на своей кафедре, так и в других организациях Перми, Средней Азии и многих регионах России. Мы очень часто совместно ездили в научные командировки в различные регионы России, Средней Азии и Дальнего востока. Благодаря И.А. Печёркину, я лично был знаком с известными учеными в области инженерной геологии – Ломтадзе Валерием Давидовичем (в то время завкафедрой Ленинградского Горного института (ЛГИ)), а также Иваном Пенковичем Ивановым - профессором кафедры инженерной геологии ЛГИ (ныне Горная академия). В то время они оказали мне большое содействие в моей работе над кандидатской диссертацией.

Печёркин Игорь Александрович обладал большими организаторскими способностями, был прост в обращении со всеми и лишен чванства и самодовольства. Он мог подписать нужный документ в любом месте и в любое время.

Игорь Александрович относился к людям очень доброжелательно. При его руководстве кафедра инженерной геологии занимала всегда ведущие места на факультете и в Пермском государственном университете.

В 1991 году после преждевременной кончины И.А. Печёркина мне пришлось исполнять обязанности заведующего кафедрой. Это было непросто, т.к. Игорь Александрович был фактически человеком – незаменимым. В 2003 году должно было бы исполниться 75 лет со дня рождения И.А. Печёркина и оно совпадало с 25-летней датой создания самой молодой в ПГУ кафедры инженерной геологии (ныне – «Инженерная геология и охраны недр»). Эти знаменательные даты были торжественно отмечены сотрудниками, преподавателями, студентами и выпускниками факультета и кафедры с приглашением гостей из многих регионов России.

В апреле 2008 года был отмечен памятный день 80-летия со дня рождения И.А. Печёркина и 30-летия создания кафедры. На кафедре отмечены значительные успехи в научной и педагогической деятельности. Сотрудники, преподаватели и студенты Геологического факультета переехали в новое Административное здание (имеется даже фонтан около корпуса). Все кафедры оснащены хорошей мебелью, имеются компьютерные классы. На кафедре инженерной геологии созданы: лаборатория грунтоведения, механики грунтов, геофизики и др. Лаборатории имеют современное оборудование для обучения студентов по инженерно-геологической специальности. В память о профессоре И.А. Печёркине, одна из ведущих аудиторий кафедры названа его именем. Нам – всем преподавателям, сотрудникам и студентам кафедры следует чтить

память и приумножать добрые дела, которые нам оставил в наследство профессор Игорь Александрович Печёркин.

Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ) в 2016 году отметил 100-летний Юбилей, а кафедра инженерной геологии и охраны недр отметила 40-летие. Перед зданием геологического и географического факультетов открыт памятник основателю Пермского госуниверситета (ПГУ) Николаю Васильевичу Мешкову.

В 2019 году 19 апреля исполнился бы 91 год со дня рождения Игоря Александровича Печёркина. Память о нем останется в наших сердцах, а его дело будет продолжено в делах учеников Пермского университета, Пермского края и России.

Библиографический список

1. Дублянский В.Н. Кафедра инженерной геологии и охраны недр на пороге XXI века // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 2002. С.163-169.

2. 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.) // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермь, 2018. С. 17-29.

3. 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) // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 17-23.

4. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении - НИШ "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф. Гл. ред. И. С. Копылов; Пермь, 2016. С. 19-27.

5. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О развитии научного направления - "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НИШ "ГИГГБ") // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермь, 2018. С. 30-34.

6. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Научная школа Пермского университета и Естественнонаучного института "Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность" // Теория и методы исследований в естественных науках. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф. Гл. ред. И. С. Копылов; Пермь, 2016. С. 90-98.

7. Кутепов В.М., Печеркина Л.А., Каченов В.И., Димухаметов М.Ш. Игорь Александрович Печеркин – основатель Пермской инженерно-геологической школы // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. ун-т, ВерхнекамГИСИЗ и др., 2008. С.215-222.

8. Печеркина Л.В. К 90-летию профессора И.А. Печеркина // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 13-16.

9. Печеркина Л.А., Гаев А.Я, Дублянский В.Н. Игорь Александрович Печеркин – основоположник Пермской инженерно-геологической школы // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1997. С.5-11.

10. Печеркина Л.В., Иванова Т.А., Инзельберг В.Д.. Игорь Александрович Печеркин (1928 -1991): Библиография / Отв. редактор Л.В. Печеркина. Пермь: Перм. ун-т, 2008.

11. Профессора Пермского университета. 1916-2016 / Гл. ред. В.И. Костицын. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. 451 с.

12. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. Печёркин Игорь Александрович – основатель кафедры инженерной геологии Пермского университета, основоположник Пермской инженерно-геологической школы // Инженерная геология и охрана недр: сб. науч. тр. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. С. 6-12.

13. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. О научном вкладе в развитие инженерной геологии И.А.Печеркина // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / Гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 13-18.

**В.И. Каченов, И.С. Копылов, П.А. Красильников,
В.В. Середин, В.М. Шувалов**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Рассмотрена история развития кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, выделены основные исторические этапы, показана выдающаяся роль ее основателя И.А. Печеркина. Отражена учебно-методическая деятельность кафедры. Показаны современные научные направления Кафедры инженерной геологии и охраны недр.

Ключевые слова: инженерная геология, геоэкология, кафедра инженерной геологии и охраны недр, Пермский государственный национальный исследовательский университет.

V.I. Kachenov, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, V.V. Seredin, V.M. Shuvalov
Perm State University, Perm State, Perm, Russia

DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY AND SUBSOIL PROTECTION PERM UNIVERSITY: HISTORY AND CURRENT STATE

The history of development of the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection of the Perm State University is considered, the main historical stages are highlighted, The outstanding role of its founder I.A. Pecherkin is shown. The educational and methodical activity of the Department is reflected. Modern scientific directions of the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection are shown.

Keywords: engineering geology, geoecology, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State University.

Введение

В настоящее время об истории кафедры инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН) Пермского университета, и ее основателе И.А. Печеркине написано немало литературы, часть ее приведена в списке [1-13]. Практически ежегодно на геологическом факультете ПГНИУ проводятся конференции, с докладами, посвященными профессору И.А. Печеркину. Тем не менее, творческое наследие его еще не до конца раскрыто. Открываются новые или уточненные данные о научно-образовательной деятельности кафедры ИГиОН, делая ее историю более полной и достоверной. Это является важным, как для старшего, так и нового поколения исследователей, преподавателей и студентов.

История кафедры

Кафедра инженерной геологии и охраны недр (до 1996 года кафедра инженерной геологии) была основана в 1977 году известным учёным и умелым

организатором, заслуженным деятелем науки и техники России, доктором геолого-минералогических наук, профессором Игорем Александровичем Печеркиным, который руководил ею на протяжении 14 лет.

Игорь Александрович Печеркин прожил относительно короткую жизнь, насыщенную большими делами и интереснейшими событиями. По той роли, которую он сыграл в становлении пермской школы инженеров-геологов, его можно сравнить со звездой первой величины, излучавшей научную энергию, зажигающей коллег, учеников и всех тех, кто прямо или косвенно соприкасался с этой кипучей, полной жизненной силы натурой. Четверть века научно-педагогической деятельности И.А. Печеркина связана с кафедрой динамической геологии и гидрогеологии, где под руководством профессора Г.А. Максимовича он прошел путь от студента до профессора. Именно на этой кафедре зародилась идея о создании кафедры инженерной геологии.

Игорь Александрович окончив геологический факультет Пермского университета в 1950 г., сразу же возглавил гидрогеологическую службу треста «Кизелугольгеология» (1950-1953 гг.). Он проводил исследования геолого-структурных условий района, вел поиски и разведку новых шахтных полей, исследовал подземные воды для промышленного и питьевого водоснабжения, изучал динамику и химический состав шахтных вод, делал прогноз водопритоков, разрабатывал систему мероприятий для предотвращения прорыва карстовых вод в шахты, читал в Кизеловском горном техникуме курс «полезные ископаемые». Именно в Кизеле у него по-настоящему окрепла убежденность заниматься карстом – крайне интересным и сложным процессом, которому Игорь Александрович посвятил большую часть своей исследовательской работы.

Яркий талант и уникальная работоспособность Игоря Александровича позволили ему за два года успешно закончить аспирантуру ПГУ. В 1955 г. за исследование «Подземные и шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна» ему присуждается ученая степень кандидата геолого-минералогических наук.

В 1954 г. после заполнения Камского водохранилища дружный «экипаж» (Л.И. Дубровин, Ю.М. Матарзин, И.А. Печеркин) на шлюпке под самодельным парусом отправился в первую экспедицию по изучению «рукотворного» моря. Несмотря на небольшой состав, она была уже комплексной (гидрологи и геолог). Позднее, в 60-е годы XX в., была создана Лаборатория водохозяйственных проблем Естественнонаучного института при ПГУ, которая объединила специалистов разных профилей.

Изучение процессов перестроения берегов водохранилищ проводилось на генетической основе, с учетом своеобразия проявления экзогенных геологических процессов. И.А. Печеркин впервые вскрыл причины активизации оврагов и оползней, закономерности развития карста; предложил методики прогнозирования переработки берегов водохранилищ и устойчивости закарстованных территорий. Итоги этой работы легли в основу докторской

диссертации «Геодинамика побережий камских водохранилищ», которую он успешно защитил в 1968 г.

И.А. Печеркин – один из основоположников инженерного карстоведения в России. У него много учеников и это позволяет говорить о Пермской школе инженерного карстоведения, руководителем которой он являлся. Им подготовлено более 30 кандидатов наук, специалистов в области переработки берегов водохранилищ, карста, суффозии и других вопросов инженерной геологии.

Игорь Александрович достойным образом представлял пермскую школу инженеров-геологов в стране и за рубежом. Он являлся членом Научного Совета АН СССР по инженерной геологии, гидрогеологии и грунтоведению; председателем Комиссии по карсту и спелеологии АН СССР; членом Комиссии по изучению динамики берегов; членом международной ассоциации по инженерной геологии (МАИГ). Как эксперт по ответственным проектам И.А. Печеркин выезжал в Венгрию, Германию, Вьетнам, США и другие страны.

Большую работу И.А. Печеркин проводил как председатель специализированного совета по присуждению ученых степеней кандидата геолого-минералогических и географических наук, а также – как член научно-методического совета по высшему образованию Минвуза СССР. В течение ряда лет он являлся главным редактором выпускаемых в Пермском университете сборников «Пещеры» (1981, 1984, 1986 гг.) и «Гидрогеология и карстоведение» (1962, 1964 1981, 1987, 1992 гг.). С 1978 г. он был директором Всесоюзного института карстоведения и спелеологии Географического общества СССР.

Игорь Александрович был организатором нескольких десятков всесоюзных и международных конференций по инженерной геологии и карстоведению. В 1992 г. в Перми успешно прошел Международный симпозиум «Инженерная геология карста», организованный по его инициативе, но состоявшийся уже без него. Он выполнял огромную редакторскую работу, дав «путевку в жизнь» десяткам научных сборников и монографий.

Научное наследие И.А. Печеркина очень велико. За 42 года он опубликовал 335 научных работ общим объемом 235 печ. л. Особенно плодотворным было пятилетие 1980-1984 гг., когда его научная продукция составила 100 публикаций объемом 52 печ. л.

Перу Игоря Александровича принадлежат 9 крупных (более 5 печ. л.) работ, по объему составляющие 40% его научного наследия: «Камское водохранилище», 1959 (11,0 печ. л., соавторы Л.И. Дубровин, Ю.М. Матарзин); «Геологические экскурсии по Камскому водохранилищу», 1963 (5,8 печ. л., соавторы Ю.М. Матарзин, Г.И. Карзенков, И.К. Мацкевич); «Геодинамика побережий камских водохранилищ». Т.1; Инженерно-геологические условия, 1966 (12,5 печ. л.); «Геодинамика побережий камских водохранилищ». Т.2; Геологические процессы, 1969 (19,75 печ. л.); «Методические указания по оценке изменений инженерно-геологических условий в районах закарстованных берегов», 1978 (5,1 печ. л., соавторы А.И. Печеркин, В.Е. Закоптелов); «Теоретические основы прогнозирования экзогенных

геологических процессов на берегах водохранилищ», 1980 (5,5 печ. л., соавторы А.И. Печеркин, В.И. Каченов); «Переработка берегов водохранилищ, сложенных песчано-глинистыми и карбонатными породами», 1981 (5,1 печ. л., соавторы А.И. Печеркин, Ш.Х. Гайнанов); «Инженеры земли», 1984 (7,35 печ. л.); «Инженерная геология СССР». Урал, Таймыр, Казахское складчатое сооружение, 1990 (20 печ. л., отв. редактор и соавтор).

Большинство статей И.А. Печеркина (312 шт.) опубликовано в России и в странах СНГ (Грузия, Киргизия, Узбекистан, Украина, Таджикистан); 24 – в 13 странах Европы (Англия, Болгария, Венгрия, Германия, Италия, Финляндия, Чехия), по 2 – в Азии (Индия, Турция), Северной (Канада, США) и Южной (Аргентина, Бразилия) Америке.

В творческом наследии И.А. Печеркина можно условно (многие публикации имеют комплексный характер), выделить несколько научных направлений: «Инженерная геология» (85 публикаций - 25%), «Карстоведение» (76 публикаций - 24%), «Водоохранилища» (70 публикаций - 20%), «Охрана окружающей среды и инженерная геоэкология» (35 публикаций - 10%), «Гидрогеология» (20 публикаций - 6%), «Гидрохимия» (20 публикаций - 6%), «Научно-организационные вопросы» (31 публикаций - 9%).

Игорь Александрович всегда занимал исключительно активную жизненную позицию. В 1969 г. он избирается деканом геологического факультета, в 1970-1983 гг. работает проректором Пермского университета по научной работе. За время педагогической деятельности И.А. Печеркин читал курсы лекций по общей геологии, геотектонике, поискам и разведке подземных вод, инженерной геологии, геодинамике, инженерному карстоведению, руководил курсовыми и дипломными работами, работой аспирантов.

Приобретя опыт научно-организационной работы (декан геологического факультета, проректор ПГУ по научной работе) И.А. Печеркин в 1977 г. организовал кафедру инженерной геологии, которой заведовал до конца своей жизни.

Период 1977-1991 гг.

Согласно приказа ректора ПГУ № 119 в первый состав Кафедры вошли: зав. кафедрой, профессор И.А. Печеркин, доцент А.Н. Селиверстов, старшие преподаватели В.И. Каченов и В.М. Шувалов, ассистенты Ш.Х. Гайнанов и А.И. Печеркин, лаборант В.Ю. Белов. В дальнейшем на Кафедре начали работать ассистенты: Г.Б. Болотов, В.Е. Закоптелов, В.В. Михалев, А.В. Маклашин, В.П. Тихонов, В.В. Катаев, В.И. Шерстнев. Большинство из них защитили кандидатские диссертации. В учебном процессе принимали участие Н.В. Бельтюкова, Н.Н. Чукавина, В. Симонов.

Основным научным направлением кафедры в 70-е гг. 20 века было изучение геодинамики берегов камских водохранилищ. В 1980-1990-е гг. к нему добавились инженерная геология карста, инженерная геология верхнепермской красноцветной формации, изучение оползней и подтопления берегов камских водохранилищ, вопросы охраны геологической среды.

Сотрудники кафедры выполняли госбюджетные и хоздоговорные работы по территориям от Приполярного Урала и Архангельской области до Украины,

Средней Азии и Кавказа. Преподавателей и студентов интересовали самые разные объекты: флюсовые известняки для Нижне-Тагильского металлургического комбината в Свердловской области, строительные площадки на Среднем Урале, Ровенская атомная станция (РАЭС, Украина) и трасса БАМа, камские водохранилища и горные ГЭС Средней Азии, железные дороги и трассы магистральных газопроводов в Приуралье, Кунгурская ледяная и Ново-Афонская сталактитовая пещеры.

Кафедра выполняла крупные теоретические разработки. Кроме работ И.А. Печеркина, которые отмечены выше, сотрудниками Кафедры опубликованы: А.И. Печеркиным – «Геодинамика сульфатного карста» (1986), В.М. Шуваловым – «Исследование закарстованных территорий и подземных полостей методами электроразведки» и «Геофизические методы при геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях» (1983, 1995). Инженерно-геологическое районирование Урала нашло отражение в монографии «Инженерная геология СССР» (том «Урал, Таймыр и Казахская складчатая страна» авторы И.А. Печеркин и В.И. Каченов, 1990) и разделах тома «Русская платформа» (А.И. Печеркин, Ш.Х. Гайнанов, 1991). Профессор И.А. Печеркин и его сын А.И. Печеркин были соавторами издания «Теоретические основы инженерной геологии» (1985). Работы кафедры завершались подготовкой конкретных документов: рекомендаций по проведению изысканий, заключений по использованию закарстованных территорий, экспертизой проектов, предложениями по организации береговой защиты на водохранилищах.

Преждевременная смерть И.А. Печеркина в 1991 г. была большим ударом для кафедры. В этом же году внезапно ушел из жизни его вероятный преемник – молодой и активно работающий д.г.-м.н., профессор А.И. Печеркин.

Период 1991-2001 гг.

Этот период совпал с периодом распада СССР, многочисленными экономическими кризисами страны и реорганизациями в науке и образовании. В 1992-1995 гг. Кафедрой заведовали доценты – к.г.-м.н. В.М. Шувалов и к.г.-м.н. Ш.Х. Гайнанов.

В 1995-2000 гг. Кафедрой руководил д.г.-м.н., профессор заслуженный эколог России ***Быков Владимир Никифорович*** (16.09.1933-12.06.2015), крупный специалист в области нефтегазовой геологии, карстоведения, недропользования, геоэкологии городов; автор более 200 печатных работ, в том числе 10 монографий.

Кафедра стала активно развивать геоэкологическое направление, решать проблемы охраны и рационального использования недр, выполняя различные договорные работы экологической направленности. С 1996 г. она стала называться кафедрой инженерной геологии и охраны недр. В это время изменился ее состав: ушли в другие вузы, на производство и в коммерческие структуры ряд сотрудников из первого состава. В середине 90-х гг. на кафедру пришли известные специалисты: доктора наук, профессора В.Ф. Мягков (1994), В.Н. Дублянский (1997) и Г.Н. Дублянская (2001) и др.

Одно из научных направлений работы Кафедры это периода – «Моделирование и анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых» – развивал заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный академик Академии горных наук, профессор, д.г.-м.н. **Мяжков Владимир Фаддеевич** (10.08.1929-05.07.2013). Научные отчеты и их результаты внедрены в производство с высоким экономическим эффектом. Созданы инструктивно-методические руководства по геологическому обеспечению горных предприятий, разрабатывающих месторождения алмазов, различных руд на 56 объектах и добывающих ежегодно более 150 млн. тонн минерального сырья.

В 2001 г. Кафедру возглавил д.г.-м.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины **Дублянский Виктор Николаевич** (19.05.1930-22.09.2012) – крупный специалист в области геология и гидрогеология карста, изучения парагенезисов геологических процессов, автор 570 печатных работ, в том числе 30 монографий.

Кафедра стала активно развивать направления, связанные с изучением карстовых и других геологических процессов.

Наиболее крупные работы этого периода были опубликованы профессорами В.Н. Дублянским и Г.Н. Дублянской: «Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий» (1992), «Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление» (1998), «Занимательная спелеология» (2000), «Классификация и использование подземных пространств» (2001), «Карст Бзыбского хребта» (2001).

Кафедра возобновила прерванное в 1993 г. издание основанного Г.А. Максимовичем межвузовского сборника «Пещеры». Профессор В.Н. Дублянский – восстановил контакты с карстоведами и спелеологами и издал 3 выпуска сборника (1999, 2001, 2004).

Ряд монографических работ опубликовал профессор В.Н. Быков: «Основы недропользования» (2000), «Правовые основы недропользования» (2000), «Региональное недропользование» (с В.А. Кирилловым, 2001), «Эколого-геологическая обстановка города» (совместно с М.Ш. и Д.М. Димухаметовыми, 2001) и др.

Период 2001-2011 гг.

В 2001-2005 гг. Кафедрой заведовали: д.г.-м.н., профессор В.Н. Дублянский, к.г.-м.н., доцент, Почетный работник высшего профессионального образования РФ В.М. Шувалов. На Кафедре активно развивались направления, связанные с изучением геодинамических процессов, изучались проблемы геоэкологического картографирования и оценки геологической среды; активно развивалось направление, связанное с применением геофизических и других методов в инженерной и экологической геологии.

С апреля 2005 г. Кафедру возглавил (и настоящее время продолжает руководить) д.г.-м.н., профессор **Середин Валерий Викторович**, который закончил в 1977 г. Ленинградский Государственный университет им. А.А. Жданова по специальности «Гидрогеология и инженерная геология» с

квалификацией «Инженер геолог-грунтовед». В 1986 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском горном институте им. Г.В. Плеханова. В 2000 г. ему присуждена ученая степень доктора геолого-минералогических наук за защиту диссертации: «Геоэкологические условия санаций нефтезагрязненных территорий» (Пермь, 1999). Ученое звание профессора по кафедре инженерной геологии и охраны недр присвоено в 2006 г. В.В. Середин работал в научно-исследовательских и проектных институтах на различных должностях. С 1989 г. и по настоящее время работает генеральным директором в научно-исследовательском, проектом и производственном предприятии по природоохранной деятельности «Недра» (ООО НИПППД «Недра»). В период с 2003-2007 гг. работал в Администрации Пермского края в должности начальника Управления, Министра промышленности и природных ресурсов. В.В. Середин входит в состав диссертационных советов по защите кандидатских и докторских работ. За время преподавательской деятельности (с 2004 г.) им было подготовлено: 5 кандидатов наук. В настоящее время он руководит еще несколькими соискателями на присуждение ученой степени кандидата и доктора наук. Им опубликовано 108 научных работ, из них 4 монографии, имеет 10 патентов и авторских свидетельств на изобретения. В настоящее время В.В. Середин имеет высокий индекс Хирша (h-index РИНЦ = 21).

На кафедре в этот период в разное время работали: заслуженные работники науки и техники профессора и доктора наук: В.Ф. Мягков, Г.Н. Дублянская, В.Н. Дублянский, д.т.н. Л.М. Тимофеева, д.э.н. Е.А. Малышев, д.м.н. М.В. Пушкарева, д.б.н. С.А. Илларионов; профессора, кандидаты наук: В.И. Каченов и М.Ш. Димухаметов; кандидаты наук, доценты: С.М. Блинов (в течение 10 лет был деканом геологического факультета), Д.М. Димухаметов, В.П. Костарев, Н.Г. Максимович (заместитель директора ЕНИ по научной работе), Л.В. Печеркина (зам. декана), В.А. Березнев, В.П. Тихонов, В.М. Шувалов, А.В. Коноплев, И.С. Копылов, А.К. Алванян, старшие преподаватели: А.В. Маклашин, Т.И. Караваева, ассистенты Т.Г. Ковалева, О.М. Лихая, А.В. Белобородов, Е.Л. Портареску, Е.Н. Батурин, С.В. Щербаков, Д.Р. Золотарев, заведующая методкабинетом Т.В. Шаварина (с 1992 г.), ведущий инженер Л.А. Пунгина, инженер Т.А. Аристова.

Сотрудники кафедры участвовали в выполнении работ по государственным контрактам: «Научно-техническое обоснование приоритетных мер защиты г. Кунгур от вредного влияния паводковых вод рр. Сылва, Ирень, Шаква» (Г.Н. Дублянская, 2005); «Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермского края для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые» (А.В. Коноплев, И.С. Копылов, 2005); «Разработка концепции и технико-экономических соображений комплексного освоения природно-ресурсного потенциала промышленно-экономических районов Пермского края» (А.В. Коноплев, И.С. Копылов, П.А. Красильников, 2006-2007); «Мониторинг закарстованных территорий Пермского края» (Г.Н. Дублянская, 2006-2010); «Концепция геологической безопасности г. Перми»

(А.В. Коноплев, И.С. Копылов, 2010).

Наиболее крупными изданиями этого периода были монографии В.Н. Дублянского: «Красная пещера» (2002), «Карстование» (2004), «Кунгурская пещера. Опыт режимных наблюдений» (2005), «Пещеры и моя жизнь» (2006), «Карст Мира», «Региональное карстование» (2007). Крупные работы опубликовали доценты В.А. Шерстнев («Водообильные зоны», 2002), М.Ш. и Д.М. Димухаметовы («Методика инженерно-геологических исследований для гражданского и промышленного строительства», 2006); Доцент А.В. Коноплев (с И.В. Кустовым и П.А. Красильниковым) выпустили в 2007 г. учебно-методическое пособие «Геоинформационные системы в геологии». Доцентом В.М. Шуваловым в этот период издано более 25 учебных пособий и методических указаний по геофизике. В 2009 г. им опубликован учебник «Геофизические методы в инженерной и экологической геологии», в 2010 г. опубликовано учебное пособие «Геофизические методы исследований и интерпретация геофизических данных», в 2010 г. В.А. Березнев и В.М. Шувалов выпустили учебное пособие «Инженерные сооружения».

Период 2011 г. – настоящее время

Состав Кафедры значительно изменился и в настоящее время включает 23 сотрудников: заведующий – д.г.-м.н., профессор В.В. Середин; профессора: д.э.н., проф. Е.А. Малышев, д.г.-м.н., доцент И.С. Копылов, к.г.-м.н., доцент В.И. Каченов; доценты, кандидаты наук: А.К. Алванян, С.М. Блинов, Ш.Х. Гайнанов, Д.М. Димухаметов, Т.И. Караваева, Т.Г. Ковалева, П.А. Красильников (зам. декана по научной работе), М.Ф. Леонович, А.В. Маклашин, О.А. Маковецкий, В.П. Тихонов, В.М. Шувалов, М.Р. Ядзинская; старшие преподаватели: к.г.-м.н. П.А. Белкин, Н.С. Бахарева, Л.А. Новопоселенских, А.Е. Путилов, К.А. Алванян; ассистент Т.Ю. Хлуденева (зам. декана по общим вопросам); зав. методкабинетом Т.В. Шаварина, инженер И.В. Вострецова (рис. 1).

Сотрудниками Кафедры за этот период опубликованы монографии и учебные пособия: «Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии» (В.В. Середин, 2012), «Грунтоведение» Ч. 1, 2 (В.В. Середин, В.И. Каченов, 2012); «Геокриология» (А.К. Алванян, 2012), «Основы криогенеза литосферы» (А.К. Алванян, 2012), «Инженерная геодинамика: курс лекций» (Т.И. Караваева, 2012), «Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография» (М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев, 2012); «Геологическое строение и ресурсы недр». В книге: «Атлас Пермского края» (И.С. Копылов, А.В. Коноплев, 2012); «Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография» (И.С. Копылов, 2012); «Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография» (И.С. Копылов, 2013); Золото-алмазная колыбель России: монография (И.С. Копылов, В.А. Наумов, О.Б. Наумова, Т.В. Харитонов, 2015); Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования (Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, 2015); Региональная инженерная геология: учеб. пособие (А.В. Коноплев, Т.Г. Ковалева, 2016); Ландшафтно-геодинамический

анализ при поисках нефти и газа: монография (И.С. Копылов, 2018); Региональная минерагения общераспространенных полезных ископаемых (на примере Пермского края) (Р.Г. Ибламинов, А.К. Алванян, 2018); Практические задачи по геокриологии: учеб. пособие (А.К. Алванян, Т.Г. Ковалева, 2019); Geological structure and mining development of the Urals. Post-conference tour. Perm - Yekaterinburg - Nizhny Tagil - Perm. 19-22 July 2019 (Rybnikova L.S., Naumova O.V., Rybnikov P.A., Naumov V.A., Navolokina V.Yu., Sosnin V.E., Korylov I.S., 2019); Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности (И.С. Копылов, 2019). В этот период резко повысилась публикационная активность, сотрудниками Кафедры было опубликовано более 300 статей в различных журналах и материалах конференций.



Рис. 1. Коллектив кафедры инженерной геологии и охраны недр, 28.12.2019
 (1 ряд, слева: Т.Г. Ковалева, Т.Ю. Хлуденева, В.В. Середин, Т.В. Шаварина,
 И.В. Вострецова, В.М. Шувалов; 2 ряд, слева: И.С. Копылов, В.И. Каченов, М.Ф. Леонович,
 Т.И. Караваева, П.А. Красильников, А.К. Алванян, П.А. Белкин, Е.А. Малышев,
 А.В. Маклашин)

С 1977 г. Кафедрой подготовлено и выпущено более 1,5 тыс. специалистов, деятельность которых в основном связана с геологией. Научные направления кафедры представляют интерес для законодательных органов, краевой администрации, администраций местного самоуправления, акционерных обществ, связанных с эксплуатацией природных ресурсов,

строительных, транспортных, дорожных, страховых компаний, органов федерального контроля и т.д. Некоторые выпускники достигли больших успехов и занимают руководящие должности на предприятиях и в учреждениях, работающих по проблемам инженерной геологии, гидрогеологии, геоэкологии, геофизики. Многие выпускники Кафедры имеют правительственные награды и ученые звания, защитили докторские и кандидатские диссертации.

Учебно-методическая деятельность кафедры

Кафедра ведет занятия по учебным дисциплинам инженерно-геологической направленности для студентов бакалавров, специалистов и магистров специальности «Гидрогеология и инженерная геология» и направления «Геология». На кафедре функционирует очная и заочная аспирантура.

Дисциплины, преподаваемые на кафедре:

- общая геология,
- грунтоведение,
- механика грунтов,
- геокриология,
- гидрогеология, инженерная геология и геокриология,
- инженерно-геологические изыскания в районах вечной мерзлоты,
- гидрогеология и инженерная геология,
- инженерная геодинамика,
- основы инженерной геодинамики,
- инженерно-геологическое прогнозирование,
- карстоведение,
- инженерное карстоведение,
- региональная инженерная геология,
- специальная инженерная геология,
- инженерные сооружения,
- экологическая геология,
- методика инженерно-геологических исследований специфических грунтов,
- методы гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических исследований,
- аэрокосмические методы,
- геоинформационные системы и технологии,
- математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии,
- компьютерная обработка данных инженерной геологии,
- автоматизированные методы инженерно-геодезических работ,
- высшая геодезия,
- геодезическая астрономия с основами астрометрии,
- геодезическое инструментоведение,
- инженерно-геодезические изыскания,
- космическая геодезия и геодинамика,

- математические методы обработки и анализа геодезических данных,
- прикладная геодезия,
- спутниковые технологии топографических работ,
- теоретические основы обработки геодезических данных,
- электронные геодезические средства измерения,
- нормативно-методическая база инженерно-геологических исследований,
- планирование и организация инженерно-геологических работ,
- современные проблемы экономики, организации и управления в области геологоразведочных работ и недропользования,
- правовые основы, экономика и организация геологоразведочных работ,
- научный семинар «Современные проблемы наук о Земле».

Основная задача сотрудников Кафедры – подготовка высококвалифицированных специалистов по инженерной геологии и охране недр. Для обеспечения учебного процесса на кафедре опубликовано более 100 учебных пособий, методических указаний, программ по читаемым курсам. Их основой стали несколько десятков монографий, подготовленных сотрудниками кафедры, и более 2 тыс. научных публикаций.

Кафедра работает в тесном сотрудничестве с кафедрой динамической геологии и гидрогеологии, Институтом карстоведения и спелеологии (при изучении карста), с гидрологами и экологами географического факультета и научно-исследовательскими лабораториями Естественнонаучного института (ЕНИ) ПГНИУ, ООО «ВерхнеКамТИСИЗом», ООО «Недра», ПНИПУ.

Научно-исследовательская деятельность кафедры

Организация конференций

Кафедра была организатором и участником более 50 международных, региональных конференций и совещаний. Из всех конференций (проведенных с 1991 г. по настоящее время) следует отметить наиболее актуальные: «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды» (Пермь, 1997), «Кунгурская ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности» (2003), «Карстоведение-XXI века: теоретическое и практическое значение» (2004), «Современные проблемы исследования водохранилищ» (2005), «Проблемы инженерной геологии карста и берегов водохранилищ» (2008), ежегодные научно-практические конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (1999-2019), «Геология в развивающемся мире» (2007-2019), «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения» (2015-2019).

Защиты диссертаций

При Кафедре было защищено более 50 диссертаций на соискание ученой степени кандидатов геолого-минералогических наук, большая часть из них была защищена под руководством И.А. Печеркина (до 1991 г.), в более поздний период (с 1991 г.) защитили кандидатские диссертации: М.Ш. Димухаметов (1995); А.И. Смирнов (1998); Н.А. Даровских (1999); С.М. Блинов (2000), Д.М. Димухаметов (2000), И.С. Копылов (2002), А.В. Коноплев (2004), С.В. Казакевич (2004), А.К. Алванян (2011), Т.И. Караваева (2011),

П.А. Красильников (2011), Т.И. Ковалева (2015), М.Р. Ядзинская (2017), П.А. Белкин (2019), А.С. Хрулев (2019), Т.Ю. Хлуденева (2020).

Кафедра принимала участие в подготовке 11 диссертаций докторов геолого-минералогических наук: В.Н. Андрейчук (1995); Г.Н. Дублянская (1998 – перезащита в Москве в связи с отсутствием договора о нострификации с Украиной); В.В. Середин (1999); В.Н. Катаев (2000), Б.А. Вахрушев (2004 – защита в Киеве); Г.И. Рудько (2005 г. – защита в Симферополе, получение третьей докторской степени по специальности «Экология»). 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». В настоящее время под руководством В.В. Середина подготовлены два докторанта – А.В. Татаркин и П.А. Красильников. Завершает работу над докторской диссертацией О.А. Маковецкий.

Современные направлениями научной деятельности

В настоящее время сотрудники Кафедры работают по многим направлениям: изучение и прогноз опасных инженерно-геологических процессов; геодинамика берегов водохранилищ; инженерно-геологическое обеспечение размещения твердых отходов в недрах; оценка и инженерно-геологическое изучение опасных геологических процессов на ключевых участках магистральных нефтегазопроводов; геофизические изыскания при изучении инженерных объектов, карста и подземных пространств, коммуникаций; разработка природоохранных мероприятий в районах развития горного, горно-химического, горно-металлургического и нефтегазодобывающего производства; основы недропользования; геологическое обоснование экологических мероприятий; эколого-геологические условия ПТК с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций; инженерное карстоведение; картографирование распространения карстующихся пород и инженерно-геологическая типизация карста России и Пермского края; классификация, использование и охрана подземных пространств.

В соответствии с названием кафедры основными направлениями ее научной деятельности стали разделы инженерной геологии и охраны недр.

Раздел **«Грунтоведение»** представлен работами по оценке инженерно-геологических свойств карбонатных, сульфатных, соляных и терригенных пород; условий их залегания; пространственной неоднородности и нарушенности (структурный анализ, трещиноватость, определение напряженного состояния и устойчивости отдельных массивов пород).

На Кафедре в последние годы при поддержке ООО «Недра» выполнялись научно-исследовательские работы по следующим направлениям:

- оценка напряженного состояния грунтов (науч. рук. В.В. Середин);
- прогноз прочностных свойств грунтов загрязненных нефтью (науч. рук.

В.В. Середин);

- изучение закономерностей изменения строения и свойств грунтов под воздействием солевых растворов (науч. рук. В.И. Каченов);

- морозное пучение грунтов (науч. рук. А.К. Алванян);

- прогноз загрязнения грунтов углеводородами (науч. рук. М.Ф. Леонович);

- разработка методики районирования территорий нефтяных месторождений (науч. рук. П.А. Красильников);

Раздел **«Инженерная геодинамика»** представлен циклом работ (практически всех сотрудников Кафедры), посвященных инженерно-геологическим процессам (выветривание, эрозия, абразия, карст, суффозия, оползни, подтопление и пр.). Еще в 60-е гг. профессор И.А. Печеркин пришел к пониманию необходимости комплексного изучения инженерно-геологических процессов; в 90-е гг. эта идея была развернута в учение о их парагенезисе, которое было продолжено работами В.Н. Дублянского и Г.Н. Дублянской, а также – В.Н. Быкова, в исследованиях экологических функций литосферы. Исследованиями карста занимается Т.Г. Ковалева, суффозией – Д.М. Димухаметов, процессами переработки берегов водохранилищ – В.И. Каченов. И.С. Копыловым развивается новое научное направление, находящееся на стыке современной геодинамики и неотектоники с инженерной и экологической геологией – «Учение о геодинамических активных зонах»; разработаны научно-методические основы учения, изучается влияние геоактивных зон на инженерно-геологические и геоэкологические условия различных объектов и территорий.

Раздел **«Региональная инженерная геология»** представлен сотнями работ. Научные исследования по госбюджетным и хоздоговорным темам проводились в различных регионах России (Восточная и Западная Сибирь, Урал и Приуралье, Центральная Россия, Север, Средняя Азия и др.). И.С. Копыловым и А.В. Коноплевым (2000, 2005, 2012, 2016) составлены: инженерно-геологическая карта Пермского края масштаба 1: 500 000 с геоинформационной базой данных, которая периодически обновляется и атлас карт геологического содержания (геологические, гидрогеологические, геоэкологические, геохимические, геодинамические и др. карты). В.В. Серединым разработана методика оценки инженерно-геологических условий на основе математических методов. Изучение инженерно-геологических условий территорий, сложенных терригенными красноцветными формациями проводит Ш.Х. Гайнанов.

В разделе **«Специальная инженерная геология»** рассматриваются работы, связанные с освоением месторождений и стройплощадок, гидротехническим и гражданским строительством, с созданием линейных объектов, организацией и инженерными исследованиями с использованием:

- комплексом методов, связанных с вопросами геотехники, оснований и фундаментов, подземных сооружений (О.А. Маковецкий),

- инженерной геодезии (А.Е. Путилов),

- геофизических методов (В.М. Шувалов),

- аэрокосмических методов и дистанционного зондирования Земли (И.С. Копылов),

- геоинформационного моделирования (П.А. Красильников).

Раздел **«Инженерная экология и охрана окружающей среды»** рассматривает вопросы охраны окружающей среды, рационального недропользования (при разработке 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, влияние деятельности человека на окружающую среду, загрязнение грунтовых вод, управление карстовым процессом и борьба с его последствиями, влияние промстоков, принципы выделения водоохранных зон, геосистемный анализ территорий при инженерных изысканиях. **«Геоэкология»** - междисциплинарная наука. Ее важными вопросами, которые рассматриваются на Кафедре, являются: геодинамика и ее влияние на состав, состояние и эволюцию окружающей среды, моделирование геоэкологических процессов, геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля, геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов, геоэкологическая оценка территорий, современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии, геологическая и экологическая безопасность городов, объектов недропользования и инфраструктуры. **«Экологическая геология»** - 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. Вопросами данного раздела занимаются С.М. Блинов, Т.И. Караваева, И.С. Копылов, В.П. Тихонов и др.

Материальная база

Кафедра оснащена лабораториями грунтоведения и механики грунтов, инженерной геофизики с установленным современным оборудованием, которые позволяют проводить учебные занятия и вести научно-исследовательские работы. Имеется свой компьютерный класс, в котором проводятся занятия по геоинформационным системам (ГИС), математическим, аэрокосмическим методам в геологии. Штатные сотрудники кафедры используют в учебном процессе современные мультимедийные ноутбуки и компьютеры.

Библиографический список

1. Дублянский В.Н. Кафедра инженерной геологии и охраны недр на пороге XXI века // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 2002. С.163-169.

2. 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.) // Геоэкология, инженерная геодинамика,

геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермь, 2018. С. 17-29.

3. 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) // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 17-23.

4. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении - НШ "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф. Гл. ред. И. С. Копылов; Пермь, 2016. С. 19-27.

5. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О развитии научного направления - "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НШ "ГИГГБ") // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермь, 2018. С. 30-34.

6. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Научная школа Пермского университета и Естественнонаучного института "Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность" // Теория и методы исследований в естественных науках. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф. Гл. ред. И. С. Копылов; Пермь, 2016. С. 90-98.

7. Кутепов В.М., Печеркина Л.А., Каченов В.И., Димухаметов М.Ш. Игорь Александрович Печеркин – основатель Пермской инженерно-геологической школы // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. ун-т, ВерхнекамГИСИЗ и др., 2008. С.215-222.

8. Печеркина Л.В. К 90-летию профессора И.А. Печеркина // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 13-16.

9. Печеркина Л.А., Гаев А.Я., Дублянский В.Н. Игорь Александрович Печеркин – основоположник Пермской инженерно-геологической школы // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1997. С.5-11.

10. Печеркина Л.В., Иванова Т.А., Инзельберг В.Д.. Игорь Александрович Печеркин (1928 -1991): Биобиблиография / Отв. редактор Л.В. Печеркина. Пермь: Перм. ун-т, 2008.

11. Профессора Пермского университета. 1916-2016 / Гл. ред. В.И. Костицын. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. 451 с.

12. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. Печёркин Игорь Александрович – основатель кафедры инженерной геологии Пермского университета, основоположник Пермской инженерно-геологической школы // Инженерная геология и охрана недр: сб. науч. тр. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. С. 6-12.

13. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. О научном вкладе в развитие инженерной геологии И.А. Печеркина // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / Гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 13-18.

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.А. ПЕЧЕРКИНА В НАУЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЯХ НШ «ГИГГБ»

Рассматривается развитие научной школы Пермского государственного национального исследовательского университета и Естественнонаучного института «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность», ее научная и научно-образовательная деятельность. Проведен наукометрический анализ работ И.А. Печеркина и современных работ научной школы. Отмечено, что основные научные направления, которые входили в сферу интересов И.А. Печеркина продолжают развиваться, при этом приобретают современные научные формы.

Ключевые слова: наука, научная школа Университета, геоэкология, инженерная геология, геодинамика, И.А.Печеркин.

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

Perm State University, Perm, Russia

DEVELOPMENT OF IDEAS I.A. PECHERKINA IN SCIENTIFIC GEOLOGICAL DIRECTIONS OF THE SCIENTIFIC SCHOOL «GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY»

The development of the scientific school of the Perm State National Research University and the Natural Sciences Institute "Geoecology, Engineering Geodynamics and Geological Safety", its scientific and educational activities are considered. A scientometric analysis of the work of I.A. Pecherkin and modern works of a scientific school. It is noted that the main scientific areas that were in I.A. Pecherkin continues to develop, while acquiring modern scientific forms.

Key words: science, scientific school of the University, geoecology, engineering geology, geodynamics, I.A. Pecherkin.

Научная школа «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность» (НШ «ГИГГБ») была создана (зарегистрирована) 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 инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН) при содействии других кафедр геологического факультета ПГНИУ.

Целью деятельности НШ «ГИГГБ» является *создание нового научного знания*, актуального для теории и практики путем проведения фундаментальных и прикладных научных исследований; развитие научного потенциала ЕНИ ПГНИУ и Университета, 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.

Исторический и методологический фундамент школы

НШ «ГИГГБ» 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 геологии и инженерного карстоведения *И.А. Печеркина*. Школа поддерживает традиции, заложенные ее основоположником – *Печеркиным Игорем Александровичем* (1928-1991), д.г.-м.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники России, основатель кафедры инженерной геологии Пермского университета, автор 361 печатных работ, в том числе 9 монографий. Руководитель 22 кандидатских диссертаций. Его научные взгляды по инженерной геодинамике и другим направлениям являются фундаментальными основами школы. Значительный вклад в развитие научных представлений школы также внесли: *Шимановский Леонид Андреевич* (1930-1993), д.г.-м.н., профессор (региональные гидрогеологические и неотектонические исследования; автор 300 печатных работ, в том числе 6 монографий); *Дублянский Виктор Николаевич* (1930-2012), д.г.-м.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины (геология и гидрогеология карста, изучение парагенезисов геологических процессов; автор 570 печатных работ, в том числе 30 монографий); *Быков Владимир Никифорович* (1933-2015), д.г.-м.н., профессор, заслуженный эколог России (исследования в области недропользования, геоэкологии города, нефтегазовой геологии и карстоведения; автор более 200 печатных работ, в том числе 10 монографий).

Вместе с тем, учитывая современные тенденции развития науки, техники и общества НШ «ГИГГБ» развивает в рамках своей научной школы направления, связанные с геоэкологией и родственными ей науками, рациональным недропользованием, геологической и экологической безопасностью, а также – междисциплинарные исследования на стыке наук – геологии, географии, биологии, экологии.

В настоящее время в составе коллектива 20 исследователей: 3 доктора наук, 7 кандидатов наук, 10 специалистов [38].

Основные научные результаты последних лет

Фундаментальные работы: разработка концепции геологической безопасности города Перми (2010 г.); разработка теории, методов и технологий выявления и картирования геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы (2012-2013 гг.); закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования (2014-2016 гг.).

В настоящее время разрабатываются теоретические и методологические основы: геосистемный анализ в геоэкологии и инженерной геологии; учение о геодинамических активных зонах; неотектоническая модель нефтидогенеза и рудогенеза; интегральная геоэкологическая оценка; теория и методология золототехногенеза; основы космогеологических и геоинформационных исследований.

Прикладные работы. За последние годы исследователями НШ «ГИГГБ» выполнено более 25 работ научно-прикладного характера. Сведения о них приведены в работах [19-21] и на сайте школы [38].

Научно-образовательной деятельности. Подготовка кадров высшей квалификации последних лет: 2 защиты докторских и 2 защиты кандидатских диссертаций. В настоящее время также подготовлены соискателями 1 докторская и 2 кандидатских диссертаций.

В 2015-2019 гг. в процессе научно-образовательной деятельности студентами геологического факультета ПГНИУ на научных конференциях и семинарах под руководством членов НШ «ГИГГБ» сделано более 800 докладов, опубликовано и подготовлено более 400 статей и тезисов конференций [17].

Основные научные публикации. Научные и научно-методические публикации коллектива: более 500 в т.ч.: монографии – 20, методические и учебные издания – 8, патенты и изобретения – 6.

За 2015-2019 гг. НШ «ГИГГБ» организованы и проведены 7 международных конференций и несколько научных семинаров. Опубликовано: 7 монографий, 5 сборников научных трудов (рис. 1), более 200 статей (РИНЦ), основные из них приведены в списке [1-37].

Анализ научных направлений и работ И.А. Печеркина и НШ «ГИГГБ»

Как известно [4, 5] в творческом наследии И.А. Печеркина (где многие публикации имеют комплексный характер), условно выделено 9 научных направлений. В НШ «ГИГГБ», а также на кафедре ИГиОН (которую основал И.А.Печеркин и с которой тесно связана НШ «ГИГГБ») в той или иной мере развиваются все эти направления. Наукометрический анализ работ И.А. Печеркина, кафедры ИГиОН и НШ «ГИГГБ» отражен в табл. 1.

В результате анализа установлено, что научные геологические разделы: «Инженерная геодинамика», «Гидрогеология», «Гидрохимия» в настоящее время на кафедре ИГиОН и НШ «ГИГГБ» развиваются примерно в том же объеме, что и фактически делалось И.А.Печеркиным. Более активно развивается раздел «Грунтоведение» на кафедре ИГиОН и раздел «Региональная и специальная инженерная геология» в НШ «ГИГГБ» и на кафедре ИГиОН. Слабо развиваются научные направления «Карстоведение» и «Водохранилища», которым И.А.Печеркин посвятил основную часть своих работ. Здесь необходимо отметить, что этими направлениями занимаются другие кафедры и подразделения геологического и географического факультета и ЕНИ ПГНИУ. Также отмечается, что активно развивается в НШ «ГИГГБ» «Поисковая геология», вопросами которой И.А. Печеркин не занимался.

Таблица 1

Наукометрический анализ работ И.А. Печеркина, кафедры ИГиОН и
НШ «ГИГГБ»

Разделы науки, развиваемые И.А.Печеркиным		И.А.Печеркин 361 печатных работ %	Кафедра ИГиОН 2015-2019 гг. ок. 300 печатных работ %	НШ «ГИГГБ» 2015-2019 гг. ок. 300 печатных работ %
1	Грунтоведение	6	15	5
2	Инженерная геодинамика	6	10	10
3	Региональная и специальная инженерная геология	13	25	20
4	Карстоведение	24	4	4
5	Водохранилища	20	1	1
6	Геоэкология и охрана окружающей среды	10	20	30
7	Гидрогеология	6	6	6
8	Гидрохимия	6	6	6
9	Научно- организационные вопросы	9	3	3
10	Поисковая геология	0	10	15

Примечание: больше статей меньше статей примерно равное число статей

В целом можно отметить, что основные научные геологические направления, которые входили в сферу интересов И.А. Печеркина и развивались ранее в период 20-40 летней давности продолжают развиваться (за исключением раздела «Водохранилища»), при этом приобретают современные научные формы.

Библиографический список

1. Бачурин Б.А., Костарев С.М. Современные геохимические технологии идентификации источников нефтяного загрязнения гидросферы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. № 11. С. 45-50.
2. Двинских С.А., Копылов И.С. Концепция индекса экологического благополучия города // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию профессора И.А. Печеркина. 2019. С. 75-86.

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.) // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермь, 2018. С. 17-29.
5. 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) // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина. Пермь, 2019. С. 17-23.
6. 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.
7. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. №4(29). С.70-81.
8. Копылов И.С. Изучение минерагенической, геоэкологической, гидрогеологической, инженерно-геологической роли геодинамических активных зон: теоретические и методологические аспекты // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф.. 2016. С. 206-217.
9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 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. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // В сборнике: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей: материалы конференции. 2015. С. 189-193.
14. 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.
15. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ Сборник научных статей. 2017. С. 178-186.
16. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 172-177.
17. Копылов И.С. Современные проблемы геологии и геологического образования: итоги трехлетнего научно-исследовательского семинара по геологии в Пермском университете и НШ ГИГТБ // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина; Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. С. 44-54.
18. 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. Сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф.. 2016. С. 32-47.
19. 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. Сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 90-98.
20. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении – НШ «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 19-27.
21. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О развитии научного направления - "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НШ "ГИГГБ") // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Сб. науч. ст. по мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермь, 2018. С. 30-34.
22. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологические оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.
23. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.
24. 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. Сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 63-76.
25. 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.
26. Костарев С.М., Бачурин Б.А., Одинцова Т.А. Методические проблемы оценки нефтяного загрязнения подземных вод // Нефтепромысловое дело. 2016. № 12. С. 52-56.
27. Красильников П.А. Принципы формирования инженерно - геологических баз данных при разработке месторождений полезных ископаемых // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И.Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5. № 3. С. 345-357.
28. 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.
29. Попов А.Г. Глубинный геологический разрез и тектоника Северного Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. Т. 16. № 1. С. 26-34.
30. Рогозин М.В., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы. Пермь, 2015. 277 с.
31. Рогозин М.В. Лесные экосистемы и геобиологические сети. Пермь, 2016. 171 с.
32. Середин В.В., Красильников П.А. Инженерно-геологическое районирование, основанное на многомерной оценке классификационного показателя // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. № 2 (31). С. 48-54.
33. Харитонов Т.В. Алмазность Урала. Обзор литературы. Аннотированный библиографический указатель. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
34. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. Geocology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection // European Journal of Natural History. 2016. № 4. С. 17-21.
35. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // I.S. Kopylov, O.N. Kovin, A.V. Konoplev. 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.
36. Rybnikova L.S., Naumova O.B., Rybnikov P.A., Naumov V.A., Navolokina V.Yu., Sosnin V.E., Kopylov I.S. Geological structure and mining development of the Urals. Post-conference tour. Perm - Yekaterinburg - Nizhny Tagil - Perm. 19-22 July 2019. Депонированная рукопись Редакторы: Рыбникова Л.С., Наумова О.Б. № 462283 12.08.2019.
37. Torgashov E.V., Kovin O.N., Anderson N.L. A case study on usage of electrical resistivity tomography for dam seepage location, Chesterfield, Missouri // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 2 (27). С. 34-40.
38. <http://georif.nethouse.ru>. Сайт научной школы.

В.А. Наумов, В.В. Голдырев, К.И. Мовзитова

Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь, Россия

ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Рассмотрены глобальные проблемы, которые ставят под угрозу существования цивилизации. К таким проблемам относятся: 1) истощение минерально-сырьевой базы природных объектов; 2) усиление негативного влияния на окружающую среду, за счет образования огромных объемов отходов горного производства – техногенно-минеральных образований (ТМО). Повторное вовлечение ТМО в хозяйственную деятельность человека позволит нивелировать глобальные проблемы в рамках концепции устойчивого развития.

Ключевые слова: устойчивое развитие, техногенно-минеральные образования, глобальные проблемы.

V.A. Naumov, V.V. Goldyrev, K.I. Movzitova

Natural Science Institute, Perm State University, Perm, Russia

TECHNOGENIC AND MINERAL FORMATIONS IN THE FRAMEWORK OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The global problems that are placed under the existence of civilization are considered. Such problems include: 1) depletion of the mineral-crystalline base of natural objects; 2) strengthening the negative impact on the environment, technogenic and mineral formations (TMW). The re-involvement of solid waste in human activities will allow us to level global problems within the framework of the development concept.

Key words: sustainable development, technogenic and mineral formations, global problems.

В 18 веке Томас Мальтус в своей книге «Опыт о законе народонаселения» предостерегал современников, что поскольку число людей, живущих на Земле постоянно растет, то способность планеты обеспечивать их рано или поздно будет исчерпана [1]. Человечество перешло в новый этап развития. Где появилась понимание исчерпаемости минеральных ресурсов и изменения поведения при использовании недр Земли. Впервые такое понимание с точки зрения количественных показателей и моделей развития было представлено в 1972 году в докладе Римскому клубу «Пределы роста». Последующий мониторинг данных подтверждает общие тенденции развития цивилизации [7].

Устойчивое развитие – направление социального, экономического, политического прогресса, которое позволяет удовлетворять потребности нынешнего поколения людей, не разрушая возможностей удовлетворять их потребности следующими поколениями. Концепция устойчивого развития ведется в рамках деятельности Римского клуба [7].

Современные способы добычи минерального сырья и правовая база разработки месторождений направлены на извлечение одного полезного компонента в наиболее простой и доступной форме его нахождения. Для твердых полезных ископаемых (ТПИ) – это минеральная или породная твердая фаза. Для жидких – соответственно только жидкая. При этом не оцениваются варианты использования жидкой фазы для месторождений ТПИ и иных компонентов жидкой фазы основного полезного ископаемого. Мы оставляем будущее комплексное освоение ресурсов нашим потомкам, складывая побочные продукты в пределах отвалов. Следствием частичной (неполной) добычи полезных компонентов стали экологические проблемы, возникшие на месте добычи полезных ископаемых. Проблемы создают именно те полезные компоненты, добыча и использование которых принесло бы существенный плюс экономике разработки месторождений.

Современный подход геологов к многоцелевому освоению месторождений и снижению нагрузки на окружающую среду реализуется идеей реинжиниринга хвостохранилищ. Решение данной проблемы возможно с учетом современных представлений о ТМО как продуктах геологической деятельности человека. При таком подходе к ТМО мы не имеем права отождествлять их с отходами производства. Их следует рассматривать как промежуточный продукт, технологический резерв месторождения, пригодный для дальнейшего использования.

Человечеству угрожают глобальные проблемы существования цивилизации. К таким проблемам относятся:

1. Истощение минерально-сырьевой базы природных объектов;
2. Уменьшение жизненного пространства и усиление процессов преобразования окружающей среды в связи с образованием огромных объемов отвалов горного производства – техногенно-минеральных образований (ТМО).

Техногенно-минеральные образования становятся ведущим фактором преобразования облика Земли. Огромная масса новообразованной оболочки Земли - техносферы составляет одну миллионную долю массы земной коры. Необходимо повторное вовлечение техногенно-минеральных образований в хозяйственную деятельность человека. Использование новой геологической среды позволит снизить негативное влияние возникающих глобальных проблем и обеспечивает устойчивое развитие цивилизации.

Вновь образованные нетрадиционные источники минерального сырья (техногенно-минеральные образования, имеющие определенную затратную стоимость) требуют создания новых технологий и поиск экономически оправданных направлений их использования и новых нормативных подходов. Попытка разработки ТМО традиционными способами приведет к усугублению выше рассмотренных проблем. Вовлечение техногенных отходов в новый цикл переработки традиционными методами разрушит устоявшийся экологический баланс, а неполнота знаний о ТМО – приведет к неполноте извлечения полезных компонентов. В большинстве случаев разработка традиционными методами ТМО будет останавливаться высокими финансовыми затратами.

В то же время разработка ТМО имеет ряд преимуществ по сравнению с

природными объектами. В.А. Наумовым и Б.С. Луневым [2], были выделены следующие экономические преимущества освоения ТМО:

1. Известность (географическая). Их координаты зафиксированы в геологических отчетах с точностью до метров. Постановка поисковых работ в традиционном понимании здесь не требуется.

2. Извлеченность полезного ископаемого из недр. Руды, первоначально залегавшие на больших глубинах, теперь находятся на поверхности в отвалах сравнительно небольшой мощности.

3. Доступность. При разработке месторождения была создана необходимая инфраструктура (построены дороги, коммуникации и др.), что значительно уменьшает затраты. При положительных результатах изучения объект можно эксплуатировать сразу.

На основе длительных научных исследований Пермской школы ученых – геологов, изучивших процессы техногенеза и техногеогенеза и влияние этих процессов на перераспределение полезных компонентов внутри отвалов, были сделаны выводы об основных путях освоения ТМО. Это направленное управление природными процессами, происходящими в ТМО, путем внедрения природоподобных технологий, основанных на применении геологических законов изменения вещественного состава ТМО. Они требуют изучения первичного состава природных комплексов, технологий производства из них техногенных образований и последующее комплексное освоение вещества и пространства, занимаемого ТМО.

Природоподобные технологии управления природными процессами в техногенных объектах рассмотрены на примере золотосодержащих ТМО. Выделены следующие направления развития природоподобных технологий:

1. Группа. Природоподобные способы усиления процессов разрушения (высвобождения) золотосодержащих материалов (физические, физико-химические, химические, био-химические, биологические).

2. Группа. Природоподобные технологии перевода золота (частиц, минералов, химических элементов) из золотосодержащего вещества в благоприятные для извлечения формы нахождения.

3. Группа. Природоподобные катализаторы ускорения реакций, сорбенты и системы (вещества) для осаждения золота.

4. Группа. Природоподобные технологии управления переносом золота в виде разных золотоносных фаз (твердые, жидкие, газово-флюидные при возгонке).

5. Группа. Природоподобные технологии управления процессами осаждения, агрегации, укрупнения золотоносных фаз.

6. Группа. Технологии извлечения золотоносных фаз из разных типов их фазового состояния.

Авторы в составе исследовательской группы, с участием иностранных ученых, занимаются разработкой природоподобных технологий, направленных на извлечение золота из твердой и гидроминеральной составляющих ТМО, в том числе, извлечение металлов из растворов при осаждении металла на сорбционный барьер [3-6].

Авторами предложен вариант извлечения золота из техногенных вод; получена полезная модель «Сорбционный модуль для извлечения золота из техногенных золотоносных отвалов». Сущность полезной модели заключается в создании внутри тела отвалов горного производства (ТМО) сорбционного барьера, с целью восстановления золота (других благородных металлов), содержащегося в растворенной, коллоидной форме в техногенных водах в виде металлических наночастиц. Сорбционные барьеры представляют собой модули, состоящие из перфорированного корпуса и сорбционных сменных элементов. Особенность предлагаемой полезной модели является использование естественной или принудительной циркуляции растворов в теле ТМО для достижения положительного результата

Плюсами технологии являются низкие финансовые и трудовые затраты, отсутствие дополнительной нагрузки на окружающую среду. Основным минусом данной технологии является растянутость процесса добычи на достаточно большой промежуток времени.

Появление природоподобных технологий – результат осмысления огромного объема накопленной информации, практического опыта наблюдений по изменению среды, реализованного на природно-техногенных объектах (например, техногенных россыпях Магаданской области). Здесь разложение золотоносных сульфидов, выведенных на поверхность при разработке россыпей, приводит к восстановлению кластогенного золота гравитационно извлекаемых классов на углеродсодержащем материале [4, 6]. Эти объекты составляют более четверти объема добычи россыпного золота на территории Магаданской области в последние годы. При этом извлечение полезных компонентов оказывает малое воздействие на окружающую среду, с одной стороны, и с минимальные финансовые затраты, с другой.

Использование ТМО меняет и отношение к ТМО. Если раньше ТМО рассматривались как объект негативного влияния на окружающую среду, то с развитием данного подхода ТМО – склад полезных компонентов для бедующего использования человечеством.

Библиографический список

1. Мальтус Т. Р. Опыт о законе народонаселения / Т. Р. Мальтус; Директ – Медия, 2014. 204 С.
2. Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Техногенные месторождения – резерв минеральной базы России // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. 1 (10). С. 50-56.
3. Наумов В.А., Фиоруччи А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н., Фетисов В.В. Научные основы управления геологическими процессами в техногенно-минеральных образованиях // Международный научно-исследовательский журнал. Екатеринбург, 2018. № 9-1 (75). С. 89-92.
4. Наумов В.А., Осовецкий Б.М. Механизмы накопления золота на углях // Цветные металлы и минералы. Сборник докладов Девятого международного конгресса. 2017. С. 952-961.
5. Наумов В.А., Наумова О.Б. Формы нахождения и перспективы освоения золота в природных и техногенно-минеральных образованиях западного Урала // Вестник Пермского

университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 55-63.

6. Osovetsky B., Naumova O., Naumov V. *Natural processes of nanogold concentration* / B. Osovetsky, O. Naumova, V. Naumov // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 16, Nano, Bio and Green - Technologies for a Sustainable Future*. 2016. С. 105-112.

7. Римский клуб: *Идея устойчивого развития* // *Вестник университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). Московский государственный юридический университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА). Москва, 2017. С.213-225.*

**INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION CONFERENCE:
«MINE WATER: TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL CHALLENGES»**

A brief history of conferences held by the Mine Water Association (IMWA) over a 40-year period of activity is given. The article describes the International Conference of the Association of Mine Waters «Mine Water: Technological and Ecological Challenges», held in 2019 at the Perm State University.

Keywords: Mine Water Association (IMWA), International Conference «Mine Water: Technological and Ecological Challenges» (IMWA2019), Perm State University.

Е.А. Хайрулина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ АССОЦИАЦИИ ШАХТНЫХ ВОД
«ШАХТНЫЕ ВОДЫ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ»**

Приведена краткая история конференций проведенных Ассоциацией шахтных вод (IMWA) за 40-летний период деятельности. Охарактеризована Международная конференция ассоциации шахтных вод «Шахтные воды: технологические и экологические проблемы», состоявшаяся в 2019 году в Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Ключевые слова: Ассоциация шахтных вод (IMWA), Международная конференция «Шахтные воды: технологические и экологические проблемы» (IMWA2019), Пермский государственный национальный исследовательский университет.

С 15 по 19 июля 2019 г. на базе Пермского государственного национального исследовательского университета состоялась ежегодная международная конференция «INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION CONFERENCE» (IMWA2019) при поддержке Пермского научного центра УроРАН и администрации Пермского края.

Сорок лет назад в Испании (г. Гранада, 1979) прошла первая конференция International Mine Water Association (IMWA). В дальнейшем IMWA проводила конференции в Венгрии (Будапешт, 1982), Испании (г. Гранада, 1985), Великобритании (г. Ноттингем, 1986), Польше (г. Катович, 1987), Австралии (г. Мельбурн, 1987), Португалии (г. Лиссабон, 1990), Словении (г. Любляна, 1991), Замбии (г. Чилилабомбве, 1993), Великобритании (г. Ноттингем, 1994), США (г. Денвер, 1995), Словении (г. Порторож, 1996), Словении (г. Блед, 1997), Южной Африке (г. Йоханнесбург, 1998), Испании (г. Севилья, 1999), Польше (г. Устронь, 2000), Бразилии (г. Бэлу-Оризонте, 2001), Германии (г. Фрайберг, 2002), Южной Африке (г. Йоханнесбург, 2003), Великобритании

(г. Ньюкасл-апон-Тайн, 2004), Испании (г. Овьедо, 2005), США (Сент Луис, 2006), Италии (г. Кальяри, 2007), Чехии (г. Карлсбад, 2008), Южной Африке (г. Претория, 2009) Канаде (г. Сидней, 2010), Германии (г. Ахен, 2011), Австралии (г. Банбери, 2012), США (г. Голден, 2013), Китае (г. Сюйджоу, 2014), Чили (г. Сантьяго, 2015), Германии (г. Лейпциг, 2016), Финляндии (г. Лаппеенранта, 2017), Южной Африке (г. Претория, 2018). В Претории на заседании совета IMWA было принято решения впервые провести конференцию IMWA в России.

В 2019 г. конференция была организована Естественнонаучным институтом Пермского государственного национального исследовательского университета. Сопредседателями конференции были Кристиан Волкерсдорфер и Елена Хайрулина. Тема прошедшей конференции – «Mine Water: Technological and Ecological Challenges» («Шахтные воды: технологические и экологические вызовы») – обращена к одной из наиболее острых проблем современности: снижению экологического ущерба и сохранению экономической эффективности при разработке месторождений полезных ископаемых.

На конференцию поступило 200 докладов. В сборник материалов конференции общим объемом 806 стр. после рецензирования вошли 126 статей. Участие в конференции приняли 230 специалистов из 30 стран, представители 90 университетов и более 65 компаний.

О своих идеях и реализации проектов на разрабатываемых месторождениях рассказали сотрудники Golder Associates (ЮАР), SRK Consulting Ltd (Великобритания, ЮАР и Россия), Miwatek (ЮАР), Jones & Wagener (ЮАР), ROC Water Technologies, Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, K-UTEC AG Salt Technologies (Германия), JSC Polymetal Engineering (Россия), Anglo American (ЮАР), BRGM (Франция), Wismut GmbH (Германия), G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH (Германия), Institut Teknologi Bandung, Environmental Engineering (Индонезия) и др. Интерес проявили представители государственных служб разных стран: The Coal Authority (Великобритания), Natural Resources Wales (Великобритания), Water Quality Office (Монголия) и др.

Более 130 устных и 40 стендовых докладов были представлены на 7 секциях: очистка шахтных вод, геохимия шахтных вод, гидрогеология шахтных вод, геохимическое и гидрогеологическое моделирования, извлечение полезных компонентов из шахтных вод и твердых отходов горного производства, экологический мониторинг, закрытые месторождения и ремедиация.

Кроме устных и стендовых секционных докладов на конференции были заслушаны 8 заказных лекций. С лекциями в первый день работы конференции выступили крупные российские ученые Т.П. Любимова с докладом «Модели для описания поведения высокоминерализованных рассолов в поверхностных водоемах» и В.А. Маслобоев с докладом «Шахтные воды горных предприятий Мурманской области: основные загрязнители, перспективные технологии очистки». Огромный интерес российских и зарубежных участников вызвали доклады приглашенных лекторов Анны Богуш (Anna Bogush, Великобритания),

Тобиас Пинксе (Tobias Pinkse, Германия), Кирка Нордстрема (Kirk Nordstrom, США), Анны Маест (Ann Maest, США), Кристиана Волкерсдорфера (Christian Wolkersdorfer, Южная Африка), Джона Вотерхауса (John Waterhouse, Австралия). В рамках работы конференции прошли заседания 3 тематических курсов «Геохимическое моделирование рудника с помощью PHREEQC» Кирка Нордстрема и Анны Маест (Kirk Nordstrom, Ann Maest, США), «Программное обеспечение с открытым исходным кодом для гидрогеологов для управления подземными водами шахт» Робеля Гебрекростоса (Robel Gebrekristos, ЮАР) и «От отходов до ценных продуктов: коагулянты и пигменты» Жана Карло Менезеса (Jean Carlo Menezes, Бразилия) (рис. 1).



Рис. 1. Фрагменты Международной конференции «Шахтные воды: технологические и экологические проблемы» [2]

Один из круглых столов был посвящен проблемам Кизеловского угольного бассейна, закрытого более 25 лет назад. До сих пор изливающиеся

кислые шахтные воды являются источником загрязнения подземных и поверхностных вод, приводят к деградации земель.

По окончании работы секций был присужден приз от Ассоциации IMWA за лучшую студенческую работу I-ой и II-ой степени. Приз I-ой степени получила студентка Тамлин Саша Наиду (Tamlyn Sasha Naidu, Университет Витватерсранд, ЮАР), Приз II-ой степени получил студент Алиреза Араб (Alireza Arab, Технический университет Фрайбурга, Германия).

В программу Конференции IMWA 2019 входил пост-тур по маршруту Пермь – Екатеринбург – Нижний Тагил – Пермь. Тематика экскурсии «Геологическое строение и горнопромышленное освоение Урала» с посещением геологических объектов, природных памятников и культурно-исторических мест Пермского края и Свердловской области. Институтом горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН) и Кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых Пермского университета была подготовлена коллективная монография-путеводитель [1].

На заседании совета IMWA было определено место проведения следующей ежегодной встречи членов Ассоциации. Конференция IMWA2020 состоится в г. Крисчарч (Новая Зеландия) и будет посвящена теме «Шахтные воды и Общество».

Подробнее ознакомиться с печатным сборником и с видеоматериалами конференции можно на сайте конференции www.IMWA2019.info или на сайте Ассоциации www.IMWA.info.

Библиографический список

- 1. Rybnikova L.S., Naumova O.B., Rybnikov P.A., Naumov V.A., Navolokina V.Yu., Sosnin V.E., Kopylov I.S. Geological structure and mining development of the Urals. Post-conference tour. Perm - Yekaterinburg - Nizhny Tagil - Perm. 19-22 July 2019. Депонированная рукопись Редакторы: Рыбникова Л.С., Наумова О.Б. № 462283 12.08.2019.*
- 2. Сайт конференции www.IMWA2019.info.*

УДК 502/504: 553.98

Б.Н. Бакытжанова¹, И.С. Копылов²

¹ОАО «КАЗАХСТАНКАСПИЙШЕЛЬФ», г. Атырау Республика Казахстан

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГАЗОНЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАНАТАЛАП (КАЗАХСТАН)

Рассмотрено геологическое строение газонефтяное месторождения Жанаталап Прикаспийской нефтегазоносной провинции в пределах Западного Казахстана. Описаны главные структуры месторождения, промышленная нефтегазоносность. Обозначены экологические проблемы Северного Прикаспия, среди которых одной из наиболее опасных является негативное воздействие нефтегазового комплекса на состояние окружающей среды.

Ключевые слова: нефть и газ, геологическое строение, геоэкология, газонефтяное месторождения Жанаталап, Западный Казахстан.

B.N. Bakytzhanova¹, I.S. Kopylov²

¹JSC "KAZAKHSTANKASPIYSHELF", Atyrau, Republic of Kazakhstan

²Perm State University, Perm, Russia

FEATURES OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF A GAS-OIL DEPOSIT ZHANATALAP (KAZAKHSTAN)

The geological structure of the gas-oil field of Zhanatalap of the Caspian oil and gas province within Western Kazakhstan is considered. The main field structures, industrial oil and gas potential are described. The environmental problems of the Northern Caspian are identified, among which one of the most dangerous is the negative impact of the oil and gas complex on the environment.

Key words: oil and gas, geological structure, geoecology, gas and oil fields of Zhanatalap, Western Kazakhstan.

Введение

Основные ресурсы углеводородов Казахстана связаны с освоением Прикаспийской нефтегазоносной провинции (НГП). Расположенная в ее пределах Атырауская область является одной из самых динамично развивающихся областей Республики Казахстан. На территории области находятся 80 месторождений углеводородного сырья, из них: 62 - нефтяных, 14 - газонефтяных, 3 - нефтегазоконденсатных, 1 - газоконденсатное (рис. 1).

В регионе действуют нефтегазодобывающие компании республики: ТОО СП «Тенгизшевройл», Аджип ККО, ОАО «Казахойл-Эмба» и Атырауский НПЗ.

Газонефтяное месторождение Жанаталап расположено в Исатаевском районе Атырауской области, в 85 км к западу от г. Атырау (рис. 2). Подготовка структуры проводилась в 1950-1971 гг. гравиразведкой, сейсморазведкой МОВ, КМПВ и структурно-поисковым бурением.

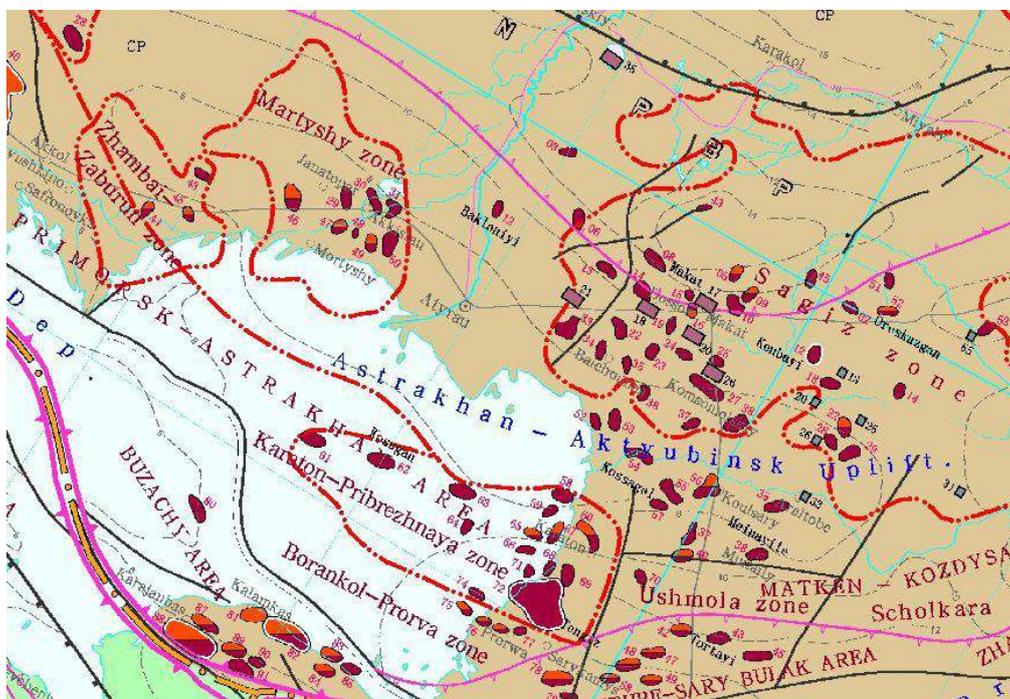


Рис.1. Фрагмент карты Топливо-энергетических ресурсов Северной, Центральной и Восточной Азии. Масштаб 1:2 500 000 [20]



Рис.2. Обзорная схема района исследования месторождения Жанаталап

Геологическое строение

В геологическом разрезе месторождения Жанаталап выделены отложения нижнепермской, триасовой, юрской, меловой, палеогеновой и неоген-четвертичной систем. Литологическая характеристика разреза и толщины отложений представлены на основании каротажа и описания керна со скважин данного месторождения (рис. 3).

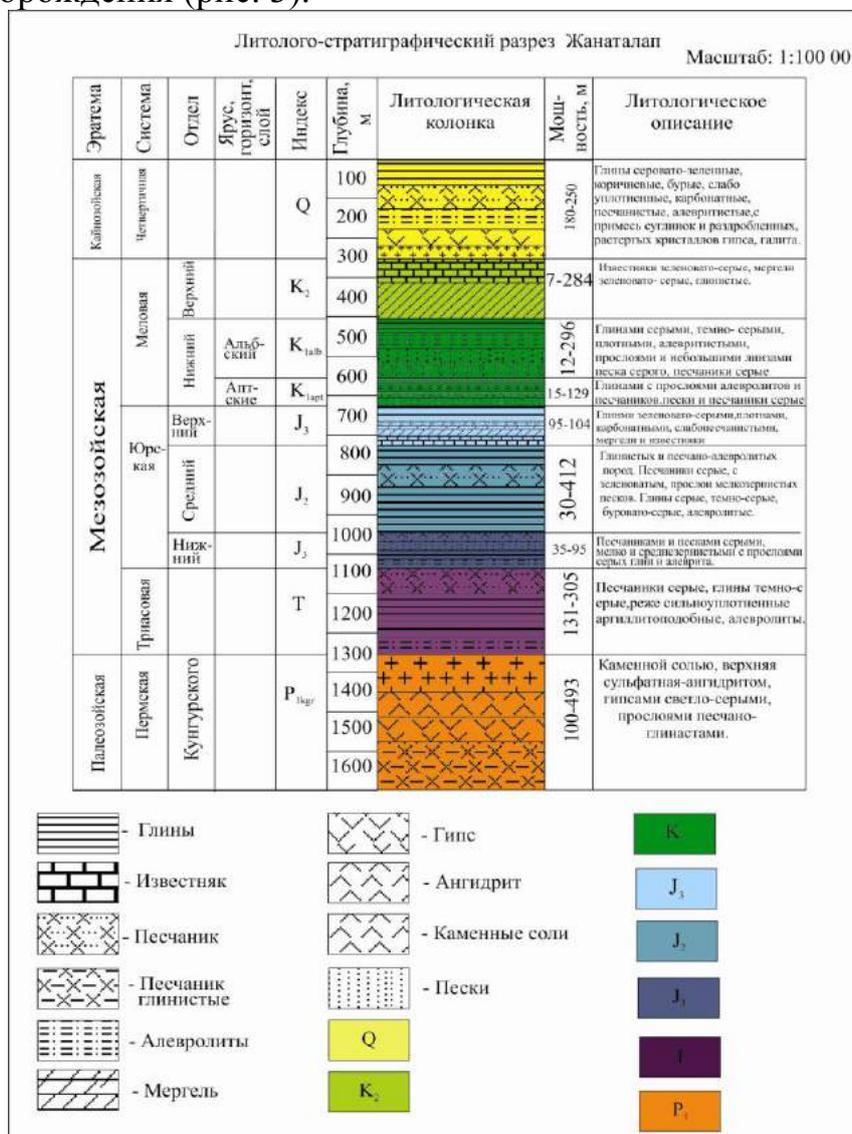


Рис.3. Литолого-стратиграфический разрез месторождения Жанаталап (по материалам НГДУ Жайык-Нефть [12])

В тектоническом отношении Структура Жанаталап представляет соляной купол, относящийся к прорванному типу куполов и характеризуется весьма сложным геологическим строением. В плане соляной массив имеет трехлучевую конфигурацию с тремя склонами: северным, юго-западным и восточным. В пределах самого высокого юго-западного крыла продуктивных горизонтов не установлено.

Месторождение Жанаталап имеет сложное геологическое строение и включает в себя по сути **4 месторождения**: Основной Жанаталап (восточное

крыло, северный свод), Северный Жанаталап (северное крыло), Восточный Жанаталап и Карашиганак, удаленные друг от друга, и различающиеся по геологическому строению, условиям седиментации и гидродинамики.

Солянокупольная структура Жанаталап расположена в юго-восточной приморской части междуречья Урал-Волга. Характерной особенностью соляных куполов здесь является относительно неглубокое (150-600м) залегание соляных массивов и прорванность надсолевого комплекса отложений солью вплоть до уровня неоген-четвертичных осадков. Отмечаются значительные стратиграфические и угловые несогласия, связанные с активизацией роста купола на отдельных этапах геологического развития, что приводило к перерывам в осадконакоплении и размывам накопленных осадков [2].

Поверхность по *VI отражающему* горизонту характеризуется несколькими основными куполами, расположенными по протяженной субширотной оси в центральной части блока, с запада на восток, это-соляной купол Жанаталап-Северный Мартыши-ЮЗ Камышитовый. При чем крутые уступы куполов расположены в шахматном порядке, к которым приурочены основные структурообразующие разрывные нарушения в надсолевой части разреза.

Почти всю северную часть блока составляет мульдовая зона, заполненная пермотриасовыми отложениями. В юго-западной части блока также отмечается крутое погружение соли. Высотные отметки по поверхности соли варьируют в широких пределах: от 400м до 2300м (до крутого уступа соли). Вдоль мульдовой зоны соль местами образуют карнизы.

Соляной купол Жанаталап самый крупный из всех, имеет размеры 6,5х5,5км в пределах замкнутой изогипсы -1550м. Свод структуры имеет отметку-400м. Купол имеет сложное трехлучевое строение: северо-западная часть наиболее приподнята по огибающему крутому уступу, юго-восточная часть образует вытянутый широтно структурный нос, который делит его на два крыла и южное крыло.

Вдоль южной части северной мульдовой зоны поверхность соли несколько приподнимается, образуя небольшой по мощности козырек, который подсекли скважины уч.Восточный Жанаталап.

Примыкающие к дизъюнктиву с юга триасовые породы имеют субгоризонтальное залегание и контактируют через тектоническое нарушение с породами более древнего возраста, имеющими достаточно крутые углы наклона (рис. 4).

Подкарнизная поверхность вскрыта скв. №№31, 43, 48, которая проявляется прекращением корреляции пермотриасовых горизонтов. В плане зона распространения карниза совпадает с направлением крутого погружения соли.

Подкарнизная залежь в пределах замкнутой изогипсы -1950м имеет размеры 1,3х3,0км. Свод структуры имеет отметку-1450м.

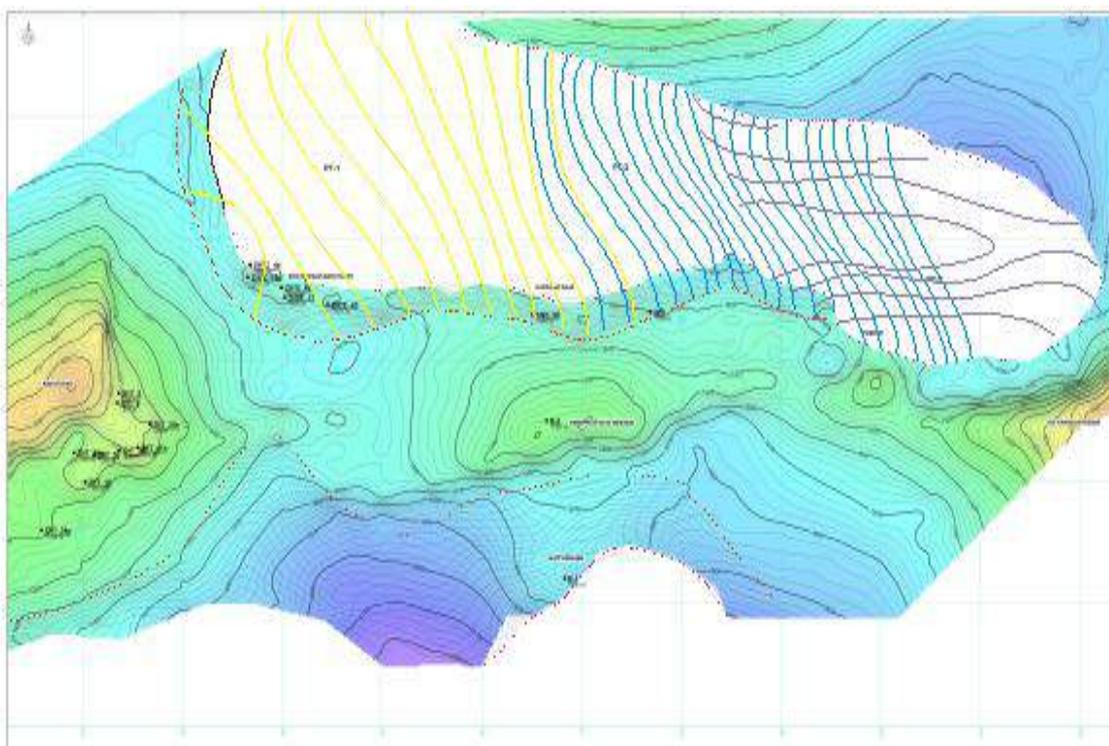


Рис.4. Структурная карта по VI отражающему горизонту (по материалам НГДУ Жайык-Нефть [12, 15])

Пермотриасовые отложения мульдовой зоны с учетом залегания подсолевых отложений достигают глубины подсолевых отложений. Толщина их достигает 5700м. Выше пермотриасовых отложений залегают породы триасового возраста.

Картина мульдового пермотриаса неоднозначна. Наиболее характерная нижняя верхнепермская часть разреза (РТ-1), толщина их составляет 1,2-2,5км. Средняя часть разреза триасового возраста проявляется практически однородно, толщина их составляет до 1,5км. И верхняя часть пермотриаса (РТ-3)-2-2,7км.

Внутрипермские горизонты испытывают достаточно резкий подъем в сторону кромки карниза и образуют с ним контакт.

Тектоника надсолевого комплекса сложна и своеобразна и находится в прямой зависимости от морфологии соляного ядра.

В пределах блока подошва юрских отложений (*V отражающий горизонт*) имеет высотные отметки в пределах 490-1200м. Здесь выделяются все структуры, выделенные ранее, почти в тех же формах и размерах.

Структура Жанаталап рисуется в виде брахиантиклинальной складки, протянутой в восточном направлении и разделенной основным разрывным нарушением F_6 на два крыла: северо-западное поднятое и юго-восточное опущенное. Юго-восточное крыло, в свою очередь разломом F_2 делится на два поля: северное (участок Северное Крыло) и южное (участок Основной Жанаталап). Южное поле осложнено разрывными нарушениями F_4, f_9 . Сводовая часть поднятия Жанаталап находится на отметке по отдельным блокам от 540м

до 710м. Оконтуривается структура по блокам на разных гипсометрических отметках: 590 -1200-1080м-1040м и имеет, в целом, размеры 5,5х3,5км.

Поверхность *III отражающего* (рис. 5) горизонта в плане повторяет охарактеризованный выше нижележащий *V отражающий* горизонт. Конфигурация, направление, протяженность разрывных нарушений сохраняется, с некоторым сдвигом в южном направлении.

На северо-западном поле наиболее приподнятая часть срезается меловым стратиграфическим несогласием.

Структура Жанаталап имеет размеры 8,0х5,0км по замыкающим изогипсам. Сводовая часть отмечается на глубине 420 м.

Структура Восточный Жанаталап и Карашыганак оконтуриваются по изогипсе 810м и имеет размеры 9,0х1,0 км. Сводовая часть отмечается на глубинах 760-770 м.

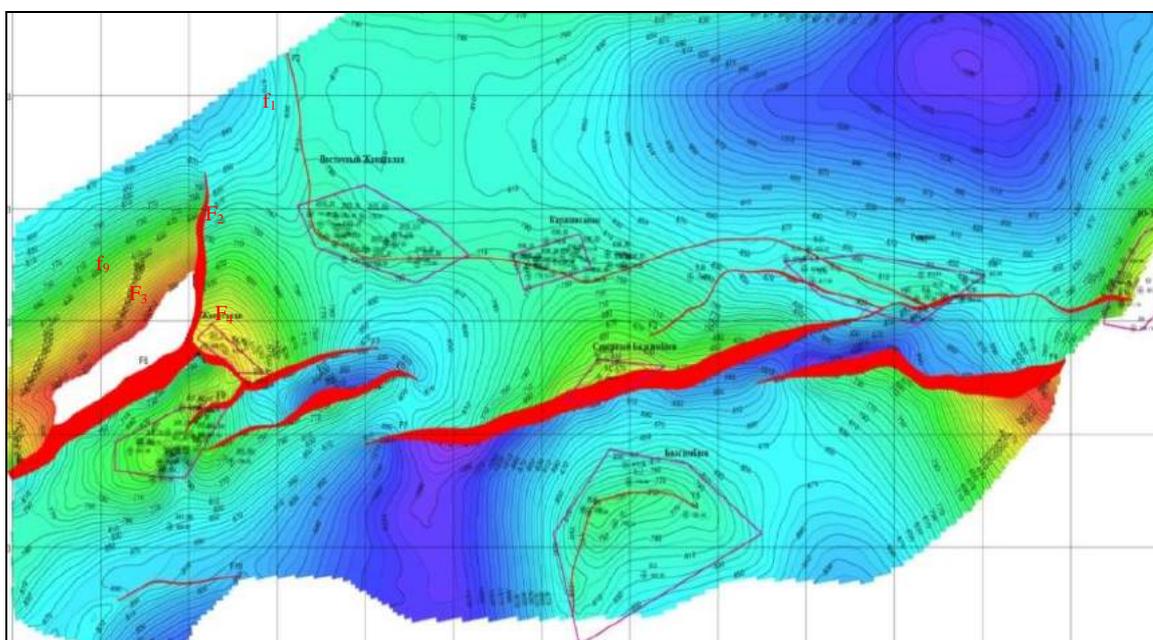


Рис.5. Структурная карта по III отражающему горизонту (по материалам НГДУ Жайык-Нефть [12, 15])

Восточное крыло является основным объектом разработки. Здесь сосредоточена основная часть промышленных запасов нефти месторождения. По надсолевым отложениям в пределах Восточного крыла выделяются северный, центральный и южный своды. **Южный свод** Восточного крыла передан СП «ПотенциалОйл», в связи с чем материалы по южному своду настоящим отчетом не охвачены. **Центральный свод** структуры расположен в серединной части восточного крыла между северным и южным сводами. В пределах центрального свода пробурено значительное количество структурно-поисковых и две глубоких поисковых скважин. В скважинах №№16,27 продуктивных горизонтов не обнаружено, поэтому центральный свод на сегодняшний день считается бесперспективным. **Северный свод** является наиболее опущенным структурным элементом и с поверхности сложен палеоген-датскими и маастрихтскими осадками. С севера и запада он ограничен

сбросом F_3 , отделяющим его от грабена, и представляет собой брахиантиклинальную складку субширотного простирания.

Сложность строения Восточного крыла обусловлена, в первую очередь, существованием в его пределах самостоятельной соляной ступени F_5 , осложняющей юго-восточную часть крыла и неясно сочленяющейся со ступенью F_4 . Ступень устанавливается по сейсмическим и буровым данным. Вышеуказанная ступень определяет деление восточного крыла на относительно приподнятое северо-западное поле и опущенное юго-восточное, осложненное, в свою очередь, зоной развития грабена, контролируемого положением сброса f_6 . В свою очередь в пределах приподнятого поля восточного крыла структуры по результатам бурения в покрывающих отложениях выделяется ряд малоамплитудных тектонических нарушений ($f_9, f_{10}, f_{11}, f_{12}$), определяющих блочный характер залежей этого крыла структуры. С запада и севера Восточное крыло через тектонические нарушения F_3 и F_4 сложно сочленяется с зонами развития грабена, которые, как показывают сейсмические материалы (рис.2.2.1, 2.2.2) и результаты бурения (скважины №№36,35,40,39), в свою очередь характеризуются достаточно дифференцированным залеганием слагающих их отложений. По сейсмическим данным фиксируется резкое воздымание юрско-нижнемеловых отложений в северо-восточном направлении, подтверждаемое результатами бурения скважины №39.

Северное крыло занимает промежуточное структурное положение между приподнятым юго-западным и опущенным восточным крыльями. Строение крыла в восточной части осложнено дополнительным сбросом субмеридионального направления, делящим структуру на два поля: приподнятое западное и опущенное восточное. Продуктивным является восточное поле структуры, где положение установленных залежей контролируется сбросами грабена F_2, F_4 и f_4 . Сбросы F_2 и F_4 отделяют восточное поле северного крыла от Восточного крыла структуры Жанаталап. В основной части восточного поля выделено три тектонических блока (I, II, III), а также два других элемента: приграбеновая ступень и приграбеновая зона.

Приграбеновая ступень представляет собой участок в южной части восточного поля, опущенный в сторону грабена по сбросу f_{12} , заключенный между последним и сбросом грабена F_2 . В пределах приграбеновой ступени пробурены скважины К-19, 70, которые вскрыли аптский, J-2, J-3 и J-4 нефтяные горизонты.

Приграбеновая зона – это участок грабена, примыкающий узкой полосой к сбросу F_2 , где бурением скважины К-4 вскрыты аптский нефтяные горизонты.

Структура **Жанаталап Восточный** сбросом широтного простирания f_7 делится на два участка - северный приподнятый и южный опущенный. По данным бурения поисковых скважин установлено наличие отчетливого смещения с глубиной свода складки в южном направлении. Так, по подошве неокома выделяется антиклинальная складка, вершина которой, оконтуренная изогипсой -750 м, располагается в районе скважин №№11,44. Ось складки вытянута в широтном направлении. Ниже по подошве нижней юры свод поднятия смещается в южном направлении (район скв. №10). Углы наклона

сбросов f_6 и f_7 очень крутые и достигают 85° , амплитуды небольшие, не более 10 м по кровле VIII среднеюрского горизонта.

Солянокупольное поднятие Карашиганак приурочено к северному склону соляного перешейка Жанаталап Восточный – Камышитовый-Юго-Западный, соль залегает на глубине –1600 м.

Структура Карашиганак по V отражающему горизонту образует полусвод, ограниченный на юге сбросом, протягивающимся в широтном направлении от структуры Жанаталап Восточный к структуре Камышитовый Юго-Западный. По V отражающему горизонту структура оконтурена изогипсой – 1250 м.

Промышленная нефтегазоносность установлена в меловых, среднеюрских и пермтриасовых горизонтах.

Согласно утвержденному проектному документу, по состоянию на 01.01.2008 г. на месторождении Жанаталап в разработке находятся 2 меловых и 7 среднеюрских горизонтов Восточного (I и II объекты) и 2 меловых и 8 среднеюрских горизонтов Северного (III и IV объекты) крыльев структуры, а также по 2 среднеюрских горизонта на Восточном Жанаталапе (V объект) и участке Карашиганак (VI объект). Не охвачены разработкой залежи I-IX пермтриасовых горизонтов (Восточный Жанаталап).

По состоянию на 01.01.2008г. из месторождения отобрано 5938 тыс.т. нефти, 15940 тыс.т жидкости и 146,9 млн.м³ газа. Отбор от утвержденных извлекаемых запасов нефти месторождения составил 59,1%, достигнутая нефтеотдача – 30,4% [12, 15].

Несмотря на многочисленные проводимые исследовательские работы в юго-западной части Прикаспийской впадины, регион до сих пор остается слабоизученным и требует более глубокого изучения. Потенциал нефтегазоносности данной территории еще не раскрыт и вероятность открытия новых месторождений велика при усилении научно-исследовательских и поисковых работ. Перспективными методами поисков новых месторождений нефти и газа являются аэрокосмогеологические исследования на всех стадиях работ [1, 3, 5, 7, 10, 18].

Экологические проблемы

Негативное воздействие на состояние окружающей среды Северного Прикаспия оказывают: нефтегазовый комплекс (разведка, добыча, транспорт, переработка нефти); предприятия химической, металлургической, обрабатывающей промышленности, энергетического комплекса, пищевой промышленности, сельского хозяйства, коммунальной службы; загрязнение под влиянием колебания уровня моря, подтопления суши и осушения берегов []. В Атырауской области зарегистрированы самые низкие показатели продолжительности жизни населения.

Наибольшее неблагоприятное экологическое воздействие на территории Северного Прикаспия связано с освоением нефтегазовых месторождений, имеющих высокое содержание сернистых примесей, добыча которых зачастую ведется с грубыми нарушениями природоохранных требований. При этом

выводятся из сельскохозяйственного оборота большие площади земель, выбрасываются в атмосферу тысячи тонн вредных веществ, в том числе сернистый ангидрид и сероводород. Сера после очистки нефти, складированная на открытом воздухе, при определенных климатических условиях может перейти во многие вредные химические соединения и оказать отрицательное воздействие на природную среду. В состав выбросов входят углеводороды, сероводород, окислы серы, азота углерода. Эти вещества попадают в атмосферу, адсорбируются подстилающей поверхностью, чем изменяют природные условия существования биоты. Анализ воды Каспийского моря показывает, что кроме нефтяных загрязнений в воде идет накопление синтетических поверхностно-активных веществ, фенолов, нефтепродуктов и тяжелых металлов, которые занимают особое место среди загрязняющих веществ, так как не подвергаются химической и биологической деградации, а в повышенных концентрациях оказывают пагубное влияние на водные экосистемы.

На месторождения Жанталап известны аварии на трубопроводе. Так 7.06.2013г. зафиксирована серьезная авария на 14-километровом трубопроводе НГДУ «ЖайыкМунайГаз», соединяющем месторождения Жанталап в Исатайском районе. Площадь разлива нефти аварии составила 3,2 тыс. км². Причина – изношенность трубы диаметром 219 мм.

При оценке геологической и экологической опасности территорий трасс нефтегазопроводов важнейшими методами являются инженерно-аэрокосмогеологические исследования [4, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 19]. Необходимо проведение комплексного геоэкологического мониторинга на территории Северного Прикаспия, включая район газонефтяного месторождения Жанталап с комплексным изучением всех компонентов окружающей среды.

Библиографический список

1. 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.
2. Воцалевский Э.С., Пилифосов В.М., Шлыгин Д.А., Суесинов К., Азербайев Н.А., Шлыгина Т.М. Эволюция позднепалеозойских карбонатных платформ юга Прикаспийской впадины // Геодинамика и минералогия Казахстана. Ч. 2. Алматы, 2000. С. 130-141.
3. 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.
4. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жиланского калийного месторождения (Казахстан) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С.
5. 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.
6. 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.

7. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ и ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ Сборник научных статей.. 2017. С. 178-186.
8. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
9. Копылов И.С., Ковин О.Н., Накысбек С. Инженерно-геодинамический анализ территории на стыке России, Китая, Казахстана и Монголии для строительства магистральных трубопроводов // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию профессора И. А. Печеркина. Главный редактор: И.С. Копылов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2019. С. 197-203.
10. 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.
11. 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.
12. Коштаева Ш.К. Сариева У.К., Утесинова Х.Р., Абуев Р. и др. Отчет «Пересчет запасов нефти и газа месторождения Жанаталап Атырауской области Республики Казахстан по состоянию на 01.01.2007». НГДУ Жайык-Нефть.
13. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2005. № 1. С. 75.
14. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техно- природных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэро- космогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2005. № 5-6. С. 76-77.
15. Отчет "Создание базы данных с целью выбора месторождений нефти и газа для дальнейшей реабилитации месторождения Жанаталап". ОАО "Казахстанкаспийшельф", г. Атырау 2004. НГДУ Жайык-Нефть.
16. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. Geocology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection // European Journal of Natural History. 2016. № 4. С. 17-21.
17. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Satekov T.T. Regional environmental risk assessment of geosystems of Kazakhstan // Теория и методы исследований в естественных науках: сб. науч. ст. по материалам Международной науч.-практ. конф. / гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С.154-162.
18. Kopylov I.S., Bakytzhanova B.N., Dal L.I., Seytekov T.T. Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 48-54.
19. 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 // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2015. № 1-3. С. 305-311.
20. Map of Fuel and Energy Resources of North, Central and Eastern Asia. Scale 1: 2 500 000 / Editors-in-Chief: Li Tingdong (China), S.Z.Daukeev (Kazakhstan), B.C.Kim (R.O.Kopea), O. Tomurtgoo (Mongolya), O.V.Petrov (Russia), 2014.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОГЕЛЕВОГО И КСЕРОГЕЛЬНОГО КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

В статье описаны результаты эксперимента частичного каталитического окисления биогаза. Выявлено, что в процессе реформинга происходит ухудшение свойств катализатора от чрезмерного осаждения углерода на нем. Для повышения каталитических характеристик и минимизации образования углерода были предложены принципиально новые катализаторы аэрогеля и ксерогеля. Авторами были проанализированы результаты исследований, проведенных в последнее время учеными из России и за рубежом, которые позволили выявить роль новых наноразмерных и мезопористых катализаторов аэрогеля и ксерогеля. В частности, удалось выяснить, что катализатор аэрогеля дает более высокий объем выхода продукции синтез-газа, чем ксерогель. Катализатор аэрогеля является предпочтительной альтернативой для увеличения производства синтез-газа и уменьшения отложений углерода на никелевом катализаторе.

Ключевые слова: катализатор, синтез-газ, никель, диоксид углерода, переработка, аэрогель, ксерогель.

ASSESSMENT OF EFFICIENCY APPLICATIONS OF AEROGEL AND XEROGEL CATALYSTS FOR PRODUCING SYNTHESIS GAS

This article describes the results of an experiment on partial catalytic oxidation of biogas. It was revealed that in the process of reforming, the properties of the catalyst deteriorate from excessive carbon deposition on it. To increase the catalytic characteristics and minimize the formation of carbon, fundamentally new catalysts for airgel and xerogel were proposed. The authors analyzed the results of studies recently conducted by scientists from Russia and abroad, which revealed the role of new nanoscale and mesoporous catalysts for airgel and xerogel. In particular, it was found out that the airgel catalyst gives a higher yield of synthesis gas production than xerogel. An airgel catalyst is a preferred alternative for increasing synthesis gas production and reducing carbon deposits on a nickel catalyst.

Keywords: catalyst, synthesis gas, nickel, carbon dioxide, recycling, aerogel, xerogel.

Биогаз образуется из метана (CH₄) и диоксида углерода (CO₂), которые могут быть использованы в качестве сырья при сухом реформинге метана, а также в процессе реформинга биогаза для получения синтез-газа. Метан и углекислый газ являются основными компонентами парниковых газов.

Реформинг биогаза является частью технологий, нацеленных на использование CO_2 и сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу. Синтез-газ (H_2 и CO) используется в производстве метанола и участвует в реакции Фишера-Тропша для получения синтетического топлива [Миргаязов И.И., Абдуллин А.И.].

Благодаря высокой активности, стабильности и экономическим преимуществам наночастицы Ni , нанесенные на керамический материал, являются катализатором, наиболее часто используемым в процессах реформинга метана. Частицы благородных металлов экономически невыгодно использовать в промышленных масштабах. Основная проблема использования данного катализатора - углеродистое осаждение на поверхности никелевого катализатора. С другой стороны, устойчивость к дезактивации является одним из важнейших свойств данного катализатора, помимо высокой активности и стабильности.

Активная фаза, носитель катализатора, промоторы и способы приготовления являются основными факторами, для повышения каталитических характеристик и минимизации воздействия кокса. Катализаторы, разработанные по Золь-Гель технологии, в частности аэрогель, показывает улучшенные каталитические характеристики:

- более высокое взаимодействие металла с носителем катализатора;
- способность к дисперсии для нанесения металлического слоя;
- увеличенная площадь активной поверхности, а также снижение осаждения углерода на катализаторы.

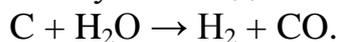
Для получения аэрогеля и ксерогеля используется преимущественно пропиленоксид, который в качестве гелеобразующего агента является простым и более эффективным соединением [Shelepova E., Vedyagin A., Sadykov V., Mezentseva N.].

В данной работе сделана оценка объемов производства синтез-газа и осаждения углерода в реакции реформинга биогаза с использованием никель-глиноземного аэрогелевого и ксерогельного катализаторов.

Синтез-газ является смесью монооксида углерода и водорода. В промышленности этот газ получают в результате паровой конверсии метана, парциального окисления метана, плазменной газификацией отходов и сырья, а также в процессе газификации угля. В зависимости от способа получения соотношение $\text{CO}:\text{H}_2$ варьируется от 1:1 до 1:3. Как правило, процентное содержание веществ в сыром неочищенном синтез-газе следующее: CO - 15-18%, H_2 - 38-40%, CH_4 - 9-11%, CO_2 - 30-32% [Amin MH, Patel J, Sage V, Lee WJ, Periasamy S, Dumbre D, Mozammel T, Prasad VVDN, Samanta C, Bhargava SK].

На данный момент, существуют три основных метода получения синтез-газа.

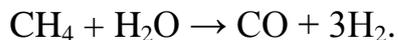
1. Газификация угля. Данный процесс основан на взаимодействии каменного угля с водяным паром и происходит по формуле:



Эта реакция является эндотермической, и равновесие при температуре 900-1000 °С сдвигается вправо. Разработаны различные технологические

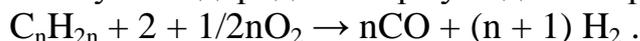
процессы, использующие парокислородное дутье, благодаря которому наряду с упомянутой реакцией параллельно протекает экзотермическая реакция сгорания угля, которая обеспечивает необходимый тепловой баланс.

2. Конверсия метана. Данная реакция взаимодействия водяного пара и метана проводится при повышенной температуре (800-900 °С) и давлении в присутствии никелевых катализаторов (Ni-Al₂O₃). Формула данного процесса:



В качестве сырья в данном способе вместо метана можно использовать любое сырье, содержащее углеводород.

3. Парциальное окисление углеводородов. Данный процесс, происходящий при температурах выше 1300°С заключается в термическом окислении углеводородов. Формула данной реакции:



Данный способ применим к любому сырью, содержащему углеводороды, но наиболее часто используется высококипящая фракция нефти - мазут.

Катализатор аэрогеля Ni-Al₂O₃ (10% по массе) приготовили по Золь-Гелевой технологии со сверхкритической сушкой с использованием CO₂. Соли Ni(NO₃)₂ * 6H₂O и Al(NO₃)₃ * 9H₂O растворяли в этаноле, перемешивали при комнатной температуре в течение 20 минут при 500 об/мин до получения однородного раствора. В качестве гелеобразующего агента добавляли пропиленоксид. Через 6 минут без перемешивания образуется гель. Созревание геля происходило при комнатной температуре в течение 48 ч., затем проводилась промывка этанолом для очистки геля от примесей. Затем гель сушили надкритическим потоком CO₂ при температуре в 50 °С и давлении в 100 бар в течение 4 часов. Те же самые шаги были выполнены для Ni-Al₂O₃ ксерогельного катализатора. Исключением была сверхкритическая сушка, которая проводилась в сушильном шкафу с температурой в 80°С в течение 3 дней. Прокаливание проводили при температуре 700°С со скоростью нагревания до 10 °С * мин⁻¹ в течение 5 ч. для обоих катализаторов.

Площадь поверхности, объем пор и средний диаметр пор катализаторов были получены с помощью модифицированного оборудования типа ASTM. Катализаторы подвергали предварительной вакуумной дегазации при температуре в 200°С в течение 2 часов [Kleinert A, Feldhoff A, Schiestel T, Caro J.].

Реакции реформинга биогаза проводились по технологии термобаланса под давлением, что позволяет количественно определить массу кокса, образовавшегося в ходе реакции [Liuzzi D., Perez – Alonso F. J., Fierro G.].

Масса катализатора, использованного в каждой реакции, составляла 50 мг. Перед реакцией катализаторы восстанавливали в потоке H₂ (25 мл*мин⁻¹) и Ar (100 мл*мин⁻¹) при скорости нагревания 20 °С*мин⁻¹ до температуры 800 °С в течение 1 часа. Реакции проводили при температуре 700 °С, атмосферном давлении, с расходом газа: 20 мл*мин⁻¹ - CH₄, 20 мл*мин⁻¹ - CO₂ и 100 мл*мин⁻¹ - Ar.

В таблице 1 приведены значения удельной площади поверхности, объема и среднего диаметра пор для катализаторов. Изменение метода сушки (аэрогель

на ксерогель) привело к уменьшению удельной площади поверхности, объема пор и среднего диаметра пор. Катализаторы аэрогелевый и ксерогелевый имели высокую удельную поверхность, как и ожидалось от катализаторов, приготовленных по Золь-Гель технологии.

Реакции реформинга биогаза проводили при объемной скорости 168000 мл³/с и мольном соотношении CH₄:CO₂ = 1:1. Конверсии метана и диоксида углерода составляли менее 15% в соответствии с пределом, установленным для дифференциального реактора.

Таблица 1

Физико-химические свойства аэрогелевого и ксерогелевого катализаторов [6]

Катализаторы	Площадь активной части катализатора S (м ² /г)	Объем V _p (см ³ /г)	Диаметр D _p (нм)
Аэрогелевый	240.4	1.16	19.28
Ксерогелевый	199.3	0.23	4.84

Объем получаемого синтез-газа (рис. 1.) увеличивался при использовании аэрогелевого катализатора. Оба катализатора оставались активными и стабильными. Через 5 часов выработка H₂ и CO составила 0,848 и 0,868 моль (H₂/CO = 0,976) для аэрогелевого и 0,015 и 0,071 моль (H₂/CO = 0,210) для ксерогелевого катализатора соответственно. Количество углерода, осажденного в конце реформинга биогаза, составило 4,42 мг (на аэрогелевом катализаторе) и 3,00 мг (на ксерогелевом катализаторе).

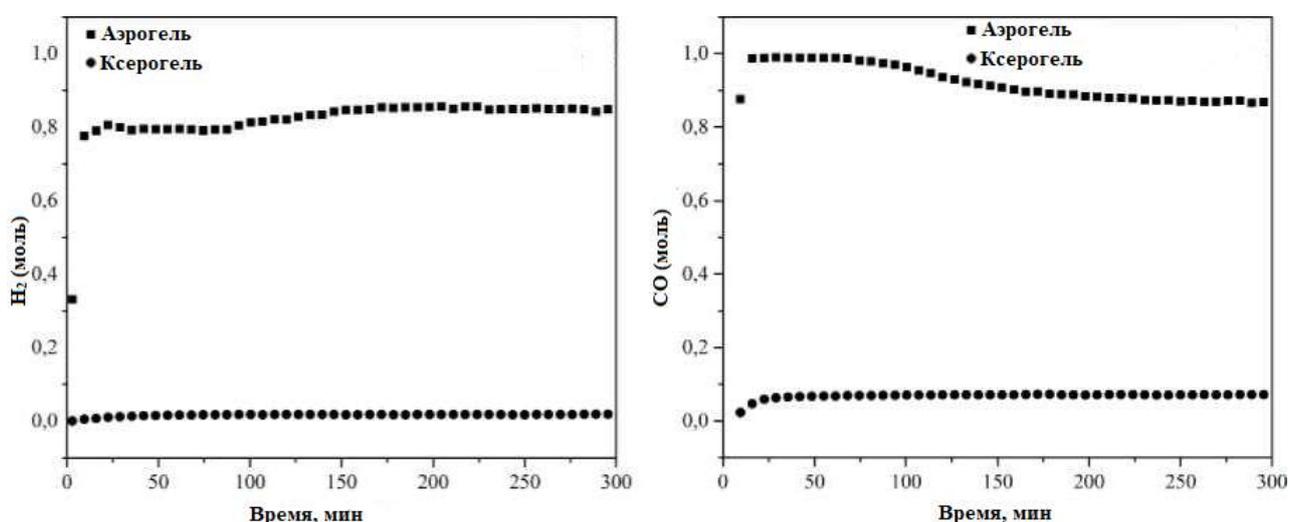


Рис. 1. Графики получения водорода и монооксида углерода в процессе реформинга биогаза с использованием катализаторов аэрогеля и ксерогеля при температуре 700 °С.

Образование минимального количества углерода на ксерогельном катализаторе не оправдывает его использование в процессе получения синтез-газа. Способ получения с использованием Золь-Гель технологии в присутствии пропиленоксида в качестве гелеобразующего агента был эффективен при получении катализаторов аэрогелевого и ксерогельного катализаторов. Метод физической адсорбции азота доказал эффективность метода для разработки катализаторов с высокой удельной площадью поверхности, мезопористой и в наноразмерном измерении [Gavrilova N.N., Myachina M.A., Ardashev D.V., Nazarov V.V., Skudin V.V.].

Таким образом, катализатор аэрогеля обладает наибольшей площадью активной поверхности и самым высоким объемом производства синтез-газа, а также является наиболее селективным для водорода. Аэрогель и ксерогель оставались активными и стабильными в конце реакции. При этом, наименьшее образование кокса происходило на ксерогельном катализаторе. Кроме того, катализатор аэрогеля является наиболее перспективной альтернативой для производства синтез-газа и минимизации отложения углерода при реформинге биогаза.

Библиографический список

1. Мургаязов И.И., Абдуллин А.И. Современные методы получения синтез-газа и процесс Фишера-Троппа // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №9.
2. Shelepova E., Vedyagin A., Sadykov V., Mezentseva N. Theoretical and experimental study of methane partial oxidation to syngas in catalytic membrane reactor with asymmetric oxygen – permeable membrane // Catalysis today. 2016. V. 258. P. 103-110.
3. Liuzzi D., Perez – Alonso F. J., Fierro G. Catalytic membrane reactor for the production of biofuels // Catalysis Today. 2016. V. 268. P. 37-45.
4. Gavrilova N.N., Myachina M.A., Ardashev D.V., Nazarov V.V., Skudin V.V. Sol-gel synthesis of membrane Mo_2C/Al_2O_3 catalysts with different 154 architectures and their catalytic activity in the reaction of carbon dioxide conversion of methane // Kinetics and Catalysis. 2018. V. 59. №5. P. 635-643.
5. Kleinert A, Feldhoff A, Schiestel T, Caro J. Novel hollow fibre membrane reactor for the partial oxidation of methane. Catalysis Today. 2016;118:44-51. DOI: 10.1016/j.cattod.2005.11.097.
6. Usman M, Wan Daud WMA, Abbas HF. Dry reforming of methane: Influence of process parameters - a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015; 45:710-744.
7. Amin MH, Patel J, Sage V, Lee WJ, Periasamy S, Dumbre D, Mozammel T, Prasad VVDN, Samanta C, Bhargava SK. Tri-reforming of methane for the production of syngas: Review on the process, catalysts and kinetic mechanism. In: Proceedings of the 6th Asian Pacific Confederation of Chemical Congress (APCChE 2015); 27 September-1 October 2015; Melbourne. Australia: incorporating (CHEMECA 2015); P. 128-136.

С.Н. Гладких, Ю.Н. Гладких
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет
им. Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований очистки сточных вод гальванических производств от ионов тяжёлых металлов с использованием алюмосиликатных адсорбентов. Установлено, что предлагаемый способ позволяет производить очистку стоков без предварительной реагентной обработки и разделения их на потоки.

Ключевые слова: стоки гальванических производств, способы очистки от тяжёлых металлов, алюмосиликатный адсорбент, условия окружающей среды.

S.N. Gladkikh, Y.N. Gladkikh
Novgorod State University named after Yaroslav the Wise»,
Velikiy Novgorod, Russia

STUDIES ON WASTEWATER TREATMENT FROM HEAVY METAL IONS BY SORPTION METHOD

The results of scientific researches for cleaning sewage of galvanic production from ions of heavy metals with the help of adsorption are submitted here. We suggest the way, which allows to produce the sewage cleaning without preliminary reagent treatment and without their dividing into streams.

Key words: the effluents of electroplating, methods of purification from heavy metals, alumino-silicate adsorbent, environmental conditions.

Вопрос экологической обстановки в нашей стране особенно остро встал в последнее десятилетие. Конечно, он возник не случайно. Ухудшение санитарного состояния водоёмов начало происходить уже давно, просто долгое время на этот факт практически не обращалось внимания. Условия безответственности позволяли промышленным предприятиям сбрасывать свои стоки в водоёмы с низким качеством очистки или вовсе без очистки. В какой-то степени этому способствовало и то обстоятельство, что существующие методы очистки сточных вод технологически сложны и мало эффективны. Особенно это ощутимо при очистке стоков от ионов тяжёлых металлов, поступающих от гальванических цехов и участков. Наиболее распространённая схема очистки этих стоков с переводом ионов тяжёлых металлов в малорастворимые в воде соединения осаждением их в отстойных сооружениях, как правило, не обеспечивает необходимой степени очистки. Недостаточно очищенные стоки, выпущенные в водоём, создают экологически аварийную обстановку и для обитателей водоёмов, и для водоснабжения людей.

Решение вопроса очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов должно идти по пути упрощения технологической схемы очистки и эксплуатации сооружений, повышения надёжности и качества очистки, а также практически полного исключения возможности загрязнения водоёмов токсичными отходами производства.

В отраслевой лаборатории по водоснабжению и водоотведению Санкт-Петербургского Университета путей сообщения совместно с Новгородским Государственным Университетом разработана новая технология очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов и органики без обработки воды реагентами.

Для достижения высокоэффективной очистки стоков были синтезированы новые адсорбенты с повышенной поверхностной активностью, а также разработан метод расчёта и оптимизации основных технологических параметров сооружений для очистки сточных вод.

Полученные алюмосиликатные адсорбенты, наряду с высокими сорбционными свойствами, обладают высокой механической прочностью. Истираемость адсорбента при нормальных условиях эксплуатации не превышает 15%.

Разработанная и апробированная в производственных условиях эффективная технология регенерации адсорбента позволяет использовать его в процессах очистки многократно в течение нескольких лет.

Одним из преимуществ предлагаемой технологии очистки стоков гальванических производств является то, что хромсодержащие и кислотно-щелочные стоки можно подавать на очистку совместно. Разделения стоков на потоки с последующей локальной очисткой каждого вида стоков не требуется. Адсорбент извлекает все компоненты загрязнения, находящиеся в смешанном стоке.

Исследования по очистке вод от ионов тяжёлых металлов, проведённые в лабораторных и опытно-промышленных условиях, показали, что даже при весьма высокой концентрации тяжёлых металлов в профильтрованной воде не обнаруживались даже «следы» этих металлов в течение многих часов фильтрования.

Анализ патентной и технической литературы показал, что предлагаемый способ очистки гальваностоков от ионов тяжелых металлов фильтрованием через алюмосиликатный адсорбент не имеет аналогов ни в отечественной, ни в мировой практике водоочистки.

Лабораторная фильтровальная установка состояла из бутылки Мариотта, ёмкостью 10 л; фильтровальной колонкой, диаметром 28 мм, длиной 500 мм, загруженной алюмосиликатным адсорбентом, крупностью зёрен 0,5 ... 1,0 мм, толщиной слоя 300 мм. Скорость фильтрования составляла 2 м/ч. Было проведено 2 серии фильтрационных испытаний. В первой серии поочередно фильтровались стоки, содержащие какой-либо один из компонентов загрязнений (хром, никель, медь). Во второй серии испытаний фильтровался смешанный сток, содержащий ионы хрома, никеля, цинка, меди.

1. Результаты фильтрования стока, содержащего никель Ni^{2+} .

Концентрация Ni^{2+} в стоке составляла 34 мг/л. В течении первых 15 часов фильтрования в фильтрате никель обнаружен не был, ещё через 8 часов его концентрация поднялась до 0,83 мг/л.

2. Результаты фильтрования хромсодержащего стока Cr^{6+} .

При очистке стока было испытано 2 варианта: 1 - с предварительным восстановлением Cr^{6+} в Cr^{3+} ; 2 - без предварительного восстановления Cr^{6+} .

Восстановление хрома до Cr^{3+} проводилось тремя способами: фильтрованием стока с Cr^{6+} через слой железных стружек, добавлением к стоку с Cr^{6+} железного купороса и добавлением к стоку сульфида натрия.

В первом случае при концентрации $\text{Cr}^{6+} = 32$ мг/л в течении первых 8 часов фильтрования в фильтрате было не более 0,3 мг/л Cr^{3+} . Во втором случае в течении 8 часов фильтрования было от 0 до 0,2 мг/л Cr^{3+} . В третьем случае через 13 часов непрерывного фильтрования не было Cr^{3+} совсем, через 15 часов в фильтрате было 0,15 мг/л Cr^{3+} .

Таким образом, наиболее эффективным фильтрованием было фильтрование, когда хром предварительно восстанавливался сульфидом натрия.

При очистке хромсодержащего стока без предварительного восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} фильтрование осуществлялось через алюмосиликатных адсорбент, модифицированный двумя активаторами: доломитом и магнетитом. В данном случае на поверхности раздела зерно - жидкость происходит восстановление Cr^{6+} до Cr^{3+} и далее идёт процесс извлечения из стока уже Cr^{3+} . При фильтровании стока с концентрацией $\text{Cr}^{6+} = 34,4$ мг/л через загрузку из такого адсорбента в течении 15 часов хрома в фильтрате не было, ещё через 4 часа фильтрования в фильтрате содержалось уже 0,075 мг/л Cr^{6+} .

3. Результаты фильтрования по меди Cu^{2+} .

Исходная концентрация Cu^{2+} в стоке составляла 49,5 мг/л. В течении первых 9 часов фильтрования в фильтрате медь не обнаруживалась, в течение следующих 6 часов концентрация меди поднялась до 0,6 мг/л.

4. Результаты фильтрования смешанного стока.

В смешанном стоке присутствовали: $\text{Cr}^{3+} = 52$ мг/л, $\text{Ni}^{2+} = 37,5$ мг/л, $\text{Zn}^{2+} = 28$ мг/л, $\text{Cu}^{2+} = 35,5$ мг/л. Суммарная концентрация «букета» тяжёлых металлов составляла 143 мг/л.

В течение первых 5 часов фильтрования тяжёлых металлов в фильтрате не было, ещё через 3 часа в фильтрате было: $\text{Cr}^{3+} = 0$; $\text{Ni}^{2+} = 0$; $\text{Zn}^{2+} = 0,44$ мг/л, $\text{Cu}^{2+} = 0,18$ мг/л.

Для отработки процесса очистки промышленных стоков от ионов тяжёлых металлов были проведены технологические испытания на опытно-промышленной установке, смонтированной на очистных сооружениях участка гальванопокрытий экспериментального завода ЦНИИ им. Крылова. Она включала в себя бак со сточной водой ёмкостью 4000 л, из которого через водоотборный кран сток поступал на фильтр с загрузкой из алюмосиликатного адсорбента. Фильтр диаметром 100 мм, высотой 3000 мм был изготовлен из

оргстекла. По высоте фильтра через каждые 200 мм были установлены пробоотборники и пьезометры. Автоматическое регулирование постоянства скорости фильтрования обеспечивалось высоким отводом фильтрата. В качестве фильтрующей загрузки использовался адсорбент из каолина с добавлением доломита крупностью зёрен 0,5 мм и толщиной слоя 150 см. Скорость фильтрования была принята 3 м .

Промывка фильтрующей загрузки после завершения фильтроцикла осуществлялась водой из технологического водопровода водоочистной станции.

Исходной водой при проведении технологических испытаний служила вода из резервуара – усреднителя, куда поступали хромсодержащие и кислотно-щелочные воды от промывки изделий.

Восстановления сорбционной активности фильтрующей загрузки осуществлялось посредством водяной промывки в течение 5 минут с интенсивностью 14 л/с/м² и обработкой регенерационным раствором в режиме циркуляции с интенсивностью 3 л/с/м² в течение 30 минут. Регенерационный раствор используется многократно.

В процессе испытаний определялись рН, концентрация ионов тяжелых металлов, цветность, сульфаты, окисляемость в исходной воде и в фильтрате. При концентрации Cr³⁺; Ni²⁺; Zn²⁺, Cu²⁺ в исходной воде от 8 до 15 мг/л в фильтрате 70 часов фильтрования ионы указанных тяжёлых металлов обнаружены не были. Через 144 часа фильтрования концентрация ионов тяжёлых металлов в фильтрате была ниже нормативов ПДК для сброса в городскую канализацию. Очищенная вода пригодна для использования на технологические нужды.

Выводы

1. Синтезирован новый алюмосиликатный адсорбент с повышенной поверхностной активностью.

2. Использование предлагаемого способа очистки стоков от ионов тяжёлых металлов с использованием алюмосиликатного адсорбента позволит решить главную задачу - остановить дальнейшее ухудшение экологической обстановки в водоёмах и, более того, постепенно выправить то неудовлетворительное санитарное состояние, в котором находятся наши водоисточники для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

3. Предлагаемый способ сорбционной очистки гальванических стоков от ионов тяжёлых металлов не имеет аналогов ни в отечественной, ни в мировой практике водоочистки.

4. Исследуемый способ сорбционной очистки сточных вод гальванического производства позволяет получить высокий и устойчивый эффект очистки воды с последующим использованием её в технологических нуждах.

5. Разработанная и апробированная в производственных условиях эффективная технология регенерации адсорбента позволяет использовать его в процессах очистки многократно в течение нескольких лет.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТОВ И ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В статье приводится эколого-геохимический анализ состояния почвенного покрова и ландшафтов восточной части Пермского края. Рассмотрены природные и техногенные факторы формирования геохимических аномалий. Выделены геохимические аномалии в почвах с превышением предельно-допустимых концентраций.

Ключевые слова: геоэкология, окружающая среда, геохимические аномальные зоны.

L.I. Dal

Center of social initiatives» «Life Energy», Perm, Russia

ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ANALYSIS OF LANDSCAPES AND SOILS IN EASTERN PART OF THE PERM REGION

The article provides an ecological-geochemical analysis of the soil cover and landscapes of the eastern part of the Perm region. The natural and technogenic factors of the formation of geochemical anomalies are considered. Geochemical anomalies in soils with an excess of the maximum permissible concentrations were singled out.

Key words: geoecology, environment, geochemical anomalous zones.

В восточной части Пермского края расположен Восточный промышленно-экономический округ. Общая площадь составляет 23,3 тыс. км². В его состав входят 3 промышленно-экономических района (ПЭР) края, имеющих специфические экологические проблемы (Кизеловско-Губахинский, Лысьвинско-Чусовской и Горнозаводской).

На территории Кизеловско-Губахинского ПЭР располагается Кизеловский угольный бассейн (КУБ), и это определило специализацию района – угледобывающая и химическая промышленность. С последствиями разработки КУБ связаны основные экологические проблемы района.

На территории Лысьвинско-Чусовского ПЭР расположены города Лысьва и Чусовой, которые составляют один из трех крупнейших промузлов Пермского края.

Горнозаводской район – один из старейших горно-промышленных районов Урала. Основные экологические проблемы связаны с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха и водоемов промышленных районов.

Эколого-геохимический анализ проведен на основе материалов геоэкологического, ландшафтно-геохимического картографирования Пермского края масштаба 1:500 000, проведенных ФГУП «Геокарта-Пермь» и ПГНИУ, в которых автор принимала участие.

Геоэкологическая оценка состояния природной среды выполнялась по методикам [6, 11, 16, 19].

Характеристика природных ландшафтов

По физико-географическому и ландшафтному районированию территория входит в зону высокоярусных ландшафтов Урала, в средне - и южнотаежную подзону [20]; находится в пределах мегагеохор: денудационной равнины Предуралья, остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала и приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала [2, 15]. Характеризуется среднегорным высоко расчлененным рельефом, сложными геолого-гидрогеологическими условиями. Природные ландшафтные подразделения выделены по комплексу признаков (рельеф, литологический состав субстрата, характер четвертичных образований и др.), ведущим из которых является геоморфологический фактор – рельеф [17].

По геоморфологическому районированию рассматриваемая территория входит в Среднеуральскую подпровинцию Уральской провинции геоморфологической страны Урал (зоны кряжа) и включает в себя две геоморфологические области: 1) остаточных горных массивов Западного склона Среднего Урала; 2) приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала.

Территория относится к одной ландшафтно-климатической зоне, относящейся к группе горных среднетаежных ландшафтов и к одной области – Среднеуральской горно-таежной [15].

Горно-таежные ландшафты Среднего Урала характеризуются пермацидным (промывным) режимом с преобладанием атмосферных осадков над испарением. Промывной режим и интенсивное выветривание верхнего слоя земной коры ведут к резкому преобладанию выноса химических элементов над процессом их накопления. Исключение составляют депрессии и межгорные понижения. По особенностям водной миграции горно-таежные ландшафты относятся к классу кислых и кислых глеевых. Ведущее значение в рассматриваемой ландшафтно-геохимической зоне принадлежит биогенной миграции элементов в сочетании с физико-химическими и механическими процессами. Немаловажную роль играет техногенная миграция, в которую вовлекается все больше рассеянных элементов (выбросы предприятий, стоки, работа автотранспорта). Поверхностные воды, в основном, слабоминерализованные, существенно гидрокарбонатного состава [14].

Характерно многообразие и сложное сочетание природных, техногенных и переходных ландшафтов, которые сформированы на пестром по составу комплексе горных пород широкого возрастного диапазона от позднего протерозоя до квартала включительно. Скальные выходы древних пород наблюдаются, как правило, на гребнях горных останцов и по долинам рек. Комплекс кайнозойских отложений представлен, в основном, четвертичными образованиями, которые сплошным, но маломощным чехлом перекрывают более древние породы.

На площади выделяются эрозионно-структурные депрессии, в пределах которых в геохимическом отношении довольно резко обособляются горизонты

гумусовых дерново-подзолистых глеевых почв. В них интенсивно накапливаются такие элементы как цинк, медь, свинец, марганец, которые из группы рассеивающихся перешли в группу накапливающихся, кларки концентрации (КК) составляют 3-10 и выше.

Из основных морфогенетических типов природных ландшафтов в пределах площади выделены три: низкогорный рельеф Западного склона Среднего Урала, горно-холмистый рельеф осевой части Среднего Урала, долины крупных и средних рек. Из техногенных ландшафтов выделены техногенно - образованные (карьерные поля, отвалы, отстойники) и техногенно - измененные (промышленные зоны городов и рабочих поселков).

Предгорный увалисто-грядовый ландшафт Западного склона Среднего Урала приурочен к западной части района представлен двумя подтипами: предгорным эрозионно-денудационным на абсолютных отметках до 400 м и низкогорным денудационным на абсолютных отметках увалов и гряд до 500 м. Крутизна склонов до 35°. Коренные породы представлены известняками, доломитами, алевролитами, аргиллитами, песчаниками, редко вулканитами. Мощность четвертичных отложений редко превышает 5 м. В пределах эрозионно-структурных депрессий до 20-30 м. Поднятие территории за неоген-четвертичный период составляет 250-300 м. Почвы горные подзолистые, реже горно-лесные бурые. Леса пихтово-еловые с примесью березы. По старым вырубам развиты вторичные мелколиственные леса.

Горно-холмистый рельеф осевой части Среднего Урала характеризуется низкогорным рельефом с широкими, мягко очерченными субмеридиональными хребтами. В отличие от области остаточных гор Западного склона, здесь развиты зоны гольцовой денудации, приуроченные к наивысшим абсолютным отметкам рельефа более 1000м. Обе геоморфологические области расположены в зоне преимущественной денудации. Наиболее крупными денудационными типами рельефа являются олигоценовые, олигоцен-миоценовые и олигоцен-четвертичные поверхности, созданные комплексом денудационных процессов, срезающих древнее складчатое основание (цокольный пенеплен).

Долинный ландшафт с эрозионно-аккумулятивным и аккумулятивно-эрозионным рельефом включает комплекс террас и склонов современной гидросети. В долинах крупных рек фрагментарно выделяются участки высокоцокольных террас (исетская, уфимская, кустанайская и наурзумская) и практически всюду (на крупных и малых реках) четко прослеживается комплекс террас (камышловская и режевская) и поймы. Осадки представлены галечниками, песками, глиной. Преобладают луговые и лугово-болотные почвы, разнотравные и осоково-кочкарные луга [4, 14, 18].

Ведущим фактором формирования геохимических аномалий являются геодинамические и неотектонические условия [12]. Закартированы 2 крупные геоактивные зоны – Косьвинская (4 тыс. км²) и Среднечусовская (9 тыс. км²). Установлено несколько десятков тысяч тектонических линеаментов. Они представляют собой участки повышенной геологической опасности для условий строительства и для здоровья проживающего населения [1, 3, 7].

Эколого-геохимические и гидрогеохимические условия

На территории установлены 4 крупные гидрогеохимические аномальные зоны: Яйвинская, Косьвинская, Чусовская и Койвинская аномальные зоны [9], с площадями 1,6-3 тыс. км². Приурочены к водоносным подразделениям: шешминских, соликамских, артинских, каменноугольных, девонских терригенных и карбонатных отложений и рифейско-нижнедевонских терригенных и метаморфических пород. Изоминеры соответствуют значениям 0,2-2 г/дм³. Площадными аномалиями являются Вг (до 30 ПДК), В (до 40), Ва (до 26); локальные аномалии: Ni (до 43), Mn (до 40), Sb (до 14), Cd (до 12), Be (до 7), Pb (до 4), V (3), Cr (до 4), Ti (до 3), Sr (до 2 ПДК). По степени защищенности подземных вод практически вся территория относится к не защищенным и слабо защищенным территориям [5, 10].

На рассматриваемой территории расположены 4 крупные литогеохимические аномальные зоны (по почвам): [4, 8, 9].

Косьвинская аномальная зона (площадь 2,5 тыс. км²) расположена в бассейне р. Косьвы в среднем течении р. Яйвы, в южной части Соликамской депрессии, Косьвинско-Чусовской седловины и Западно-Уральской зоне складчатости. Выделяется как площадная аномалия по: Cd (до 80), Be (до 10), Cu (до 10), Pb (до 6,7 ПДК), Zn (до 6,4), Mn (до 6), Zr (5), Cr (до 2,6), Ga (до 2), Ti (до 1,8), Ni (до 1,5), с локальным распространением Ва (до 1,5 ПДК).

Усьвинская аномальная зона: (3 тыс. км²) расположена в верховьях рр. Усьвы и Косьвы, в пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия. Выделяется как площадная аномалия по: Cd (до 80 ПДК), Cr (до 18,7), Pb (до 6,7), Zr (до 5), Zn (до 4,5), Be (до 4), Mn (до 2,7), Ga (до 2), Ti (до 1,4), с локальным распространением: Cu (до 24,3), P (до 15), Ва (до 3,2), Sn (до 3,3), V (1,5), Ni (до 1,3 ПДК).

Койвинская аномальная зона (1,2 тыс. км²) расположена в бассейне р. Койвы, в пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия [18]. Выделяется как площадная аномалия по: P (до 15 ПДК), Pb (до 6,7), Mn (до 4), Zn (до 2,7), Ga (до 2). С локальным распространением: Be (до 4), Cu (до 4), Zr (до 3,3), Ва (до 3,2), V (до 2), Ti (до 1,4 ПДК).

Среднечусовская аномальная зона (2 тыс. км²) расположена в бассейне р. Чусовой, среднем течении р. Лысьвы, в Юрюзано-Сылвинской депрессии и Западно-Уральской зоне складчатости. Выделяется как площадная аномалия по: Cu (до 9,1 ПДК), Be (до 6), Cr (до 5,3), Pb (до 3,3), Mn (до 2,7), Ti (до 2), Ga (до 2), Ni (до 1,5), с локальным и точечным распространением: Cd (до 30), V (до 4,7), Zr (до 3,3), Zn (до 1,8), Ва (до 1,6 ПДК).

Генетическая природа аномальных зон в основном комплексная с различной долей двух групп факторов – природной и техногенной. Собственно техногенные аномалии имеют в плане локальный мозаичный характер.

Комплексный эколого-геохимический анализ по всем компонентам природной среды (почвы, ландшафты, природные воды) показывает, что

территория характеризуется преимущественно условно благоприятными экологическими условиями в северной и южной частях (зона экологического риска) и неблагоприятными условиями в западной, центральной, восточной частях (зона экологического кризиса). Территории Кизеловско-Губахинского и Лысьвинско-Чусовского промузлов (10 %), характеризуется весьма неблагоприятными условиями, которые отвечают категории экологического бедствия или катастрофического экологического состояния природной среды. Для экологической реабилитации района необходима комплексная программа мероприятий федерального и регионального уровней.

Библиографический список

1. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
2. Копылов И.С. Геодинамические и геохимические ландшафты: систематизация, районирование, аномалии // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2019. № 22. С. 345-352.
3. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
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. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2012. № 12. С. 145-149.
6. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
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. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2012. № 2 (15). С. 16-34.
9. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 1. С. 26-37.
10. 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.
11. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
12. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. №12-1. С. 172-177.
13. 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.
14. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность сборник научных статей по материалам Международной*

научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2018. С. 92-110.

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

16. 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.

17. 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.

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

19. 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. С. 678.

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

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЯДЕРНО И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

В работе рассмотрено воздействие объекта атомной промышленности на подземные воды. Проведен анализ загрязнения подземных вод по показателю бета-активности (β) с 2008 по 2018 год. Приведен гидрогеологический разрез территории промплощадки, а также ряд графиков флуктуаций бета-активности (β) в наблюдательных скважинах. Даны рекомендации по дальнейшему ведению мониторинга на рассматриваемой промплощадке.

Ключевые слова: гидрогеохимия, ядерно и радиационно опасные объекты, бета-активность (β), загрязнение водоносного горизонта, подземные воды.

A.M. Ivashchenkova

Russian State Geological Prospecting University (RSGPU), Moscow, Russia

HYDROGEOCHEMICAL CONTAMINATION OF GROUNDWATER IN THE LOCATION OF NUCLEAR AND RADIATION HAZARDOUS FACILITIES

The paper considers the impact of the nuclear and radiation hazardous facility's (NRHF) on groundwater. The analysis of groundwater pollution by beta activity (β) from 2008 to 2018 is carried out. The hydrogeological section of the site territory and a number of graphs of beta-activity (β) fluctuations in observation wells are given. Recommendations for further monitoring at the considered site territory are made.

Key words: hydrogeochemistry, nuclear and radiation hazardous facilities, beta-activity (β), aquifer pollution, groundwater.

Введение

Воздействие ядерно-радиационных отходов на окружающую среду происходит через совокупность всех природных компонентов, в том числе и через недра, которые практически во всех случаях служат основанием для строительства и эксплуатации наземных, приповерхностных и глубинных хранилищ этих отходов.

Среди всех компонентов природной среды, подвергающихся воздействию объектов атомной промышленности, особое место занимает радиационное загрязнение подземных вод, которые являются природным ресурсом и используются для питьевого, а на некоторых территориях и централизованного водоснабжения [1]. Поэтому постоянный контроль загрязнения подземных вод

и определение возможных ореолов загрязнения водоносных горизонтов радионуклидами являются актуальными задачами в области охраны окружающей среды.

Наблюдательная сеть, геологические и гидрогеологические условия территории промплощадки

Геологическое строение и гидрогеологические условия определяют условия распространения загрязнения в геологической среде. В геологическом строении изученной промплощадки до глубины 17 метров принимают участие отложения четвертичного и кембрийского возрастов. На рис. 1 показан геолого-гидрогеологический разрез, а линия разреза дана на рис. 2.

Гидрогеологические условия на изученную глубину характеризуются наличием двух водоносных горизонтов: водоносный комплекс четвертичных отложений и нижнекембрийский водоносный горизонт, который представлен двумя зонами, разделенными маломощным (1-2 м) прослоем водоупорных глин.

Особенностью геолого-гидрогеологических условий территории рассматриваемого объекта является то, что глинистый водоупор, разделяющий четвертичный и нижнекембрийский водоносные горизонты, размыт. Отсутствие выдержанного водоупора в кровле нижнекембрийского водоносного горизонта делает подземные воды незащищенными от загрязнения с поверхности. Вследствие этого потенциальным объектом загрязнения является не только четвертичный, но и связанный с ним нижнекембрийский водоносный горизонт.

Питание нижнекембрийского водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а разгрузка - в близлежащие поверхностные водные объекты. Следует отметить, что поверхностные водные объекты имеют рыбохозяйственное назначение, а очищенная вода из них используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения соседних населенных пунктов.

На промплощадке рассматриваемого объекта находится несколько ядерно и радиационно опасных объектов (далее-ЯРОО), а также ряд скважин для наблюдения за режимом и составом подземных вод (рис. 2).

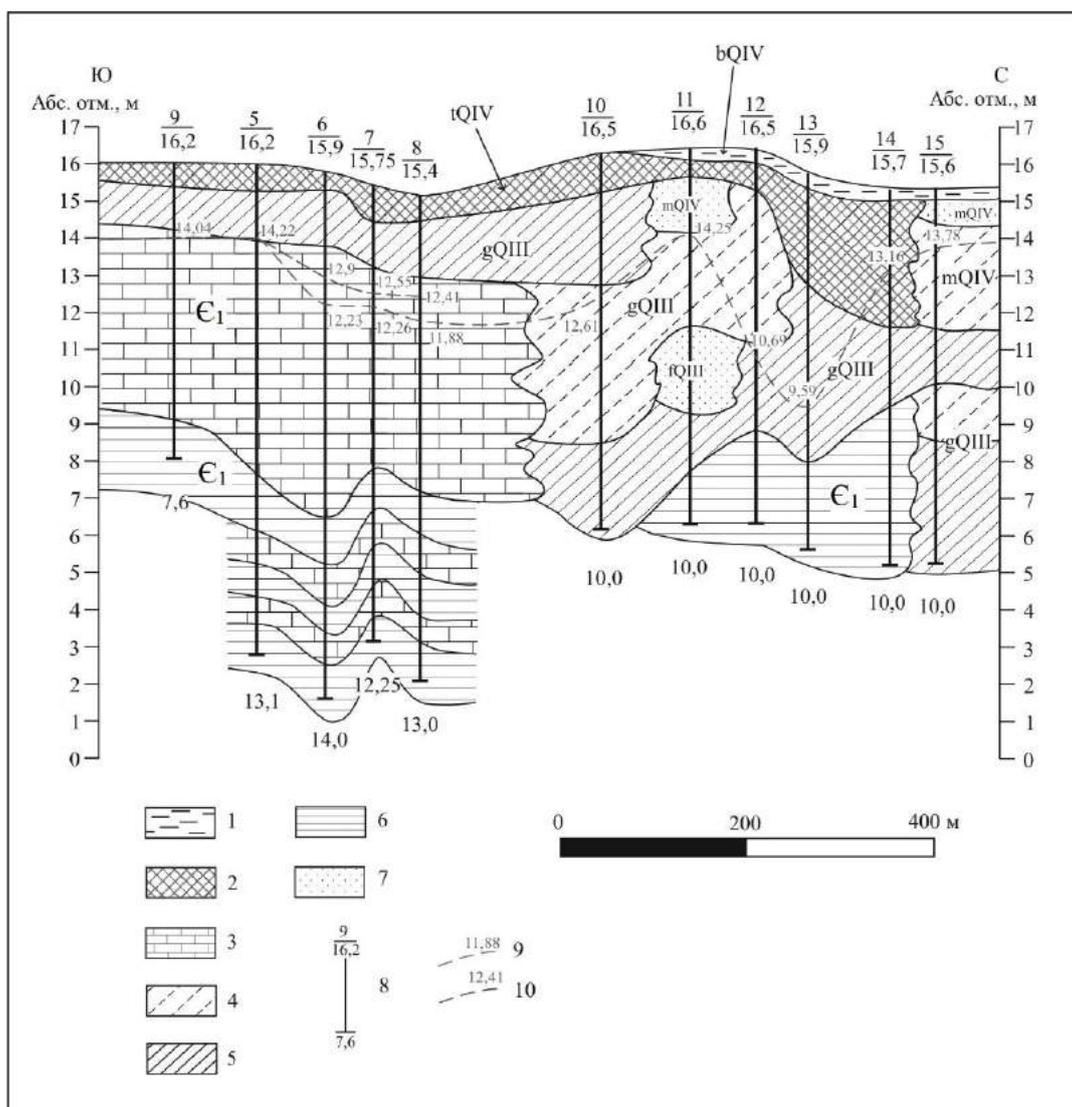
Основной задачей системы мониторинга загрязнения подземных вод в пределах изучаемой промплощадки является определение наличия (отсутствия) загрязнения от деятельности данного объекта [2]. Поэтому большинство наблюдательных скважин располагаются ниже по течению подземных вод.

Обработка и анализ данных наблюдений

В ходе обработки мониторинговых данных были построены графики флуктуаций бета-активности (β) в верхней (рис. 3) и нижней зонах (рис. 4, 5) нижнекембрийского водоносного горизонта.

Анализируя графики, можно сделать выводы, что в подземных водах на территории промплощадки прослеживается общий тренд на увеличение бета-активности (β). Наблюдаются флуктуации бета-активности, как повышения, так и понижения. К примеру, в скважине 3 в период с июня 2015 г. по апрель 2016 г. произошло повышение бета-активности с 0,29 до 1,43 Бк/кг, т.е. почти в

3 раза, а с апреля по июль 2016 г. – снижение до 0,4 Бк/кг. Схожие тенденции прослеживаются и в других наблюдательных скважинах.

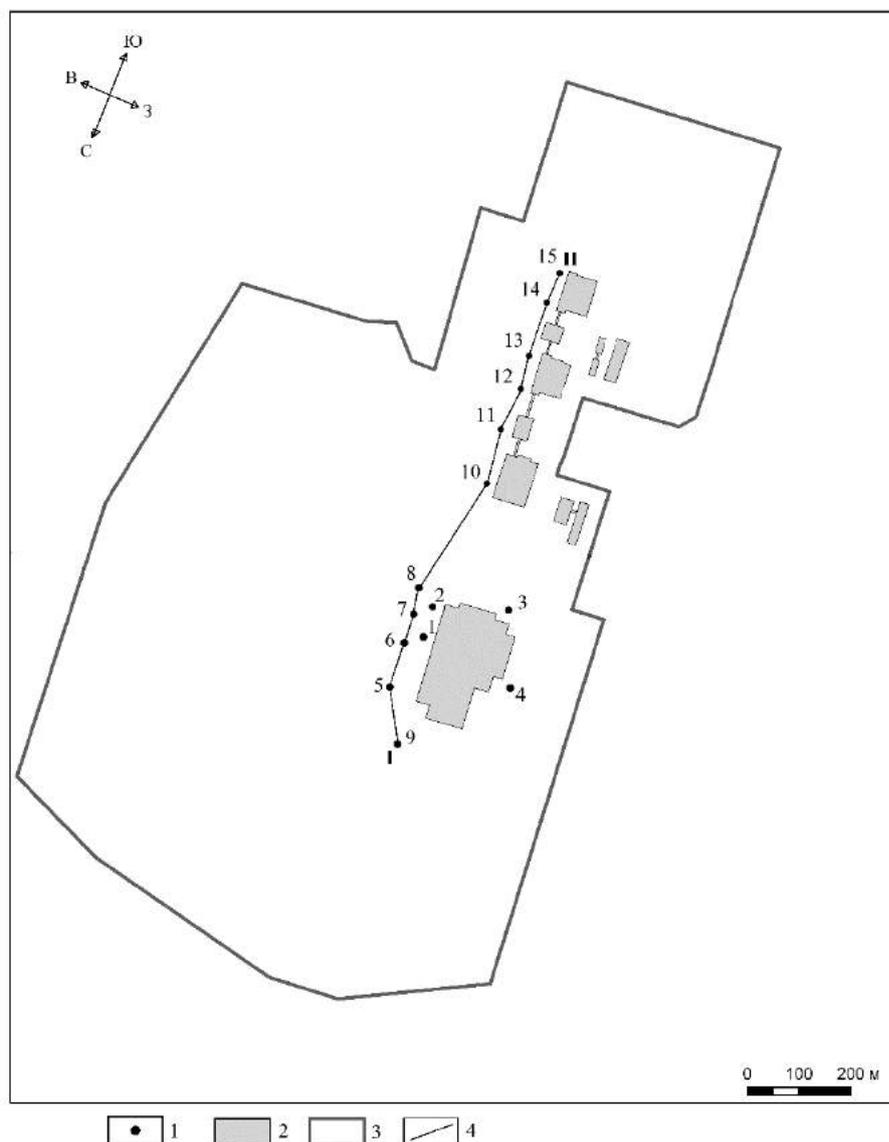


1 - почвенно-растительный слой; 2- техногенный грунт; 3 - песчаник; 4 - супесь; 5 - суглинок; 6 - глина; 7- песок; 8 - скважина (дробь сверху: в числителе- номер, в знаменателе- абсолютная отметка устья; снизу- глубина скважины; 9-10- уровень верхней и нижней зон нижнекембрийского водоносного горизонта.

Рис. 1. Геолого-гидрогеологический разрез территории промплощадки

В скважине 4, напротив, прослеживается общий тренд на понижение бета-активности. За весь наблюдательный период с 30.06.2008 по 11.10.2018 отмечаются активные флуктуации, как в сторону увеличения, так и понижения бета-активности.

Продолжительность периода наблюдений в скважине 9 была вдвое меньше (с 30.06.2008 по 01.10.2014). Здесь также прослеживается общий тренд на понижение бета-активности. Следует отметить, что флуктуации значений бета-активности в скважинах 4 и 9 практически синхронны, к примеру, в период с 21.04.2010 по 20.10.2010 зафиксировано резкое увеличение бета-активности - в скважине 4 в 1,5 раза, а в скважине 9 практически в 2 раза (с 0,59 до 0,94 Бк/кг).



1 - наблюдательные скважины; 2 - ЯРОО; 3 - граница промплощадки;
4 - линия геолого-гидрогеологического разреза

Рис. 2. Схема расположения скважин наблюдательной сети

Принятый в соответствии с НРБ-99/2009 критерий предварительной оценки (далее - КПО) качества питьевой воды по показателю бета – активности составляет 1 Бк/кг [3]. За период наблюдений КПО был превышен 4 раза, максимальное превышение составило 1,5 раза по отношению (1,535 Бк/кг). Превышения наблюдались в скважинах 1,2 и 5 01.04.2015, 17.03.2016 и 16.04.2016. Отдельные флуктуации могут быть связаны с аварийными сбросами.

Стоит отметить, что за исключением скважин 1 и 5, где 17.03.2016 зафиксированы резкие увеличения уровня $\Sigma\beta$ -активности и превышения КПО, четкой взаимосвязи между уровнями $\Sigma\beta$ -активности нижней и верхней зонах нижнекембрийского водоносного горизонта не наблюдается.

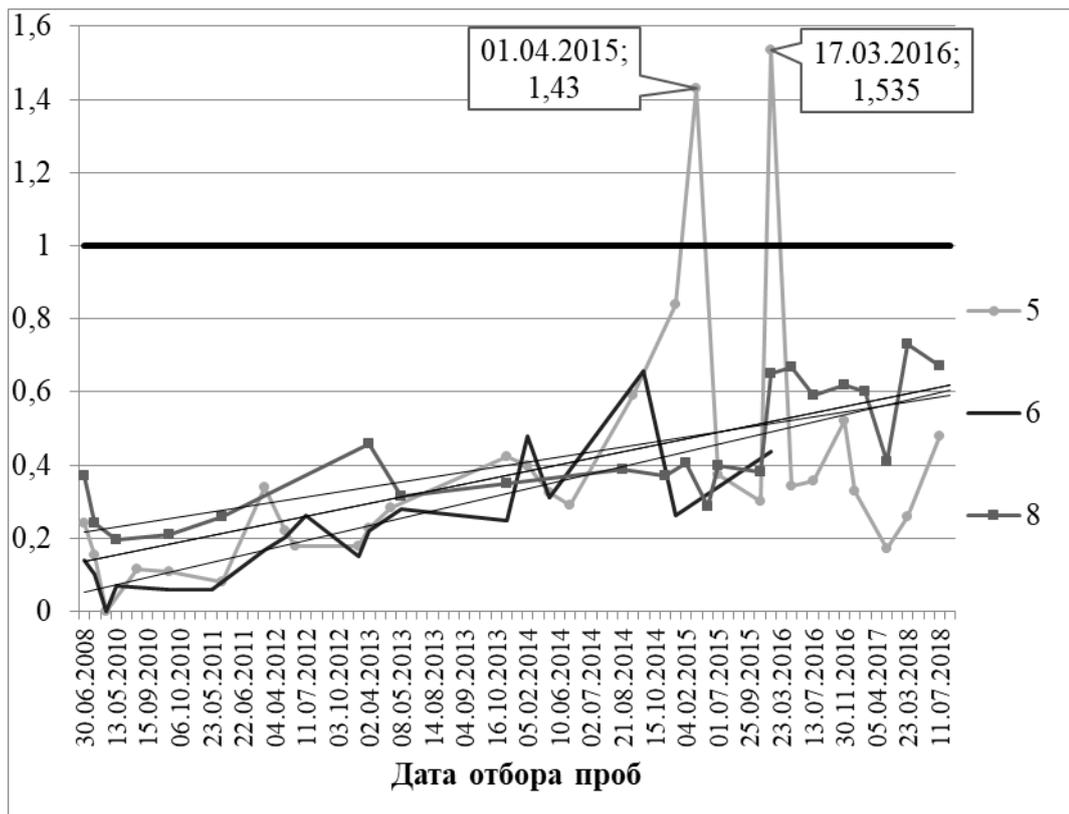


Рис. 3. График флуктуаций $\Sigma\beta$ -активности в скважинах промплощадки (верхняя зона нижнекембрийского водоносного горизонта)

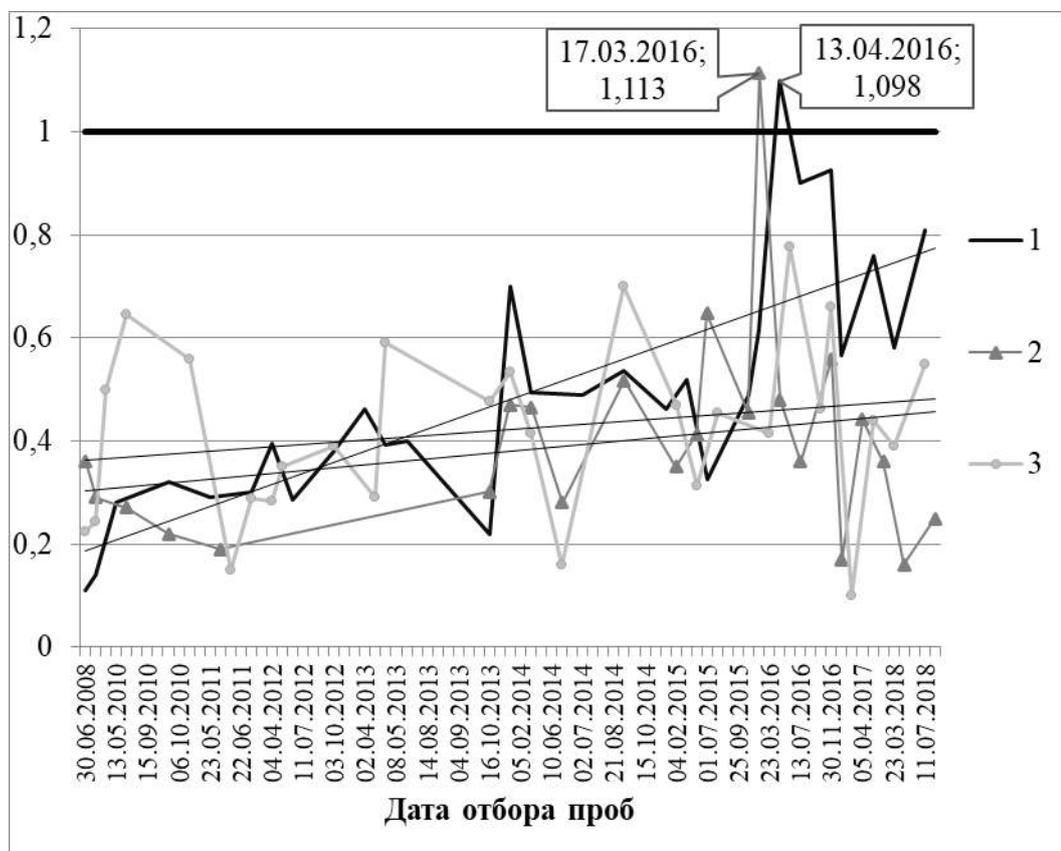


Рис. 4. График флуктуаций $\Sigma\beta$ -активности в скважинах промплощадки (нижняя зона нижнекембрийского водоносного горизонта)

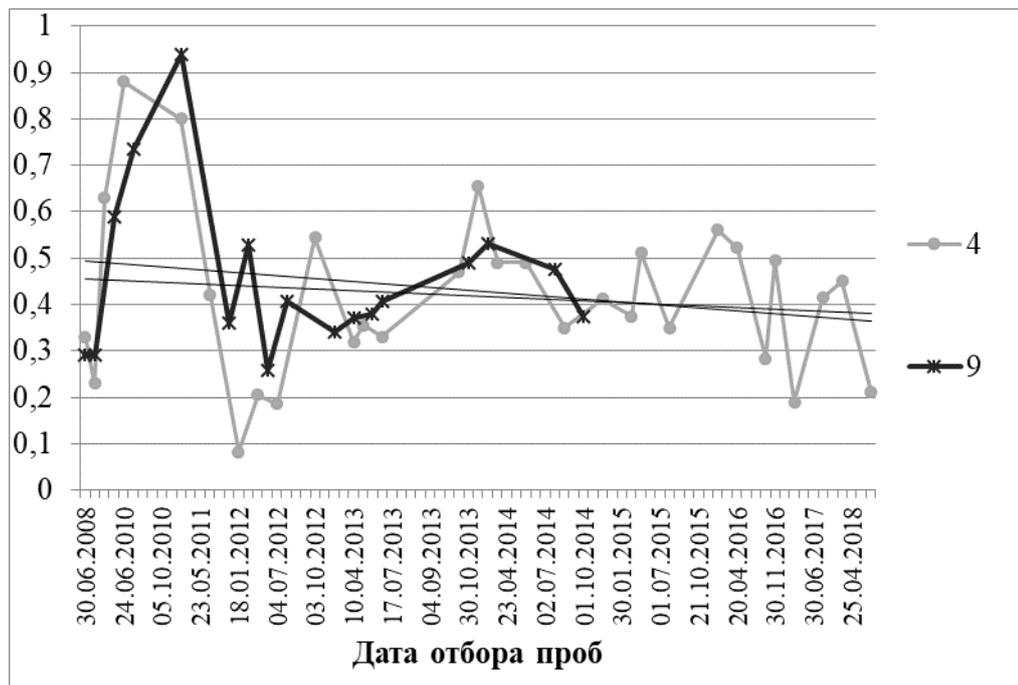


Рис. 5. График флуктуаций $\Sigma\beta$ -активности в скважинах промплощадки (нижняя часть нижнекембрийского водоносного горизонта)

Выводы и рекомендации

На рассматриваемой промплощадке рекомендуется вести постоянные наблюдения за гидрогеохимическим загрязнением и техногенно измененным радиационным фоном [4]. Желательно определять ореолы, т.е. площадное распространение данного загрязнения и его изменения во времени.

Графики, анализируемые в данной статье, показывают лишь общую тенденцию изменения уровня загрязнения подземных вод на промплощадке с выделением отдельных превышений КПО. Идеальным вариантом конфигурации сети скважин для наблюдения за загрязнением подземных вод является их расположение по «лучам» от каждого ЯРОО, т.е. по всем направлениям от потенциального источника загрязнения подземных вод. Это позволит оконтурить ореолы загрязнения за каждый наблюдательный период (к примеру, за год) с учетом КПО и определить степень его опасности. Возможно, область загрязнения подземных вод присутствует лишь в пределах промплощадки, наличие загрязнения и его распространение не представляет опасности для поверхностных водных объектов рыбохозяйственного назначения, являющихся областью разгрузки.

Особенность негативного влияния атомного производства – это отсутствие непосредственного чувственного и зрительного его восприятия. Поэтому главным источником познавательного процесса при этом являются натурные мониторинговые наблюдения. Анализируя их результаты, мы можем не только определить наиболее значимые источники загрязнения окружающей среды, но и оценить масштабы данного загрязнения и его изменения в пространстве и времени.

Библиографический список

- 1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 26.07.2019) "Об охране окружающей среды"*
- 2. Положение о порядке осуществления государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации – Приказ МПР РФ №443 от 21 мая 2001 г.; рег. номер Минюста РФ №2818 от 24 июля 2001 г.*
- 3. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09 («Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»)*
- 4. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011) "О радиационной безопасности населения"*

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Полигоны твёрдых коммунальных отходов являются источником длительного негативного воздействия на окружающую среду, продолжающееся в течении 500 лет после его закрытия. При строительстве полигонов недоучитывают природные факторы: наличие хорошо фильтрующих грунтов в основании, опасные инженерно-геологические процессы (карст, оползни, сезонные подтопления). На полигон и прилегающую к нему территорию воздействие оказывают техногенные факторы (подработанные территории, перепланировка поверхности, строительство линейных сооружений, свод леса). Несовершенство нормативной базы при изысканиях, проектировании, строительстве, эксплуатации и рекультивации приводят к многочисленным факторам отрицательного воздействия полигонов на компоненты окружающей среды. Загрязняются поверхностные водотоки, водоемы, подземные воды, атмосфера, почвы, грунты, на прилегающих территориях увядает растительность.

Ключевые слова: полигон твердых коммунальных отходов, сортировка, фильтрат, водоупорный экран.

Yu.A. Kilin, I.I. Minkevich

Perm State University, Perm, Russia

PROBLEMS OF CONSTRUCTION OF SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILLS IN THE PERM REGION

Solid municipal waste Landfills are a source of long-term negative impact on the environment, lasting for 500 years after its closure. During the construction of landfills, natural factors are underestimated: the presence of well-filtering soils in the base, dangerous engineering and geological processes (karst, landslides, seasonal flooding). The landfill and its adjacent territory are affected by technogenic factors (under-worked areas, surface redevelopment, construction of linear structures, forest vault). The imperfection of the regulatory framework in research, design, construction, operation and remediation leads to numerous factors of negative impact of landfills on environmental components. Surface watercourses, water bodies, groundwater, atmosphere, soils, soils are polluted, and vegetation is withering in the surrounding areas

Keywords: Solid municipal waste landfills, sorting, filtrate, water-proof screen.

Проблемы утилизации твердых бытовых отходов появились одновременно с человеком. Так в Китае за 3000 лет до н.э. твердые бытовые отходы укладывались в ямы и засыпались землей. В Шотландии (Эдинбурге) в конце XVIII века проводилась ручная сортировка мусора и часть мусора повторно использовалась. В настоящее время проблема утилизации твердых бытовых отходов не решена ни в одной стране мира.

Как отмечал В.И. Вернадский, ни один биологический вид не может выжить в созданных им отходах. Отходы необходимо включать в природный цикл, удалять и использовать

В настоящее время в России складирование ТКО на полигонах остается наиболее распространенным методом их утилизации. В настоящее время масса потока твердых коммунальных и приравненных к ним отходов (ТКО) в мире составляет около 400 миллионов тонн в год. Полигоны ТКО являются источниками длительного негативного воздействия на окружающую среду на протяжении 500 лет. Основным фактором этого воздействия является поступление в окружающую среду высокотоксичного фильтрата и биогаза, содержащего парниковые газы и токсичные вещества.

Если рассматривать захоронение отходов как способ утилизации, то для Пермского края есть положительные и отрицательные предпосылки:

а) положительные предпосылки:

- наличие большого количества нарушенных земель (карьеры, выработки, шахтные отвалы и т.д.);

- незначительная численность городов (кроме гг. Пермь, Березники, Чайковский и др.);

- благоприятные в целом климатические условия (наличие влаги);

- наличие в регионе по геологическим и гидрогеологическим условиям участков с большой мощности глинистых отложений, т.е. слабо фильтрующих грунтов.

б) неблагоприятные предпосылки:

- широкое распространение опасных инженерно-геологических процессов (карст, подтопление, суффозия, оползни)

- наличие близкого залегания подземных вод, приуроченных к долинам рек и заболоченным территориям;

- присутствие хорошо фильтрующих грунтов (песков, супесей, трещиноватых коренных отложений).

В Пермском крае насчитывается около 30 санкционированных свалок. Из них требованиям СанПиН соответствуют лишь четыре полигона: в г. Перми у д. Сафроны, Краснокамске пос. Оверята, пос. Звездный и г. Березники. В то же время в крае выявлено 1423 несанкционированные свалки общей площадью около 208 га. Большинство таких свалок расположены в бывших карьерах (Пермский район, с.Страшная гора), на отвалах (г. Кизел), в логах (г.Лысьва), в карстовых воронках (с. Орда). В крае преобладают мелкие по площади полигоны (менее 1,0 га) и средние (1-5 га). Самый большой полигон у г. Перми - более 56 га. Строительство в регионе крупных мусороперерабатывающих заводов экономически не выгодно. Рациональнее использовать уже существующие заводы по переработке вторичного сырья. Необходимо менять существующие способы переработки ТКО; необходима предварительная сортировка, биотермическое компостирование, низкотемпературный и высокотемпературный пиролиз, сжигание.

Процесс сортировки должен сопровождать любую технологическую схему переработки, это позволит подвергнуть рециклингу до 40% отходов.

Среднегодовой состав полигона твердых бытовых отходов в г.Перми (д.Сафроны) представлен: макулатурой – 8-20%, черными металлами - 3, 2 %, цветными металлами – 2,97 %, стеклом – 9,01 %, пластиком – 9-15 %, полиэтиленом – 20-95% %, пищевыми отходами -3,65 %, строительным мусором – 15-30 %, текстилем – 10-20%, прочими – 6-15 %. В отходах присутствует песчано-суглинистая фракция серого цвета, мягко-тугопластичная, в количестве 5-20%, с увеличением вниз по разрезу от 3% до 40%. Мощность мусора на апрель 2017 г. составила от 1,5 до 35м, в среднем – 20,0м. По результатам инвентаризации, проведенной в августе 2016г., на полигоне размещено 7654751 м³ (5128683 т) отходов. Складирование твердых коммунальных отходов проводилось без должного контроля. Вместе с коммунальным мусором на полигон поступают ртутные лампы, батарейки, детали радиоэлектроники, старые неиспользованные медицинские препараты, косметика, средства бытовой химии. В практике кроме бытовых отходов полигоны ТКО могут принимать промышленные отходы до 3 класса опасности, причем это разрешается лицензий выдаваемой органами Росприроднадзора. Это является серьезным дополнительным (часто непредсказуемым) источником загрязнения почво-грунтов, поверхностных и подземных вод.

Главной особенностью строения полигонов ТБО является их неоднородность. Насыпная плотность ТБО в местах их образования в среднем составляет 0,198 г/см³ и колеблется в пределах 0,150- 0,287 г/см³, плотность в уплотненном состоянии от 0,8 до 1,5 г/см³ (Г.М. Батракова, 2003). С глубиной плотность, влажность увеличиваются, фильтрационные свойства ухудшаются. В нижней части свалочного грунта при наличии водоупорных грунтов или искусственных противофильтрационных экранов формируется фильтрат. Мощность фильтрата зависит от сезона года и климатических условий. Так на полигоне г.Перми (у д.Сафроны) зимой фильтрат в теле полигона отсутствует, в летние месяцы он может достигать мощности до 10,0м.Образующийся фильтрат представляет собой сложную многокомпонентную систему простых, сложных и комплексных химических соединений, большая часть которых является нестабильной. Минерализация фильтрата варьирует от 3,0 до 70,0 г/дм³: преобладающие анионы – НСО₃ , NH₄ и Сl, катионы – К, в меньшей степени – Са. Из тяжелых металлов преобладают железо, кадмий, кобальт, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, титан, хром, цинк. По данным Л.П. Грибанова, (1995г), Я.И. Вайсмана, (2000г) в фильтрате присутствуют органические соединения – жирные кислоты, фенолы, спирты, эфиры, парафин, алкалоиды, хлорорганические соединения, полициклические ароматические углеводороды, а также жизнеспособные микроорганизмы различных физиологических групп (сапрофиты, сульфатредуцирующие, метаногенные, окисляющие углеводороды). Максимальное образование фильтрата наблюдается в весенне-летний период. Зимой при прекращении питания атмосферными осадками он сокращается до минимума, при этом минерализация его достигает максимальных значений

В процессе формирования фильтрата происходят существенные изменения его состава во времени. Первые 3-5 лет характеризуются выраженной

кислотной фазой с высоким значением БПК (биологический показатель кислорода) и ХПК (химический показатель кислорода). Далее в ходе анаэробной метаногенной фазы значительно снижаются БПК и ХПК, происходит осаждение тяжелых металлов, гидроокисей, сульфидов, карбонатов [1].

В теле полигона активно протекают процессы биоразрушения, включающие (А.И. Нетрусов и др., 2004): 1) трансформацию, 2) фрагментацию, и 3) минерализацию с превращением сложного вещества в самые простые (H_2O , CO_2 , H_2 , NH_3 , CH_4 и т.д.). Основными биологическими агентами, осуществляющими биоразрушения, являются микроорганизмы, обладающие огромным разнообразием ферментных систем и большой лабильностью метаболизма.

Фильтрат в теле полигона накапливается в основании. Затем через зону аэрации загрязненные воды инфильтрируются до водоносного горизонта. Попадая в водоносный горизонт, происходит смешивание метаморфизованного фильтрата с подземными водами. Далее загрязненные фильтратом воды по потоку подземных вод начинают движение к областям разгрузки, формируются ореолы загрязнений, на площади которых при низких фильтрационных показателях образуются очаги загрязнения грунтов и горных пород. Важнейшими факторами миграции загрязнений является естественная скорость потока.

При расчетах скорости фильтрации загрязненных вод (фильтрата) от полигона ТКО до областей разгрузки, в пределах местного или регионального базиса эрозии необходим прогноз динамики движения потоков или ореолов загрязнителей. Необходимо определять, прежде всего, положение границы раздела между чистыми и загрязненными водами (бурение скважин с отбором проб воды, геофизические методы). Расход фильтрующихся по водоносному горизонту загрязненных вод (фильтрата) зависит от фильтрационных свойств грунтов (горных пород), условий фильтрации их через зону аэрации и от геологического строения этой зоны. Для определения скорости и времени фильтрации загрязненных вод (фильтрата) необходимо выполнить: 1) расчет скорости и времени фильтрации загрязненных вод от основания полигона до уровня грунтовых вод; 2) определить расход загрязненных вод, принимающих участие в инфильтрации; 3) рассчитать скорость и дальность распространения загрязнителей по водоносному горизонту. Для расчетов необходимо схематизировать гидрогеологическую обстановку: в плане необходимо рассматривать плоский фильтрационный поток, при этом принять, что в каждом сечении потока скорость фильтрации в плане остается постоянной. Выполнить расчет времени продвижения контура загрязненных вод по формуле, выведенной для основной линии тока (не учитывается сорбция, диффузия) [2].

Зона аэрации обычно имеет два или более слоев с разными фильтрационными характеристиками и мощностью. Инфильтрация фильтрата до уровня грунтовых вод происходит за время через каждый из слоев ($t_1+t_2+\dots$). Время продвижения для первого слоя t_1 и последующих можно

определить по формуле 1:

$$t_1 = \frac{\mu_1 \times H_0}{k_1} \times \left(\frac{m_1}{H_0} - \ln\left(1 + \frac{m_1}{H_0}\right) \right) \quad (1)$$

где μ_1 – недостаток насыщения пород зоны аэрации ($\mu = n_1 - w_{el}$) n_1 – пористость, w_{el} – начальная (естественная) влажность пород в зоне аэрации; k_1 – коэффициент фильтрации грунта, м/сут; m_1 – мощность слоя зоны 1 аэрации, м; H_0 – высота столба фильтрата на полигоне, м.

После проникновения фильтрата и смешения его с водами водоносного горизонта начнется продвижение загрязненных вод к области разгрузки. Вычисляем расстояние, на которое продвинется контур загрязненных вод за время t по формуле 2:

$$X_1 = R_{cb} \times \left(\sqrt{1 + \frac{Q_{cb} \times t}{3.14 \times n_3 \times m_3 \times R_{cb}^2}} - 1 \right) + \frac{V_{el} \times t}{n_3} \quad (2)$$

где R_{cb} – приведенный радиус, питающего поток загрязнения источника, м; Q_{cb} – расход загрязненных вод, используемых на инфильтрацию, м³/сут; m_3 – мощность горизонта грунтовых вод, м; n_3 – пористость водовмещающих пород; V_{el} – скорость грунтового потока, м/сут; ($V_{el} = I_1 k_2$, где I_1 – уклон потока подземных вод, k_2 – коэффициент фильтрации водоносного горизонта).

Приведенный радиус источника загрязнения (полигона) R_{cb} вычисляется его по формуле 3:

$$R_{cb} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

где a – длина полигона, м; b – его ширина, м.

Расход потока загрязненных вод (Q) рассчитывается по формуле Дарси:

$$Q = k_1 \times I \times F \quad (4)$$

где F – площадь поперечного сечения потока загрязненных вод, м²; $F = S \times m$, где S – ширина потока, м; m – мощность, м

При расчетах необходимо учитывать местоположение полигона ТКО. В случае изменения типа гидрогеологического разреза по направлению движения загрязненных вод. Например, элювиальный тип, сменяется аллювиальным типом и соответственно увеличивается скорость движения. Расчет скорости потока загрязненных вод по данным формулам является предварительным, но необходимым действием для разработки мероприятий по локализации очагов загрязнения. Для получения достоверной картины необходимы режимные натурные наблюдения за подземными водами.

Теоретически и практически доказано, что не существует идеально водонепроницаемых пород. Глина, тяжелые суглинки – классический водоупорный материал, также не является абсолютным экраном. Экспериментальные и полевые исследования водопроницаемости глинистых

экранов показали, что через них достаточно легко проникают воды с высоким содержанием хлоридов. В связи с этим принято над экраном из глины или тяжелых суглинков устраивать дренажную систему для перехвата фильтрационных вод. Следует также применять искусственные водонепроницаемые экраны (полимерные пленки, бентонитовые маты и др.) с обязательным устройством над ними дренажей с отводом фильтрата в специальные накопительные емкости. Такие технические приемы позволяют предотвратить поступление фильтрата в поверхностные и подземные воды.

При строительстве нового полигона главной задачей является правильный выбор расположения площадки. Необходимо исключить возможность ее затопления, подтопления и заболачивания. Исключить расположение вблизи выбранного полигона ручьев, рек, озер и болот. Не допускается строительство полигона на территории первого, второго и третьего поясов зон санитарной охраны, источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, источников минеральных вод, поверхностных вод, а также в границах водоохраных зон водных объектов [3].

При выборе мест расположения полигонов ТКО необходимо учитывать геологические условия. По геологическим признакам в Пермском крае следует исключать территории непосредственного проявления экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов: оползней, осыпей, овражной эрозии, карстовые районы Кунгурского, Кишертского, Добрянского, Ординского районов на участках с большой плотностью карстовых форм. Исключению подлежат подрабатываемые территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, Кизеловского угольного бассейна, участки распространения с поверхности высокопроницаемых водоносных грунтов (галечники, трещиноватые скальные породы, щебенистые грунты), территории с высоким залеганием грунтовых вод (менее 3 м от дневной поверхности), зоны тектонических нарушений.

Неблагоприятные инженерно-геологические и гидрогеологические условия расположения полигонов могут быть компенсированы устройством искусственных экранов, что в разы увеличивает стоимость строительства полигонов.

Выбор площадки и возможность законного расположения полигонов ТКО требует больших денежных затрат. Это связано с проведением общественных слушаний о возможности расположения полигона. Для того чтобы выйти на общественные слушания необходимо провести полный комплекс изыскательских работ, включающих инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, разработку генплана и раздела ОВОС. Это достаточно большие затраты, примерная сумма доходит до 5 миллионов рублей. Таким образом, решение правового вопроса ставит в тупик многих инвесторов. Из опыта работы по выбору площадок под полигоны ТКО в Пермском крае, следует отметить, что каждая вторая площадка получила отрицательный результат.

Выводы:

1. Строительство в регионе крупных мусороперерабатывающих заводов

экономически не выгодно (кроме г.Перми). Рационально - использовать существующие заводы по переработке вторичного сырья. Следует менять существующие способы переработки ТКО: необходима предварительная сортировка, биотермическое компостирование, низкотемпературный и высокотемпературный пиролиз, сжигание.

2. Складирование твердых коммунальных отходов проводится без должного контроля. Вместе с коммунальным мусором на полигон поступают ртутные лампы, батарейки, детали радиоэлектроники, старые неиспользованные медицинские препараты, косметика, средства бытовой химии. Необходимо усилить контроль за поступающими отходами.

3.Образующийся на полигонах ТКО фильтрат представляет собой многокомпонентную систему простых, сложных и комплексных химических соединений, большая часть которых является нестабильной. Чтобы исключить загрязнение подземных и поверхностных вод от фильтрата в основании полигонов необходимо сооружать дренажные системы для сбора фильтрата и его последующей очистки. В основании полигонов следует применять искусственные водонепроницаемые экраны (полимерные пленки, бентонитовые маты и др.)

4. При расчетах скорости фильтрации загрязненных вод (фильтрата) от полигона ТКО до областей разгрузки в пределах местного или регионального базиса эрозии необходим прогноз динамики движения потоков или ареалов загрязнителей. Расчет скорости потока загрязненных вод по приведенным формулам (1-4) является предварительным, но необходимым действием для разработки мероприятий по локализации очагов загрязнения. Для получения достоверной картины необходимы режимные натурные наблюдения за подземными водами..

5.При проектировании и строительстве полигонов ТКО возникают проблемы связанные с отсутствием нормативных документов, правовых актов по выбору площадок, механизма согласования с природоохранными органами, порядка проведения публичных слушаний, правовых нормативов по публикациям в центральных и местных СМИ.

Библиографический список

1. Вайсман Я.И. и др. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона. ПНИПУ. Пермь, 2012. 243 с.

2. Гаев А.Я., Тихоненко М.А., Килин Ю.А. Фундаментальные и прикладные проблемы гидросферы /под общей ред. А.Я. Гаева Часть 2. Экологические проблемы. М.: Университетская книга. РИД РосНОУ. 2018. 200 с.

3. Минькевич И.И., Килин Ю.А. Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия. ПГНИУ. Пермь, 2017. 232 с.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Характеризуются гидрогеологические условия территории Кизеловского угольного бассейна и прилегающей территории. Обобщены материалы региональных гидрогеологических исследований и картографирования. Выполнены гидрогеологическая стратификация и районирование территории. Построена современная гидрогеологическая карта. Выделены и охарактеризованы 14 основных водоносных комплексов и горизонтов зоны активного водообмена, имеющих практическое значение для водоснабжения. Основные перспективы поисков подземных вод для обеспечения населения пресной водой связаны с водообильными зонами, обусловленными геодинамическими факторами.

Ключевые слова: гидрогеология, пресные подземные воды, водоносные комплексы и горизонты, водообильные зоны, гидрогеологическая карта, Кизеловский угольный бассейн, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

HYDROGEOLOGICAL MAP AND UNDERGROUND WATERS OF KIZELOVSKY COAL POOL

The hydrogeological conditions of the territory of the Kizelovsky coal basin and the adjacent territory are characterized. The materials of regional hydrogeological studies and mapping are summarized. Hydrogeological stratification and zoning of the territory were completed. A modern hydrogeological map has been built. 14 main aquifers and horizons of the zone of active water exchange, which are of practical importance for water supply, have been identified and characterized. The main prospects for groundwater searches to provide the population with fresh water are associated with water-rich zones due to geodynamic factors. Key words: hydrogeology, fresh groundwater, aquifers and horizons, water-bearing zones, hydrogeological map, Kizelovsky coal basin, Middle Urals.

Введение.

Территории Кизеловского угольного бассейна (КУБ) расположена на западном склоне Среднего Урала в пределах Западно-Уральской зоны складчатости на стыке с Предуральским краевым прогибом, характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными различными природными и техногенными факторами [1-5, 8, 13, 20, 21, 27, 30, 31]. Широкомасштабное загрязнение подземных вод (ПВ), связанное с освоением КУБ, нефтегазовых месторождений, индустриальным развитием района создает серьезную экологическую проблему [15-17, 19] для многих населенных пунктов, где наблюдается дефицит пресных ПВ. Существует недостаток современной гидрогеологической информации для поисков подземных вод.

Основная цель работы – представить современную гидрогеологическую карту КУБ мелкого масштаба, как наиболее полную информационно-картографическую основу для подготовки создания среднемасштабной гидрогеологической карты нового поколения.

Методика и материалы

Гидрогеологический анализ КУБ сделан на основе материалов среднемасштабной гидрогеологической съемки, выполненной ГП «Запуралгидрогеология» (В.А. Поповцев, Е.А. Иконников и др.), региональных гидрогеологических и геоэкологических исследований (И.С. Копылов и др.) и геологического доизучения (ГДП-200) листов О-40-Х, XVI, выполненных ФГУП «Геокарта-Пермь», где автором проведено гидрогеологическое картографирование по методике ВСЕГИНГЕО (рис. 1), а также специализированных гидрогеологических исследований с применением дистанционных методов и геоинформационных технологий, выполненных в Пермском государственном университете [11, 12, 23, 24].

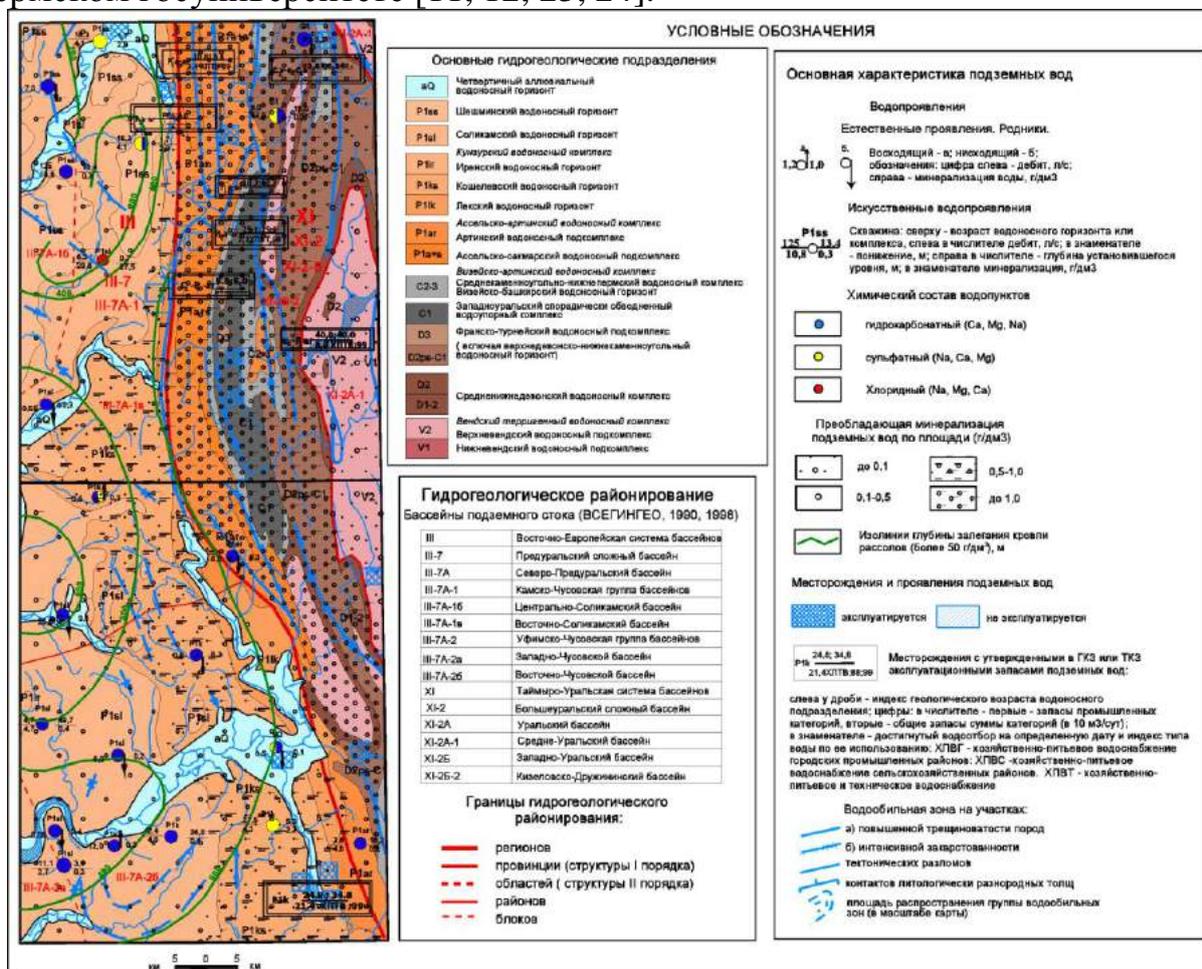


Рис. 1. Гидрогеологическая карта западного склона Среднего Урала (листы О-40-Х, XVI) [23]

Гидрогеологическая карта Кизеловского угольного бассейна и прилегающей территории (рис. 2) составлена в соответствии с основными принципами, изложенными в методических документах по гидрогеологическому картографированию ВСЕГИНГЕО [20, 22, 25, 26, 28, 29].

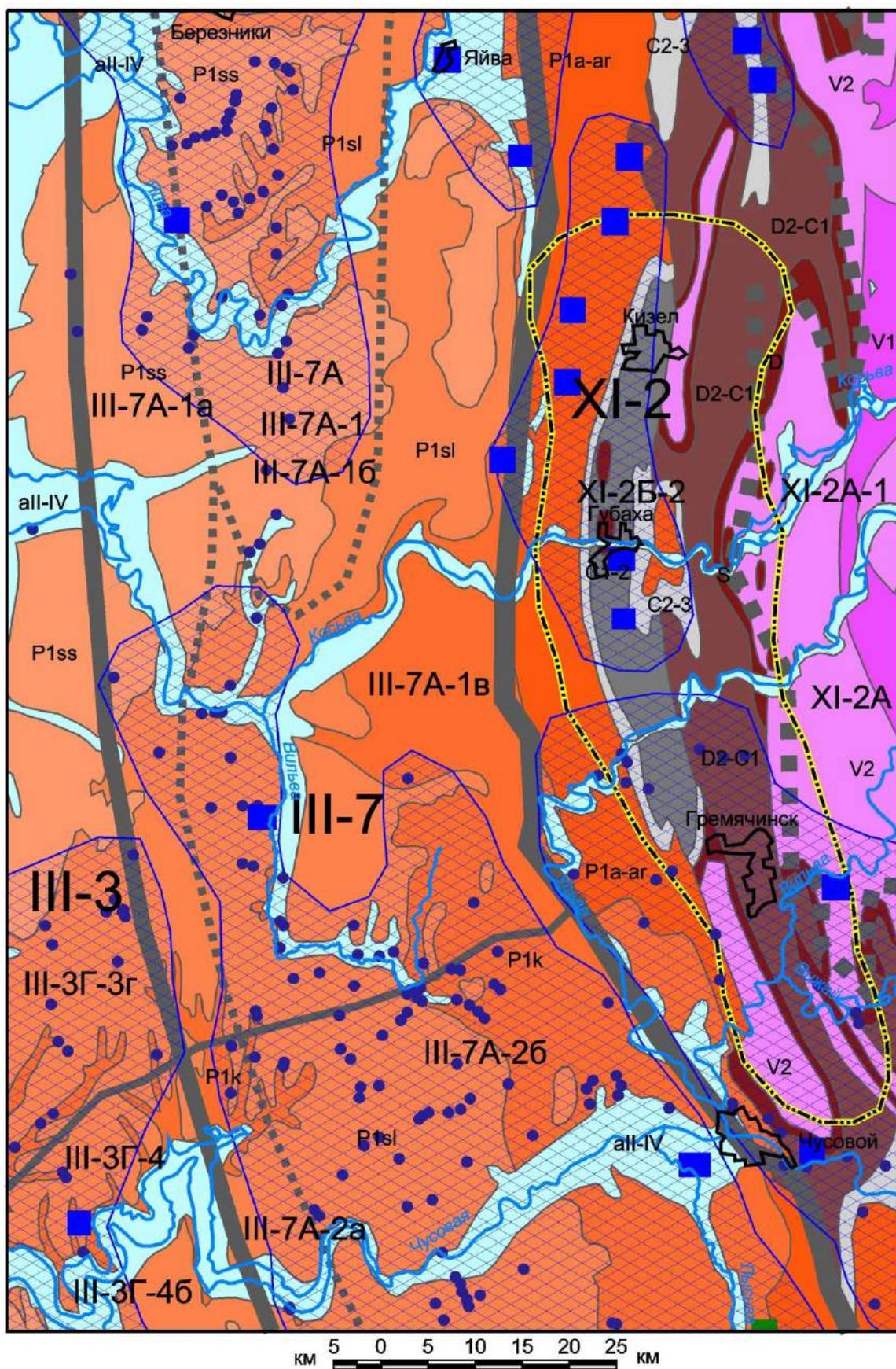


Рис. 2. Гидрогеологическая карта Кизеловского угольного бассейна и прилегающей территории (электронный макет без нумерации водопунктов)

Бассейны подземного стока
(ВСЕГИНГЕО, 1990, 1998)

III	Восточно-Европейская система бассейнов
III-11	Тимано-Печорский сложный бассейн
III-11В	Канино-Тиманский бассейн
III-11В-1	Южно-Тиманский бассейн
III-11Г	Печоро-Предуральский бассейн
III-11Г-3	Верхнепечорский бассейн
III-3	Восточно-Русский бассейн
III-3-Г	Камско-Вятский бассейн
III-3Г-3	Верхнекамская система бассейнов
III-3Г-3а	Пилово-Лопьянский бассейн
III-3Г-3б	Веслянский бассейн
III-3Г-3в	Косинский бассейн
III-3Г-3г	Обвинско-Иньвинский бассейн
III-3Г-4	Тулвинская группа бассейнов
III-3Г-4а	Камско-Тулвинский бассейн
III-3Г-4б	Бабкинско-Иреньский бассейн
III-3Г-4в	Иреньско-Сылвинский бассейн
III-7	Предуральский сложный бассейн
III-7А	Северо-Предуральский бассейн
III-7А-1	Камско-Чусовской бассейн
III-7А-1а	Западно-Соликамский бассейн
III-7А-1б	Центрально-Соликамский бассейн
III-7А-1в	Восточно-Соликамский бассейн
III-7А-2а	Западно-Чусовской бассейн
III-7А-2б	Восточно-Чусовской бассейн
XI-2	Большеевропейский сложный бассейн
XI-2А	Уральский бассейн
XI-2А-1	Средне-Уральский бассейн
XI-2В	Ляпинский бассейн
XI-2Б	Западно-Уральский бассейн
XI-2Б-1	Щугорско-Вишерский бассейн
XI-2Б-2	Кизеловско-Дружининский бассейн

Гидрогеологические подразделения

Наименование гидрогеологических подразделений по площади

all-IV	Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных образований. Пески, гравий, галечник с прослоями суглинков, глин, супесей
f II-III	Водоносный горизонт днепровских флювиогляциальных образований. Пески
N	Относительно водоупорный горизонт неогеновых образований. Прослой и линзы песков среди глин и суглинков
Pg	Относительно водоупорный горизонт палеогеновых образований. Супеси, глины, галечники
MZ	Относительно водоупорный горизонт мезозойских образований. Суглинки, глины, супеси, пески, галечники
J2	Водоносный горизонт средней юры. Пески с линзами гравия, глины с прослоями алевролитов
T1	Относительно водоупорный горизонт нижнего триаса. Глины, алевролиты, песчаники
P3sd	Водоносный горизонт северодвинских отложений верхней перми. Песчаники, алевролиты с прослоями глин, известняков, аргиллитов
P2ur	Водоносный горизонт уржумских отложений средней перми. Песчаники, алевролиты, с прослоями глин
P2kz	Водоносный горизонт казанских отложений средней перми. Глины, аргиллиты, алевролиты, песчаники
P1ss	Водоносный горизонт шешминских отложений уфимского яруса. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, мергели, известняки
P1sl	Водоносный горизонт соликамских отложений уфимского яруса. Известняки, мергели, песчаники, алевролиты
P1k	Водоносный комплекс отложений кунгурского яруса. Гипсы, ангидриты, известняки с прослоями солей, мергелей, глин
P1a-ar	Водоносный комплекс ассельско-артинских отложений. Песчаники, алевролиты, аргиллиты с линзами мергелей, известняков, конгломератов
C2-3	Водоносный комплекс среднего и верхнего карбона. Известняки, доломиты с прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов, мергелей
C1-2	Водоносный комплекс нижнего и среднего карбона. Известняки, доломиты с прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов, каменных углей
D2-C1	Водоносный комплекс карбонатных отложений среднего девона - нижнего карбона. Известняки, доломиты с прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов
D	Водоносный комплекс терригенных отложений девона. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, глинистые и кремнистые сланцы
S-D1	Водоносный комплекс карбонатных отложений силура - нижнего девона. Известняки, доломиты с прослоями глинистых и кремнистых сланцев
O2-3	Водоносный комплекс карбонатных отложений среднего - верхнего ордовика. Известняки, доломиты, мергели, сланцы
O1-2	Водоносный комплекс терригенных отложений нижнего - среднего ордовика. Конгломераты, гравелиты, песчаники
V2	Водоносный комплекс терригенных отложений верхнего венда. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты
V1	Водоносный комплекс терригенных и метаморфических отложений нижнего венда. Сланцы, алевролиты, аргиллиты, песчаники, с прослоями эффузивов, базальтоидов
R	Водоносная зона трещиноватости метаморфических пород рифея. Кварцитопесчаники, сланцы, мраморизованные известняки, метаморфизованные эффузивы, туфы, базальтоиды
S	Водоносная зона трещиноватости магматических пород. Граниты, гранодиориты, диориты, дуниты, перидотиты, габбродолериты

Границы гидрогеологического районирования:

	регионов
	провинции (структуры I порядка)
	областей (структуры II порядка)
	районов
	блоков
	границы гидрогеологических подразделений

Водопроявления:

	крупные родники (с дебитом более 10 л/с)
	площади групп водообильных зон
	месторождения пресных подземных вод
	месторождения минеральных подземных вод

Рис. 3. Легенда к гидрогеологической карте Кизеловского угольного бассейна и прилегающей территории

Карта составлена в электронном варианте, масштаб карты соответствует масштабу 1:500 000, масштаб базы данных – 1:200 000.

В легенде гидрогеологической карты КУБ и прилегающей территории (рис. 3) отражены 3 основных блока: 1) гидрогеологическое районирование (включает – перечень бассейнов подземного стока, границы гидрогеологического районирования); 2) гидрогеологические подразделения

(наименования, литологический и петрографический состав); 3) водопроявления (включает – крупные родники с дебитом более 10 л/с, площади групп водообильных зон, месторождения пресных и минеральных подземных вод). На карте в виду мелкого масштаба и наличия большого числа объектов не отражены некоторые гидрогеологические элементы – химический состав подземных вод по площади и в водопунктах и собственно характеристика водопунктов.

Гидрогеологические подразделения (водоносные комплексы и горизонты)

В зависимости от вещественного состава водовмещающих пород, их возрастной принадлежности на рассматриваемой территории выделены 14 основных гидрогеологических подразделений [9, 10, 23]. Распространение их показано на гидрогеологической карте; при этом, в виду сложного строения и малой ширины выхода в складчатых структурах некоторые водоносные комплексы и горизонты в масштабе карты показаны объединенными (рис. 2).

По гидрогеологическим условиям западная часть территории резко отличается от восточной. В пределах Предуралья бассейна, в условиях слабо расчлененного рельефа, субгоризонтального залегания пород ПВ находятся в гидрогеологически закрытом артезианском бассейне, обладают большим гидростатическим напором, повышенной минерализацией с различными гидрогеохимическими аномалиями [7, 14, 15]. В восточной части, в пределах Западно-Уральского бассейна в условиях расчлененного рельефа, дизъюнктивной тектоники с проявлением меридиональных зон трещиноватости и закарстованности в которых формируются водообильные зоны [6, 11, 30], ПВ залегают в небольших обособленных бассейнах поверхностного дренирования.

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (aQ_{IV}) распространён в долинах рек: Чусовой, Яйвы, Косьвы, Усьвы, Вильвы. ПВ грунтовые, безнапорные. Глубина залегания 0,2-8м. Дебит родников – 0,01-0,5 л/с, скважин – 0,3-21 л/с. Преобладают $НСО_3$ -Са воды, встречаются воды с повышенной минерализацией, обусловленные подтоком минерализованных вод и техногенным загрязнением. Естественные ресурсы в целом незначительные. Используется для водоснабжения небольших населенных пунктов.

Водоносный четвертичный эллювиально-делювиальный горизонт (edQ_{III-IV}) распространён повсеместно, обычно в виде верховодки. Химический состав ПВ отличается пестротой и ультрапресной минерализацией. На гидрогеологической карте горизонт не показан, ввиду малой мощности, или незначительной площади распространения. Практического значения почти не имеет за исключением водоснабжения редких деревень.

Водоносный шешминский горизонт (P_{1ss}) приурочен к шешминскому горизонту уфимского яруса нижней перми. Выходит на поверхность в северо-западной части района. Водовмещающими являются песчаники, алевролиты, конгломераты. Небольшая мощность горизонта и преимущественно высокое гипсометрическое положение способствует ее глубокому расчленению, хорошему дренированию и безнапорному характеру ПВ. Дебиты родников от

0,1 до 50 л/с, скважин – от 2,5 до 18,3 л/сек. По химическому составу ПВ HCO_3 -Ca с минерализацией 0,1-0,4 г/л. Ресурсы невелики, используются в ряде населенных пунктов одиночными скважинами, родниками.

Водоносный соликамский горизонт (P_1sl) приурочен к соликамскому горизонту уфимского яруса нижней перми. Выходит на поверхность в виде полосы меридионального простиранья шириной до 30 км в Предуральском бассейне. Водовмещающими являются мергели, песчаники, алевролиты. Глубина залегания вод 0-22 м. Дебиты родников – 0,05-130 л/с, скважин – 1-25 л/с. Развиты пресные HCO_3 -Na-Mg-Ca с минерализацией 0,1-0,5 г/л, реже до 3,5 (до 23) г/л. Ресурсы ПВ распределяются неравномерно, участками наблюдаются водообильные зоны, которые могут использоваться для водоснабжения крупных населенных пунктов.

Водоносный кунгурский комплекс (P_1k) представлен несколькими водоносными горизонтами в терригенных отложениях кунгурского яруса (иренским – P_{1ir} , кошелевским – P_{1ks} , лекским – P_{1lk}). Развит на поверхности по восточному борту Предуральского прогиба. В верхней трещиноватой зоне, выше эрозионного вреза развиты безнапорные трещинно-грунтовые воды. Глубина залегания ПВ в долинах рек 1,8-12 м, а на водоразделах и склонах – 16-50 м. Дебиты родников – 0,01-65 л/с, скважин – 1-83 л/с. По химическому составу ПВ пресные HCO_3 -Ca воды с минерализацией 0,1-0,5 г/л, реже – SO_4 - HCO_3 -Ca до 4 г/л и Cl-Na соленые воды – до 44 г/л. Ресурсы ПВ в целом невелики. Большими возможностями обладают водообильные зоны Косьвинско-Чусовской седловины.

Водоносный ассельско-артинский комплекс ($P_1 a-ar$) приурочен к терригенным толщам ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижней перми, включает два водоносных подкомплекса: артинский ($P_1 ar$) и ассельско-сакмарский ($P_1 a+s$). Выходит на поверхность в передовых складках Урала. Водоносными являются песчаники, конгломераты, алевролиты. Глубина залегания ПВ от 0,7 м до 84 м. Дебиты родников – 0,05-60 л/с, скважин – 0,9-42 л/с, удельные дебиты – 0,03-6 л/с. Преобладают HCO_3 -Ca воды с минерализацией 0,1-0,5 г/л, реже – SO_4 -Ca-Na воды до 3 г/л. Ресурсы ПВ распределены неравномерно. Крупные водообильные зоны установлены в долинах р.Лытва и р.Иваки. Используются для водоснабжения г.Александровска, п.Всеволодо-Вильва.

Водоносный визейско-артинский комплекс ($C_1 v-P_1 ar$) объединяет среднекаменноугольно-нижнепермский карбонатный водоносный комплекс и визейско-башкирский водоносный терригенный горизонт. Ввиду их сложного строения и малой ширины выхода в складчатых структурах на гидрогеологической карте они показаны, как один комплекс. Описание горизонтов в тексте приводится отдельно.

Водоносный среднекаменноугольно-нижнепермский комплекс ($C_{2-3}-P_1$) объединяет карбонатные отложения от нижней перми до московского яруса среднего карбона. Распространен в виде полосы субмеридионального простиранья. Водовмещающие породы – известняки и доломиты. Уровень ПВ комплекса на водоразделах и склонах свободный, а в долинах основных дрена

нередко имеет напор до 10-20 м. Глубина залегания уровня трещинно-карстовых вод фиксируется от 3 м до 129 м от поверхности земли. Мощность зоны современной активной циркуляции достигает 500-600 м. Дебит родников от 0,1 до 17 л/с, удельные дебиты скважин до 2,7 л/с. Повышенная водоносность наблюдается вдоль крупных тектонических нарушений. По химическому составу ПВ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ с общей минерализацией от 0,1 до 0,4 г/л. В Предуральском бассейне ПВ находятся в зоне затрудненного водообмена. Ресурсы ПВ (1307 л/с) в целом являются перспективными для организации централизованных водозаборов.

Водоносный визейско-башкирский горизонт ($C_1 v - C_2 b$) ограничен региональными водоупорами – визейской терригенной толщей снизу и глинисто-карбонатными породами московского яруса, содержит в себе самый высокопроизводительный водоносный горизонт. Известняки закарстованы до глубины 150 м ниже вреза речных долин. Глубина залегания ПВ изменяется от 0,9 до 63 м. Дебиты родников – 0,05-300 л/с, скважин – 0,05-17 л/с, удельные дебиты – до 14,3 л/с. Локализация ПВ происходит в зонах тектонических нарушений, омоложенных новейшими движениями. В химическом составе ПВ преобладают $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ с минерализацией от 0,1 до 0,3 г/л, реже $\text{SO}_4\text{-Ca}$ воды с минерализацией до 0,5 г/л. Ресурсы ПВ весьма значительны, но распределены неравномерно. Используется для водоснабжения г. Чусового (с общей производительностью скважин и родников 5330 м³/сут.), Кизела (2 скважины с водозаборами в 432 и 600 м³/сут.), шахтных поселков.

Спорадически обводненный водоупорный западноуральский комплекс ($C_1 zi$) распространен в пределах Западноуральского бассейна и приурочен к отложениям западноуральской свиты визейского яруса, содержит в себе серию водоносных горизонтов, приуроченных к пластам трещиноватых кварцевых песчаников. Синклинальное и моноклинальное залегание толщи обусловило напорный характер ПВ. Мощность зоны аэрации составляет 50-75 м. Глубина залегания ПВ от 0,2 м до 611 м и более. Дебит родников 0,1-0,2 л/с, редко – до 25 л/с; дебиты скважин – 0,01-10 л/с, удельные дебиты – до 7 л/с. По химическому составу ПВ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ с минерализацией от 0,07 до 0,5 г/л. В Предуральском бассейне комплекс находится в зоне затрудненного водообмена. Используется ограниченно.

Водоносный франско-турнейский комплекс ($D_3 fr - C_1 t$) включает известняки франского, фаменского и турнейского ярусов, развитые в восточной части территории, в виде широкой полосы субмеридионального простираия. Основные водоносные горизонты приурочены к пачкам карбонатных пород. Активная циркуляция ПВ осуществляется до глубины 250-300 м. Уровень ПВ вскрывается скважинами от 0 до 73 м. Трещинно-пластовые воды имеют напорный характер. Дебиты родников от 0,1 до 25 л/с, скважин – от 0,1 до 1,1 л/с, при удельных дебитах от 0,01 до 0,4 л/с (до 10-23 л/с в водообильных зонах). Химический состав ПВ в зоне активной циркуляции преимущественно $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ с минерализацией 0,1-0,3 г/л. В результате промышленного загрязнения отмечаются $\text{SO}_4\text{-Na}$ воды с повышенной минерализацией. Используется для водоснабжения г. Губаха, г. Гремячинск, шахтных поселков.

Водоносный горизонт в карбонатных отложениях турнейского яруса нижнего карбона и верхнего девона выделяется в составе водоносного франко-турнейского комплекса. Представлен карбонатными породами, содержит единый водоносный горизонт трещинно-карстового типа. Мощность зоны аэрации на водоразделах достигает 100-150 м. Уровень ПВ обычно свободный. Водообильность горизонта распределена неравномерно. Дебиты родников изменяются от 0,01 до 400 л/с, дебит скважин до 10 л/с, удельные дебиты – 0,05-1,04 л/с. По химическому составу ПВ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ с минерализацией до 0,3 г/л. В результате загрязнения шахтными водами появляются смешанные воды с повышенной минерализацией. Современное использование ресурсов ограничивается отбором воды из каптированных родников и одиночной водозаборной скважины в пос. Скальный.

Водоносный средне-нижнедевонский комплекс (D_{1-2}) приурочен к среднедевонским эйфельским отложениям, представленными в нижней части песчаниками и конгломератами такатинской свиты и битуминозными известняками, доломитами в верхней части. По характеру циркуляции ПВ относятся к трещинно-пластовому типу. Имеют напорный характер. Дебиты родников составляют 0,1-0,5 л/с. По химическому составу ПВ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, реже – $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ воды с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/л. Ресурсы ПВ достаточны для водоснабжения промышленных объектов населенных пунктов с потребностью до 5 л/с, а в благоприятных условиях до 10-15 л/с.

Водоносный вендский комплекс (V_{1-2}) распространен в восточной части, представлен породами сылвицкой и серебрянской серии песчаников и алевролитов. Обводненность их обуславливается интенсивной их трещиноватостью. Мощность зоны трещиноватости составляет 60-80 м на придолинных участках. ПВ имеют в основном свободный уровень, находящийся на глубине от 0 до 20 м в придолинных участках. Дебиты родников от 0,01 до 5 л/с; дебиты скважин – 0,4-4 л/с, при удельных дебитах – 0,015-0,22 л/с. Преобладают $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$ воды с минерализацией 0,1-0,2 г/л. Статические запасы ПВ весьма ограничены. Практически не используется.

Заключение

Таким образом, наибольшими ресурсами ПВ, пригодных для хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения в пределах Предуралья обладают шешминский и соликамский водоносные горизонты, а в пределах Большеуральского бассейна – визейско-башкирский водоносный горизонт и среднекаменноугольно-нижнепермский и франко-турнейский водоносные комплексы. Установлено 18 месторождений ПВ, из них эксплуатируются 13 месторождений. Наиболее крупным является Косьвинское месторождение ПВ из среднекаменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса. Для централизованного водоснабжения населенных пунктов и крупных предприятий наиболее перспективно использование ПВ в районах развития карбонатных комплексов и бассейнов карстовых вод, а также в пределах водообильных зон, приуроченных к геоактивным зонам с повышенной тектонической трещиноватостью.

Основными задачами по гидрогеологическому и геозекологическому изучению КУБ в ближайшее время является:

- создание кондиционной гидрогеологической и геозекологической карты нового поколения масштаба 1:200 000 листа О-40-Х для подготовки к изданию полного комплекта Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 листа О-40-Х;

- выделение водообильных зон и перспективных участков для постановки поисково-оценочных работ на пресные подземные воды для обеспечения водоснабжения населенных пунктов на территории листов: О-40-Х;

- оценка современного состояния месторождений питьевых и технических подземных вод нераспределенного фонда недр в пределах листа О-40-Х.

Библиографический список

1. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Геохимия и природа глубинных маломинерализованных вод Урала и Предуральяского прогиба // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 1. С. 72-82.
2. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала. М.: Наука, 1964. 303 с.
3. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / Под ред. И.К.Зайцева. М.: Недра, 1972. 648 с.
4. Грязнов О.Н., Новиков В.П., Фельдман А.Л. Гидрогеологические и геозекологические аспекты разработки рудных месторождений горно-складчатого Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 1995. № 5. С. 95.
5. Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. Пермь, 2013. 112с.
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. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145-149.
8. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
9. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
10. 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.
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. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. ГИС центр ПГНИУ. Пермь, 2013. С. 34-40.
13. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 172-177.
14. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47.
15. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 4 (17). С. 39-46.
16. Копылов И.С., Даль Л.И. Геозекологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: Геозекология, инженерная геодинамика, геологическая

безопасность сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2018. С. 92-110.

17. 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.

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

19. 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. С. 678.

20. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Л.А.Островский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова. М.: Недра, 1990. 240 с.

21. Михайлов Г.К., Оборин А.А. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского края. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2006. 154 с.: ил.

22. Основные положения по составлению серийных легенд Государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000 (ВСЕГИНГЕО, 2001).

23. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1:200 000 листов О-40-Х (Кизел) и О-40-ХVI (Лысьва), проведенному в 2006-2009 гг. / Г.П. Снитко Г.П., Т.В. Харитонов, И.С. Копылов и др. Пермь, 2009. ПФ ФГУ «ГФИ по Приволжскому федеральному округу».

24. Поповцев В.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-Х. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки за 1966-68 гг. Пермь, 1968. ПФ ФГУ «ГФИ по Приволжскому федеральному округу».

25. Принципы гидрогеологической стратификации и районирования территории России. ВСЕГИНГЕО, МПР РФ, М., 1998.

26. Сборник методических документов: создание гидрогеологических карт с применением компьютерных технологий (методические материалы). МПР России, М., 2001.

27. 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.

28. Требования к составлению Государственной гидрогеологической карты масштаба 1:200 000. ВСЕГИНГЕО, 1995.

29. Требования к цифровым гидрогеологическим картам масштаба 1:1 000 000, 1:200 000 и разрезам к ним». МПР России, 2001.

30. Шерстнев В.А. Водообильные зоны. Пермь: ПГУ, 2002. 132 с.

31. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Кн. изд-во, 1973. 195 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЮРЛИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА

В статье рассмотрены геоэкологические условия территории Юрлинского муниципального округа Пермского края. Установлены основные техногенные и природно-геологические факторы. Дана характеристика геохимических и гидрогеохимических аномальных зон. Проведено интегральное геоэкологическое районирование и составлена карта экологического состояния природной среды. Выполнена оценка геоэкологического потенциала и устойчивости природных комплексов.

Ключевые слова: геоэкология, окружающая среда, техногенные факторы, геологические факторы, геохимические и гидрогеохимические аномалии, оценка экологического состояния, районирование, Юрлинский округ, Пермский край.

I.S. Kopylov¹, L.I. Kopylova²

¹ Perm State University, Perm, Russia

²Center of social initiatives «Life Energy», Perm, Russia

GEOECOLOGICAL ESTIMATION AND STABILITY OF NATURAL ENVIRONMENT OF KIZELOVSK DISTRICT

The article considers the geoecological conditions of the territory of the Yurlinsky municipal district of the Perm Territory. The main technogenic and natural-geological factors are established. The characteristic of geochemical and hydrogeochemical anomalous zones is given. Integrated geoecological zoning was carried out and a map of the ecological state of the environment was compiled. An assessment of the geoecological potential and sustainability of natural complexes.

Key words: geoecology, environment, technogenic factors, geological factors, geochemical and hydrogeochemical anomalies, assessment of the ecological state, regionalization, Yurlinsky District, Perm Territory.

Введение

Юрлинский муниципальный округ (МО) (до 01.01.2020 – муниципальный район) расположен в северо-западной части Пермского края. Площадь района – 3803,2 км². Это один из 6 районов бывшего Коми-Пермяцкого автономного округа. Граничит с Кочевским, Косинским, Кудымкарским районами (округами) Пермского края и Кировской областью. По экономическому районированию входит в Коми-Пермяцкий промышленно-экономический округ (административно-территориальная единица с особым статусом), наименее населенный и освоенный промышленно-экономический округ в Пермском крае. Население: 8,4 тыс. чел. (2019 г.). Ранее: 17,7 тыс. чел. (1979 г.), 15,6 тыс. чел. (1989 г.), 12,2 тыс. чел. (2002 г.). Район состоит из 3 сельских поселений (Усть-Березовское, Усть-Зулинское, Юрлинское).

Район преимущественно лесной, более 80 % территории его площади покрыта лесами. Под охраной государства находится три памятника природы: 1 ботанический (болото Косинское) и 2 ландшафтных [3, 21]. Благоприятными экологическими условиями для района является относительная отдаленность от промышленных центров и путей трансграничного загрязнения окружающей среды.

Основные экологические проблемы для Юрлинского района следующие:

- нарушения природных сред и ландшафтов, связанные с развивающейся хозяйственной деятельностью;
- нарушение лесных и земельных ресурсов; деградация лесных массивов деятельностью лесозаготовительного и деревообрабатывающего комплекса;
- изменение гидрогеологических условий с преобразованием природного гидрохимического и гидродинамического режима, истощением запасов и загрязнение пресных подземных вод и др;
- развитие природных и природно-техногенных, экзогенных геологических процессов (овражной эрозии, заболачивания, суффозии), особенно на неотектонических активных участках.

Методика и материалы

Геоэкологический анализ проведен на основе материалов геоэкологического, ландшафтно-геохимического картографирования территории Пермского края масштаба 1:500 000 и региональных геохимических исследований Коми-Пермяцкого АО, проведенных (ФГУП «Геокарта-Пермь», Пермский госуниверситет), в которых авторы принимали непосредственное участие. Также использована информация из докладов о состоянии и об охране окружающей среды Коми-Пермяцкого АО за 2000-2014гг. и Пермского края [3] Комплексная геоэкологическая оценка состояния природной среды выполнена по методикам ВСЕГИНГЕО [20], с учетом рекомендаций по оценочным критериям [7, 10, 14, 19].

Основные техногенные факторы и их воздействие на окружающую среду

Основные техногенные объекты и источники.

Селитебные зоны Юрлинского МО представляют – 86 населенных пункта (в 1926 г. их было 209), крупнейшие из них – Юрла, Усть-Березовка, Усть-Зула, Чус, Пож, Титова, Дубровка, Березова, Бол. Половина, Верх. Коса, Лопва, Юм, Сюзьва, Комсомольский, Чугайнов Хутор, Усть-Пышья, Елога, Демидова и др. (рис. 1).

Преобладающей промышленностью является лесопромышленный и сельскохозяйственный комплексы. Основным видом деятельности большинства предприятий района является лесозаготовка и деревообработка. Лесозаготовками занимаются 8 малых предприятий и 10 индивидуальных предпринимателей. Переработка древесины осуществляется на 38 пилорамах.

Сельское хозяйство специализируется на производстве мяса, выращивании зерновых культур.

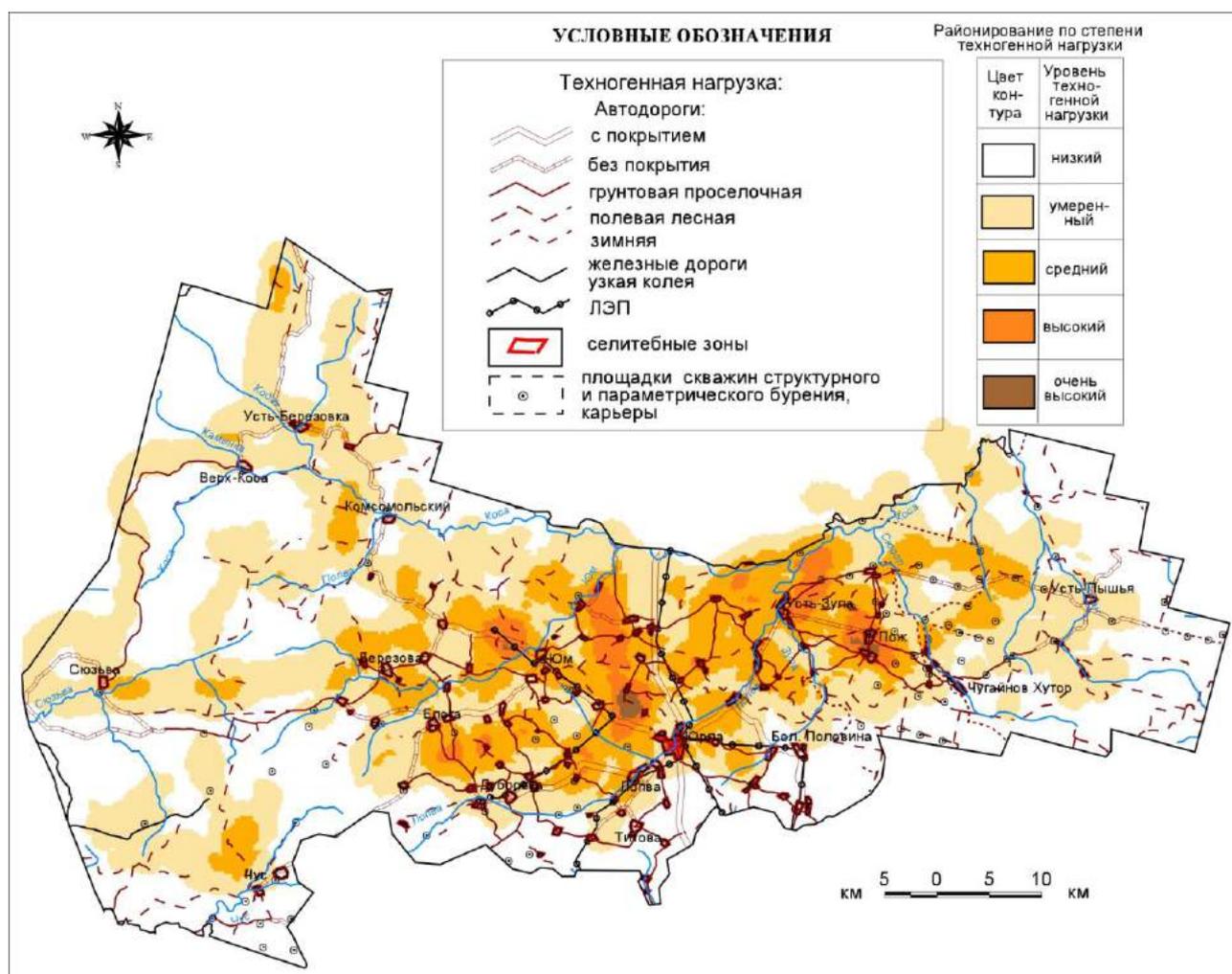


Рис. 1. Карта техногенных факторов экологических условий Юрлинского округа

Основной вид транспорта – автомобильный. На западе района имеются узкоколейные железные дороги, большая часть которых не функционирует. Сообщение внутри района организовано автомобильным транспортом. Протяженность дорог составляет 670 км, в том числе дорог в асфальтобетонном исполнении 37,8 км. По территории поселения проходит асфальтированная автомобильная дорога регионального значения Кудымкар - Гайны.

Электроснабжение района осуществляется от ТЭГРК № 9 энергосистемы. Водоснабжение населения и предприятий района осуществляется в основном от водоразборных колонок из подземных источников. Централизованной канализации в районе нет, используются индивидуальные септики и выгребные коллекторы. Планируется строительство межпоселкового газопровода Белооево-Юрла.

Территория Юрлинского МО представляет интерес на различные полезные ископаемые, изучается геологоразведочными и поисковыми работами (но значительно менее интенсивно, чем другие районы Пермского края). На территории района имеются небольшие месторождения железных руд,

кирпичных и гончарных глин, песчано-гравийных смесей, торфа, подземных вод. Существуют геологические предпосылки и перспективы обнаружения алмазов. Более 40 лет ведутся поиски нефти и газа – геофизические работы, структурное и параметрическое бурение.

Оценка техногенного воздействия на окружающую среду.

Юрлинский МО характеризуется низким уровнем суммарной антропогенной нагрузки, как по количеству промышленных и бытовых отходов, так и по уровню антропогенной нагрузки на атмосферный воздух (рис. 1). Валовой выброс загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу от стационарных источников загрязнения составил в 2017 г. - 0,116 тыс.т., в 2018 г.- 0,112 тыс.т [3]. Наибольшая часть массы выброса ЗВ приходится на окись углерода и твердые вещества. Среди последних преобладают зола углей, сажа, неорганическая и древесная пыль. В меньшей степени происходит выбросов сернистого ангидрида и окислов азота, незначительно - летучих органических соединений.

Значительный ущерб природной среде наносит инфраструктура, связанная с автомобильным транспортом – с выбросами ЗВ, нарушениями ландшафтов. Автодороги с различными видами покрытий в комплексе с передвижными источниками загрязнения являются региональным техногенным фактором воздействия на окружающую среду. Автодорожные насыпи являются своеобразными формами техногенного ландшафта, занимая в целом незначительные площади, они имеют общую протяженность 670 км. С эколого-геологической точки зрения насыпь является не только «чужеродным» объектом, но и, как дорога, источником загрязнения окружающей среды перевозимыми грузами (твердыми, жидкими, газообразными), потенциально – взрывоопасными, а также и за счет выхлопных газов автомобилей, содержащих угарный газ, окись азота и др.

Также значительным техногенным фактором воздействия на окружающую среду является инфраструктура, связанная с геологоразведочными работами. Карьеры по добыче нерудных строительных материалов имеются на всей территории района и являются также своеобразными элементами техногенного ландшафта. Наиболее крупные из них имеют размеры до 100x200 м при глубине от поверхности до дна забоя 4-5 м. Обычно это карьеры (размером 100x100 м) песчано-гравийных смесей, добываемых для отсыпки и нивелирования постоянно действующих и временных дорог. Наиболее углубленные части забоя карьеров часто заболочены или представляют собой небольшие искусственные озера, препятствующие дальнейшему извлечению полезных ископаемых. С целью поисков нефти и газа пробурено около 100 структурных скважин и 1 глубокая скважина (с увеличением плотности бурения в центральной части), пройдено большое количество геофизических профилей по всей территории с вырубкой просек в лесных массивах.

Анализ техногенных факторов и их воздействия на окружающую среду показывает, что наиболее высокая плотность техногенной нагрузки и уровень ее воздействия на окружающую среду отмечается в центральной части,

наименьший уровень воздействия – в восточной части Юрлинского МО.

Природно-геологические условия и ландшафты

Территория округа приурочена к северо-восточной окраине Восточно-Европейской равнины. Климат района умеренно-континентальный со значительными суточными и годовыми колебаниями всех метеорологических элементов. Рельеф – равнинно-холмистый, увалистый, с отметками от 130 (долина р. Косы в северо-восточной части) до 312 м (в юго-западной части). Пологоволнистая поверхность равнины расчленена долинами мелких рек и ручьев на отдельные холмы. Гидрографическая сеть относится к бассейну реки Камы. В северной части в восточном направлении протекает ее приток – р. Коса, с притоками - Юм, Лопва, Сюрол. В западной части территории небольшую часть занимают бассейны притоков Камы – Сюзьва, Чус. На территории расположены достаточно крупные болота: Большое Косинское, Ольховское, Самолродновское, Филинское болото, которые являются особо охраняемыми природными территориями регионального значения.

Территория относится к таежной зоне, подзоне средней тайги. Растительность преимущественно лесная, с преобладанием елово-пихтовых лесов. Наибольшее распространение имеют ельники-зеленомошники. Значительные площади занимают березово-осиновые леса, которые являются вторичными по своему происхождению. В подлеске растут рябина, жимолость, шиповники. Почвы района преимущественно дерновые, слабо и среднеподзолистые [1, 21].

Природные ландшафтные и ландшафтно-геохимические подразделения выделены по комплексу признаков (рельеф, литологический состав субстрата, характер четвертичных образований и др.), ведущим из которых является геоморфологический фактор – рельеф [15, 18]. По геоморфологическому районированию рассматриваемая территория относится к Восточно-Европейской равнине (А), Восточно-Русской провинции (А-А). Северная часть относится к Верхнекамской подпровинции (А-а), области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья (А-І), району слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины (А-І-4). Западная и восточная части относятся к Камской подпровинции (А-б), к области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (А-ІІ) и занимает части двух районов – района умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности (А-ІІ-5) и района умеренных сводовых поднятий Верхнекондаских Увалов (А-ІІ-6) (рис. 2).

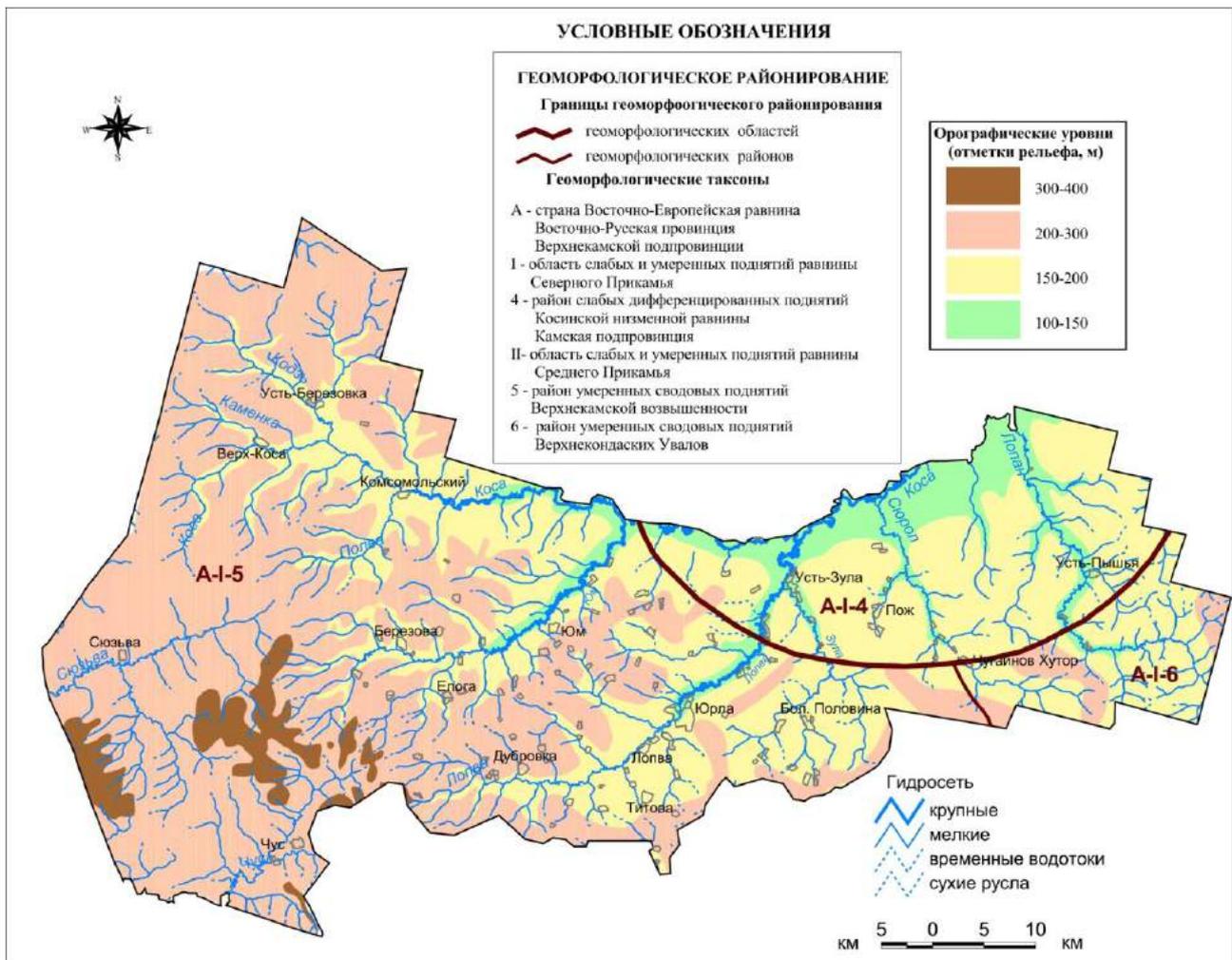


Рис. 2. Карта геоморфологических ландшафтов Юрлинского округа

В структурно-тектоническом отношении территория расположена в восточной части Восточно-Европейской платформы и характеризуется развитием мощной толщи осадочных пород палеозоя (до 3000-3500м). Верхняя часть разреза сложена в восточной и центральной частях территории красноватыми терригенными породами палеозоя верхне- и среднепермского возраста; на западе - юрскими и триасовыми терригенными отложениями мезозоя, повсеместно покрытых слоем четвертичных отложений (ледниковые, флювиогляциальные, элювиально-делювиальными, аллювиальными, болотными) мощностью от 1-5 до 30-35м. Широко развиты две группы природных геологических процессов – эндогенные (тектоническая трещиноватость на участках геоактивных зон) и экзогенные (заболачивание, суффозия, эрозионные процессы) [11, 16]. Геологические факторы, особенно повышенная геодинамическая (неотектоническая) активность выполняют важнейшую геоэкологическую роль – обуславливают главные геохимические и гидрогеохимические аномалии, с которыми часто связаны различные заболевания населения [2, 6].

Эколого-гидрогеохимические и геохимические условия

Эколого-гидрогеохимические условия. На рассматриваемой территории

по материалам региональных геоэкологических и геохимических исследований (Копылов и др., 1999ф; 2001ф) [4, 12] расположена крупная аномальная гидрогеохимическая зона (АЗ) - Косинская АЗ (рис. 3).

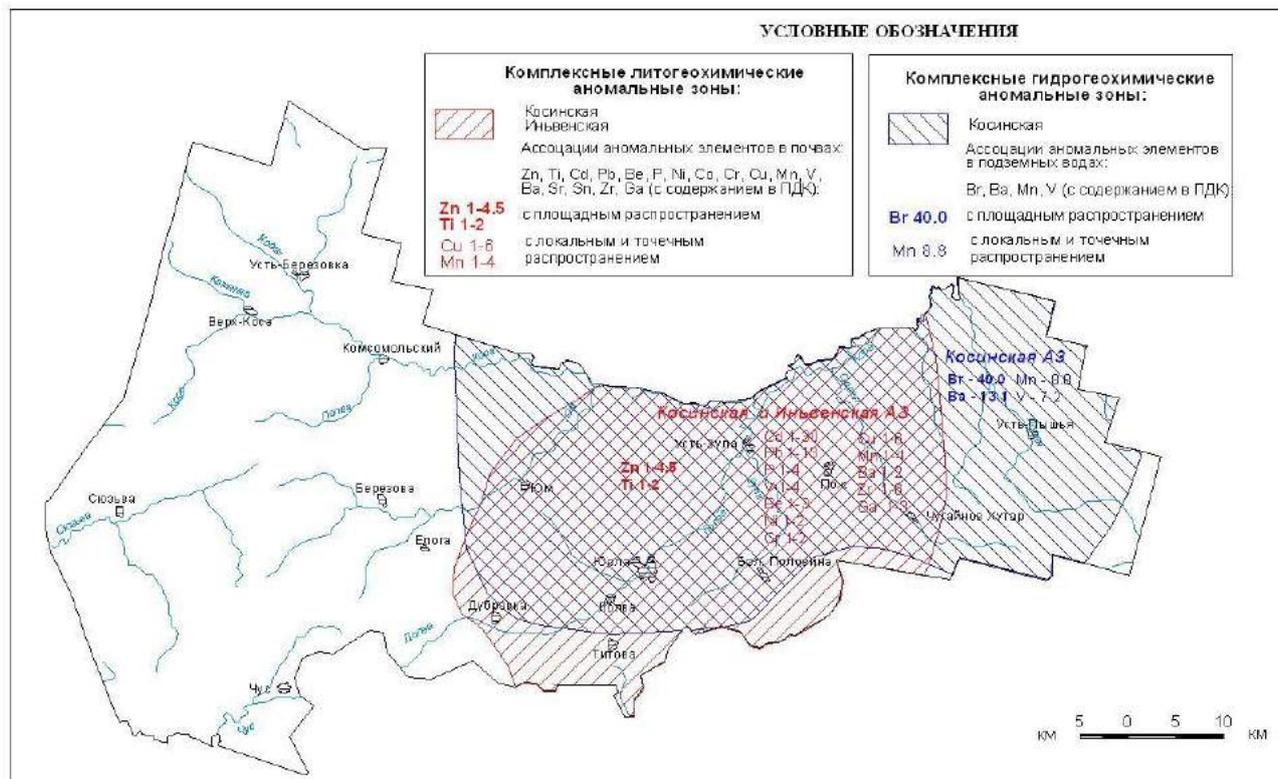


Рис. 3. Карта геохимических и гидрогеохимических аномальных зон Юрлинского округа

Косинская гидрогеохимическая АЗ занимает практически всю центральную и восточную часть Юрлинского района (на площади около 1681 км²), охватывая бассейны рек Юма, Лопвы, Сюрولا, Лопана. Приурочена она к уржумско-вятскому водоносному комплексу Изоминеры соответствуют значениям 0,2-0,5 г/л. Для данной гидрогеохимической АЗ характерно площадное распространение аномалий по Br (до 40 ПДК) и Ba (до 13 ПДК) и локальное распространение аномалий по Mn (до 8,8 ПДК) и V (до 7,2 ПДК).

Эколого-геохимические условия. На рассматриваемой территории по материалам ландшафтно-геохимических исследований (Копылов и др., 2004ф) [5, 8, 9, 13] расположены 2 крупных аномальные геохимические зоны: Косинская и Иньвенская АЗ, которые практически соединяются, образуя единую АЗ на площади 1274 км² в центральной части района пространственно совпадая с Косинской гидрогеохимической АЗ, но только в полосе распространения пород вятского и уржумского ярусов (рис. 3).

Выделяется как площадная аномалия по: Zn (до 4,5 ПДК) и Ti (до 2 ПДК). В контурах этой АЗ выделяются многочисленные локальные и точечные аномалии по следующим элементам: Cd (до 30 ПДК), Pb (до 13 ПДК), Cu (до 6 ПДК), Zr (до 6 ПДК), Mn (до 4 ПДК), P (до 4 ПДК), V (до 4 ПДК), Be (до 3 ПДК), Ga (до 3 ПДК), Ni (до 2 ПДК), Cr (до 2 ПДК), Ba (до 2 ПДК).

Генетическая природа этих аномальных зон в основном природного характера, с преобладающей долей природных групп факторов, реже комплексная - техногенно-природная. Отмечается приуроченность отдельных локальных аномалий к населённым пунктам, автомобильным дорогам, промышленным, сельскохозяйственным и селитебным зонам, при этом части аномалий классифицируются, как природно-техногенные, имеют в плане локальный мозаичный характер, к ним относятся техногенные загрязненные участки в пределах любых территорий и зон.

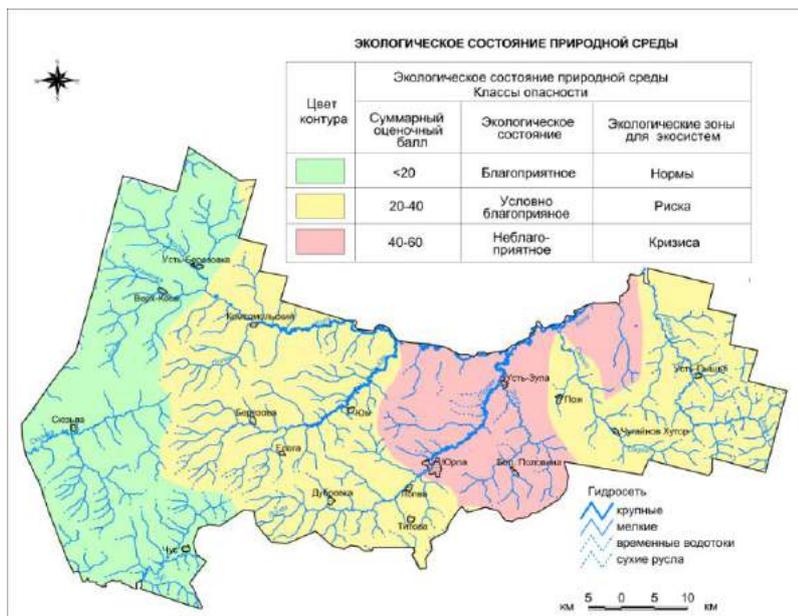
Комплексная оценка экологического состояния природной среды и геоэкологический потенциал Юрлинского МО

Комплексная оценка экологического состояния природной среды геолого-экологических условий Юрлинского МО.

Анализ комплексных геоэкологических исследований, районирования территорий по техноприродным опасностям развития чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями (Копылов, 2005) [17] и материалов комплексного изучения природно-ресурсного потенциала промышленно-экономических районов Пермского края (Коноплев и др., 2007ф) позволяет дать следующую интегральную оценку экологического состояния природной среды для Юрлинского МО.

С учетом основных оценочных критериев состояния окружающей среды: геодинамической оценки – сейсмичности, пораженности территории опасными геологическими процессами, степени нарушенности ландшафтов, степенью загрязнения (химическое, радиоактивное, пестицидное и др.) различных природных сред – почв, подземных вод зоны активного водообмена, поверхностных вод, донных осадков рек и водоемов, комплексного загрязнения воздуха (которые ранжированы по 4 классам экологического состояния в соответствии с Методическими указаниями по составлению эколого-геологических карт [20]), территория Юрлинского МО характеризуется благоприятными, условно благоприятными и неблагоприятными экологическими условиями.

Территории с благоприятными экологическими условиями выделены в западной части Юрлинского МО (бассейны рр. Чус, Сюзьва, Кодзь, Каменка) и занимают 30 % его территории. К ним отнесены площади с природными условно-естественными лесными или природно-антропогенными (вторичными лесными, частично вырубками, луговыми) ландшафтами, в целом имеющие благоприятную (допустимую) степень нарушенности среды. Характеризуются редким развитием слабых по интенсивности и локальных по распространенности природных и техногенных опасных (экологически неблагоприятных) объектов и процессов. Геохимические аномалии локальны, характеризуются допустимой степенью загрязнения и редко превышают ПДК. Данные территории имеют благоприятное и удовлетворительное экологическое состояние (менее 20 баллов) и отвечают уровню экологической нормы (рис. 4).



КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ		
Компоненты природной среды	№ компонента	Геоэкологические параметры и процессы (показатели)
Почвы	1	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади распространения) Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности
	2	Радиоактивное загрязнение (мр/час)
Донные осадки	3	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади распространения) Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности
	4	Пораженность территории ЭГП в % (карст, овраги, оползни, осыпи, обвалы, болота и др.)
Литогенная основа	5	Эндемические процессы (сезонность в баллах)
	6	Химическое загрязнение подземных вод зоны активного водообмена (в ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности (с учетом состояния на водозаборах согласно Сан Пин 2.1.4.539-98)
Поверхностные воды	7	Химическое загрязнение поверхностных вод (в ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности
	8	Загрязнение поверхностных вод пестицидами
Ландшафты	9	Степень нарушенности (в%)
Приповерхностная атмосфера	10	Комплексное загрязнение воздуха (модульное количество выбросов ЗВ, т/гв.км)
Суммарная оценка состояния природной среды и ее компонентов		

Рис. 4. Карта экологической оценки состояния природной среды Юрлинского округа

Территории с условно благоприятными экологическими условиями занимают площади преимущественно в западной части (бассейны рек Полва, Юм, верховья Лопвы) и восточной части (бассейны рек Сюрол, Лопан) занимая площадь около 52 % территории МО. К ним отнесены территории с природными ландшафтами (здесь условно-естественные леса сочетаются с заболоченными участками); преобладают природно-антропогенные ландшафты; ограниченно развиты сельскохозяйственные антропогенные ландшафты. В целом, характерна удовлетворительная (малая) и напряженная (средняя) степень нарушенности среды, которая характеризуется регулярным проявлением (развитием) разных по интенсивности (преимущественно слабых) и локальных по распространенности природных и техногенных экологически неблагоприятных процессов и явлений. Геохимические аномалии характеризуются умеренно-опасной степенью загрязнения, в основном не превышают 1,5-3 ПДК (в зависимости от классов опасности); выделяются отдельные локальные и точечные геохимические аномалии с более высоким уровнем ПДК. Данные территории характеризуется условно благоприятными экологическими условиями (напряженным состоянием, 20-40 баллов) и входят в зону экологического риска.

Территории с неблагоприятными экологическими условиями занимают в районе площади в преимущественно в центральных, а также в северо-восточных частях МО (бассейн среднего и нижнего течения р. Лолога, весь бассейн р. Зулы, низовье р. Косы). Общая их площадь до 18 % территории. К ним отнесены территории с природно-антропогенными и антропогенными ландшафтами, селитебные и промышленные зоны. Преобладает напряженная (средняя) степень нарушенности среды, в промышленных районах отмечается

кризисная степень нарушенности среды. Отмечается самая высокая степень техногенной нагрузки в Юрлинском МО. Отмечается самая высокая степень неотектонической активности, геодинамические активные зоны, обусловленные наличием зон тектонических нарушений, высокой плотностью мегатрещиноватости. Характеризуется также регулярным проявлением умеренно опасных природных и техногенных процессов (крупные болотные массивы, обширные участки заболоченности, овражная и речная эрозия, суффозия и пр.). Выделяются обширные геохимические и гидрогеохимические аномалии, часто с опасной степенью загрязнения (от 2-4 до 30-40 ПДК в зависимости от классов опасности). Данные территории характеризуется неблагоприятными экологическими условиями (40-60 баллов) и отвечают категории экологического кризиса (рис. 4).

Геоэкологический потенциал и устойчивость природных комплексов.

В настоящее время при экологической оценке территорий также используется понятие экологического (геоэкологического) потенциала природных систем и комплексов. Его носителем является способность природы к самовосстановлению. Чем большим потенциалом устойчивости обладают экосистемы – тем больше чистого воздуха, воды, пищи достанется, в конечном счете, человеку. Устойчивость экосистем - это сложный комплекс адаптивных реакций, позволяющий ассимилировать загрязнение среды. Для интегральной характеристики экологического потенциала природных экосистем используется комплекс показателей характеризующих массу, продуктивность и структурное разнообразие сохранившихся участков живой природы. На основе анализа ландшафтно-геологических систем составлена карта геоэкологического потенциала и устойчивости природных комплексов района с ранжированием по 4 уровням геоэкологической устойчивости – от очень низкой до высокой (рис. 5). На территории Юрлинского МО отмечается преобладание средней экогеохимической и геодинамической устойчивости природных комплексов, участки их занимают 85% территории. Значительно меньше (до 10 %) отмечается участков с низкой устойчивостью – в основном в центральных и юго-западных частях района. Участки с высокой (4 %), устойчивостью и с очень низкой устойчивостью (1 %) расположены локально.

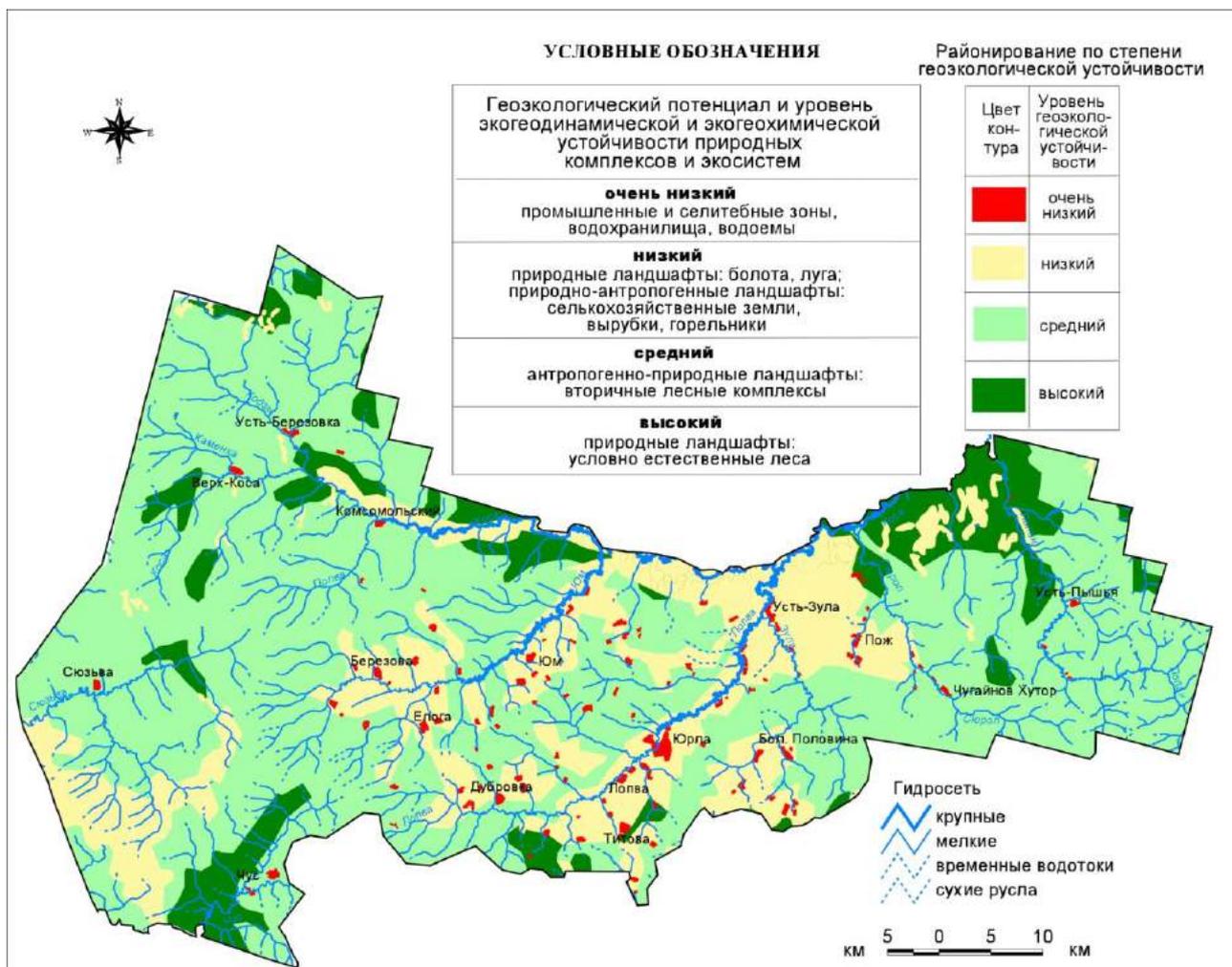


Рис. 5. Карта геозэкологического потенциала и устойчивости природных комплексов Юрлинского округа

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Под редакцией А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Даль Л.И., Копылов И.С. Картографическая концепция оценки медико-экологических опасностей, рисков и геозэкологических ситуаций // В сборнике: Геозэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию профессора И. А. Печеркина. Главный редактор: И.С. Копылов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2019. С. 67-74.
3. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края». Ежегодный экологический доклад-2018. <http://www.pertecology.ru/ежегодный-экологический-доклад-2018>.
4. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145-149.
5. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4.
6. Копылов И.С. Геозэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.
7. Копылов И.С. Концепция и методология геозэкологических исследований и

картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.

8. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2012. № 2. С. 16-34.

9. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 1. С. 26-37.

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

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

12. 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.

13. 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.

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

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

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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. С. 678.

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

21. Пермский край. Юрлинский муниципальный район. Юрлинское сельское поселение. Генеральный план. Пояснительная записка (обосновывающие материалы). Т.1. ПГТУ, Пермь 2013, 151 с. http://yurlinskoe.permarea.ru/upload/pages/36473/dat_1389859218485.doc.

ЭКОМОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рассмотрены факторы, определяющие принципы формирования систем экомониторинга различных категорий сложности в районах нефтедобычи. Представлены методические приемы проведения и визуализации результатов функционирования системы экомониторинга на территории нефтяного месторождения в Пермском крае. Определены направления дальнейшего применения результатов экомониторинга.

Ключевые слова: экомониторинг, атмосферические и гидрохимические исследования, нефтяное месторождение.

ECOLOGICAL MONITORING IN OIL EXTRACTION AREAS OF PERM REGION

Factors determining the principles of the ecomonitoring systems formation of various complexity categories in oil production areas are considered. The methodical methods of visualizing the functioning results of the eco-monitoring system at the territory of the oil deposit in the Perm Region are presented. The directions of the further application of the ecomonitoring results in the design and development of hydrocarbon deposits are determined.

Key words: ecomonitoring, atmo- and hydrochemical research, oil deposits.

Естественные выходы нефти на земную поверхность на территории Пермского Прикамья описал еще горный инженер Вильгельм де Генин в XVIII веке в районе рек Камы и Косьвы, а затем геолог Краснопольский в XIX веке. В 1929 году при бурении на калийно-магниевые соли профессором Пермского университета П.И.Преображенским с глубины 328 м получена нефть и открыта Волго-Уральская нефтегазоносная провинция. В 1934 году при бурении артезианской скважины для водоснабжения Краснокамского бумкомбината на глубине 160 м обнаружены воды с запахом H_2S и “масляной” пленкой. В конце 40-х – начале 50-х годов прошлого века, при бурении структурных скважин на Таныпском поднятии и проходке иренского и филлиповского горизонтов кунгурского яруса установлены естественные нефтепроявления в виде жидкой газированной нефти на глубине 152,8-190,5 м. Открытие залежей нефти на незначительных глубинах, при поисках калийных солей и пресных подземных вод в регионе обусловлено формированием скоплений углеводородов (УВ) в результате природного процесса - вертикальной восходящей миграции флюидов. Впоследствии, при проведении среднемасштабной гидрогеологической съемке в регионе, электроразведочными работами подтверждены отмеченные ранее [3],

многочисленные “конусы подъема” рассолов из глубоких горизонтов в зону пресных подземных вод. На некоторых из них в настоящее время расположены курорты “Усть-Качка” и “Ключи”.

В настоящее время на территории Пермского края открыто более 230 месторождений нефти и газа, в эксплуатации находится около 155, половина из которых разрабатываются более 30 лет. Большинство месторождений - многопластовые (до 10 объектов), нередко с газовыми шапками (рис. 1).

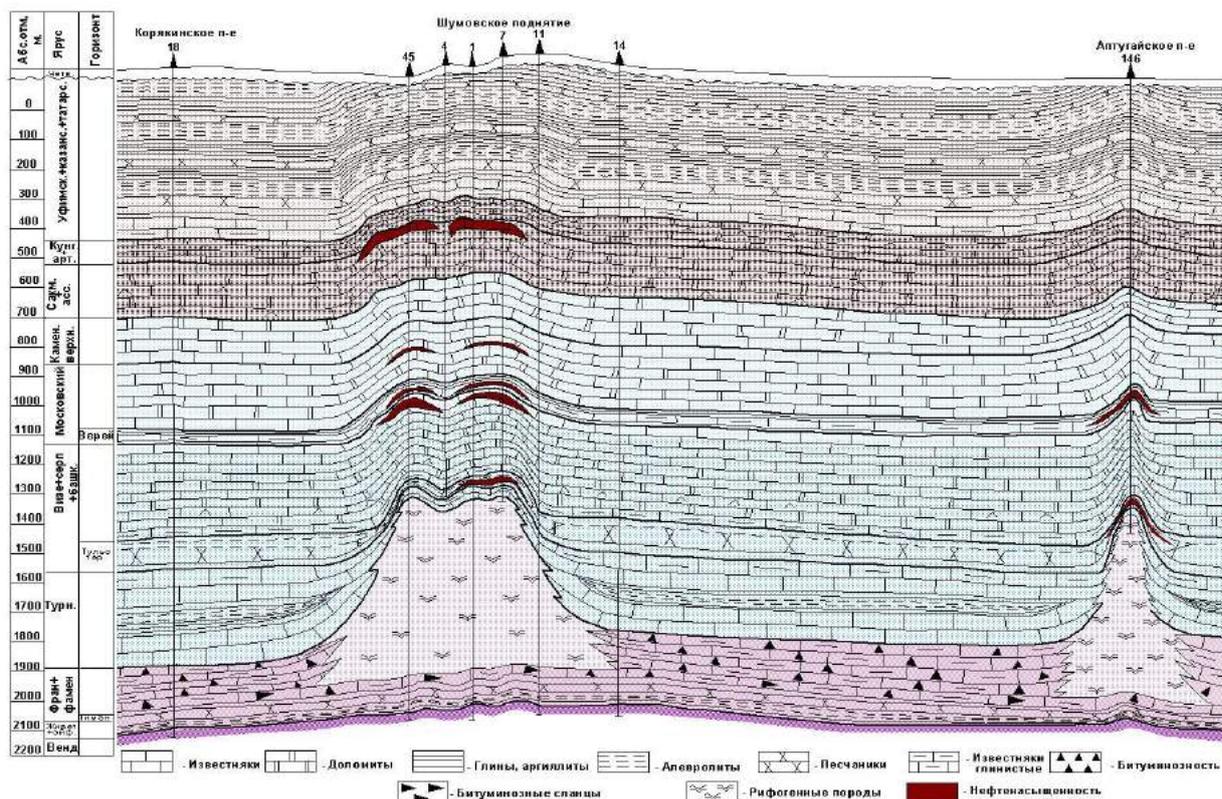


Рис.1. Многопластовые месторождения нефти в палеозойских отложениях Пермского края

Поиски, разведка и освоение УВ ресурсов на территории Пермского края производится в сложных горно-геологических условиях, дополняющиеся специфическими региональными экологическими требованиями, которые обусловлены:

- наличием вертикальной восходящей миграции флюидов – нефти, углеводородных газов и высокоминерализованных рассолов в приповерхностную часть геологической среды повышает требования к разбуриванию нефтегазоносного участка;
- концентрацией разработки залежей нескольких полезных ископаемых в пределах одной территории – Соликамской депрессии (рис. 2), где на различных глубинах из недр извлекаются: пресные воды (до 100 м); калийные и магниевые соли (400-600м); нефть и газ (1500-3000м) требует внедрения специфических технологий строительства скважин;
- широким распространением карстовых процессов в карбонатных и

сульфатных палеозойских отложениях на земной поверхности (в субмеридианальной зоне Добрянка-Кунгур-Октябрьский) – это дополнительные требования к инженерным изысканиям при строительстве нефтепромысловых объектов;

- присутствием в пределах горного отвода нефтяного месторождения территорий с особыми условиями природопользования (водозаборы, водоохранные зоны, заказники, охраняемые ландшафты и др.) предусматривает учет требований их режима использования (в т.ч. по экологическому мониторингу) при проектировании и эксплуатации кустов скважин и установок первичной подготовки нефти и газа.

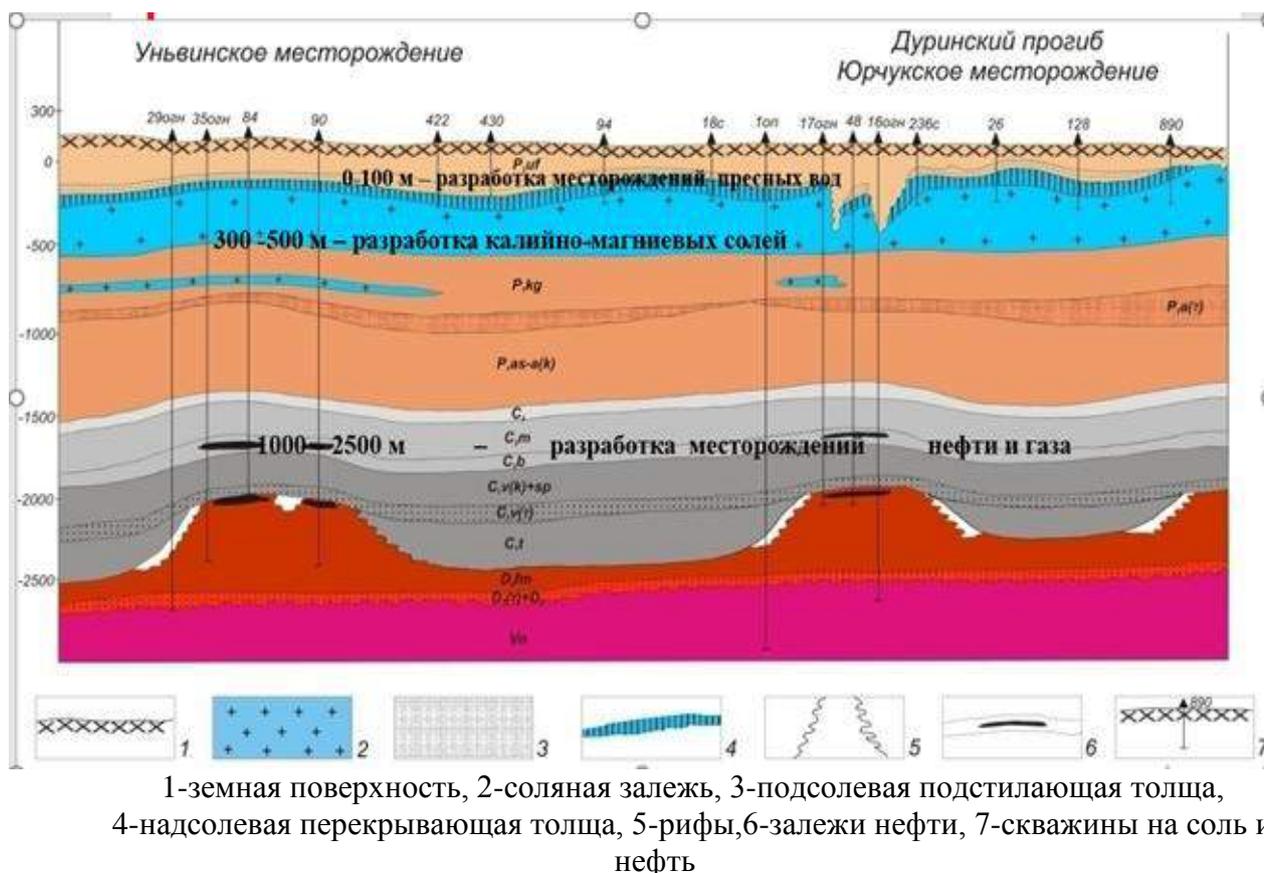


Рис.2. Совместное расположение месторождений пресных подземных вод, соляных и нефтяных залежей в палеозойских отложениях Соликамской депрессии

В районах нефтедобычи Пермского края контроль состояния основных элементов окружающей среды на территории всех разрабатываемых месторождениях нефти обеспечивается посредством систем производственного экологического мониторинга (ПЭМ) разной сложности [1, 2], создание которых обусловлено различными естественными природными условиями объекта, необходимостью учета применения специфических методов разработки нефтяных залежей и ограничений по природопользованию. Функционирование систем экомониторинга определяется не только традиционными наблюдениями за состоянием воздушной и водной сред, почв и растительности, но и (учитывая горнодобывающее направление нефтедобывающей отрасли) распространяется

на геологическую среду (в частности пресные подземные воды).

К объектам ПЭМ в районах нефтедобычи относятся:

- атмосферный воздух на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) нефтепромыслового объекта и ближайшего жилья;
- пресные поверхностные и подземные воды на территории месторождений нефти и газа;
- почвы и грунты в пределах СЗЗ нефтепромысловых объектов;
- растительность в пределах СЗЗ нефтепромысловых объектов (при расположении в пределах ООПТ).

Основная цель функционирования систем ПЭМ – обеспечение природоохранных служб предприятия достоверной и своевременной информацией о состоянии основных компонентов окружающей среды (воздушной среды, пресных поверхностных и подземных вод, почв и растительности) для обеспечения экологической безопасности процесса нефтедобычи.

Основные задачи ПЭМ:

- выполнение регулярных наблюдений за состоянием основных компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, поверхностных и пресных подземных вод, почв и земель, растительности) в районе размещения нефтепромысловых объектов, оказывающих на ОС негативное воздействие;
- оценка состояния основных компонентов окружающей среды и прогноз их изменения под влиянием воздействия техногенных факторов на территории нефтедобычи;
- разработка предложений о предотвращении техногенного воздействия нефтепромысловых объектов или снижение его до допустимого уровня.

Основа ПЭМ в районах нефтедобычи - это определение фактических концентраций (и сопоставление с фоном и ПДК) компонентов индикаторов нефтепромыслового загрязнения в транспортирующих (воздух и вода) и депонирующих средах (почвы и растительность).

При организации системы ПЭМ и проведения геоэкологических исследований необходимо учитывать не только природные условия освоения территории, но и особенности процесса нефтедобычи, как производственной деятельности горнодобывающего профиля:

- пространственную разобщенность объектов нефтедобычи в пределах нефтегазоносной территории;
- возможное присутствие в пределах горного отвода месторождения участков, на которых в естественных природных условиях превышены нормативы качества компонентов окружающей среды;
- наличие в пределах горного отвода “старых” нефтяных месторождений, находящихся в поздней стадии разработки, участков с неблагоприятной экологической обстановкой;
- особые условия освоения залежей углеводородного сырья, при наличии в пределах горного отвода месторождения участков с ограничением природопользования: особо охраняемые природные территории (ООПТ), водоохраные зоны водотоков и водоемов, зоны санитарной охраны питьевых

водозаборов, горные отводы других видов недропользования и т.д.

Создаваемые и функционируемые в районах нефтедобычи Пермского края системы ПЭМ, по определяющим факторам их формирования, можно подразделить на несколько категории сложности [2]. Сложность создания систем ПЭМ в районах нефтедобычи определяется горно-геологическими условиями района, способами разработки нефтяных залежей, а также ограничениями по природопользованию.

Большинство систем ПЭМ в регионе относятся к простой (или традиционной) категории сложности, т.к. эксплуатация нефтяных месторождений производится в типичных горно-геологических условиях с применением единой, практически сложившейся для данной территории системой разработки залежей углеводородного сырья.

Для оценки загрязнения воздушной среды измерения выполняются в соответствии с РД 52.04.186-89 в течение суток, в одних погодных условиях, на границе санитарно-защитных зон нефтепромысловых объектов и населенных пунктов на территории месторождений. Методологическая основа атмосферных исследований - это сопоставление концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на определенных временных «срезах» с базой сравнения (фоном), величинами предельно допустимых концентраций для населенных мест (ПДК_{н.м.}) и результатами моделирования прогнозируемых выбросов загрязняющих веществ (программа «ЭКОЛОГ»).

Внешний оперативный контроль за соблюдением норм выбросов вредных веществ в атмосферу, на крупных нефтепромысловых объектах (УППН, УПСВ, НГСП) с несколькими постоянными источниками загрязнения, осуществляется в 2-х контрольных точках, расположенных на границе СЗЗ: первая располагается с наветренной стороны (до источника), вторая - с подветренной стороны (после источника).

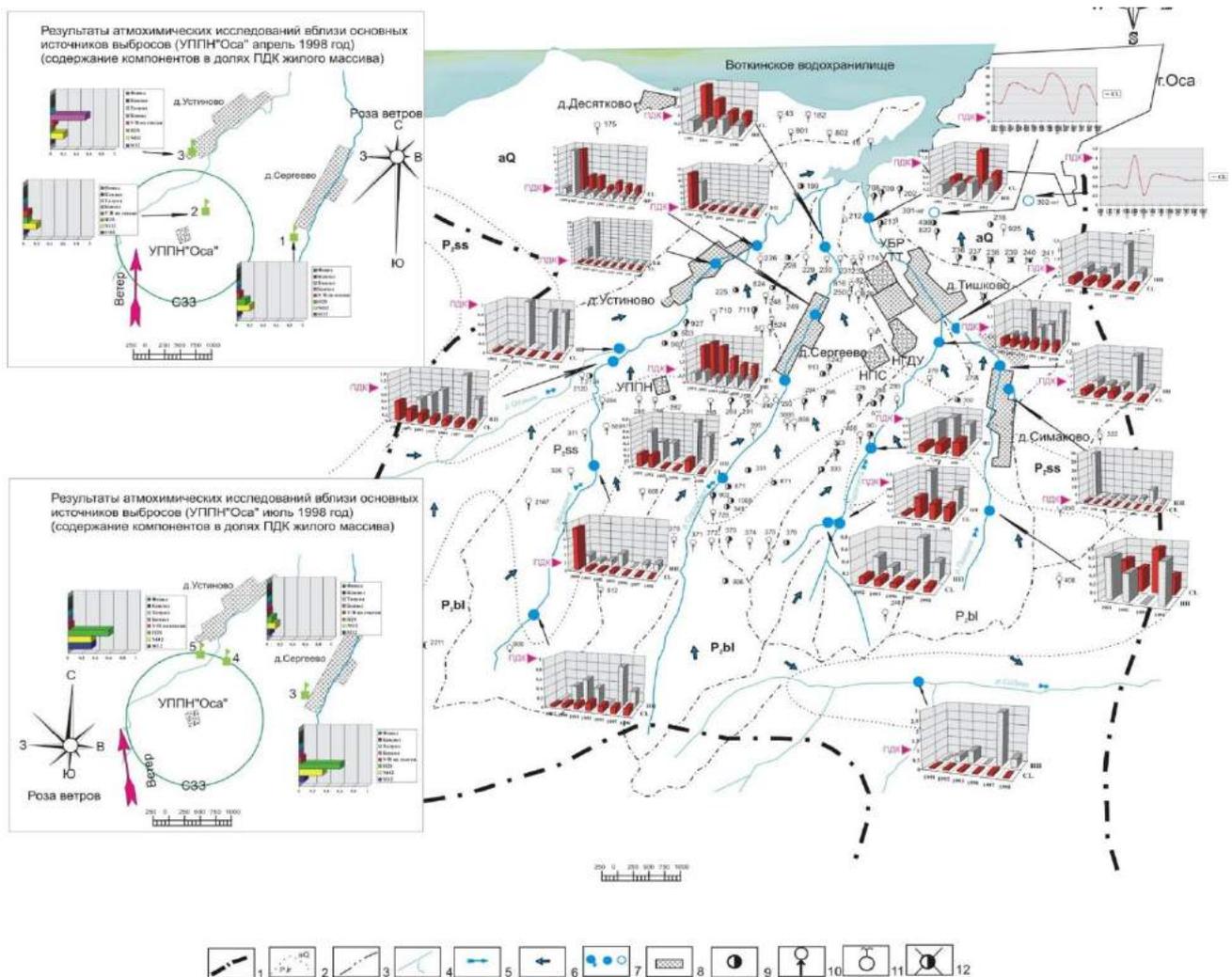
На более мелких нефтепромысловых объектах (ДНС, УСУ, ЗСНУ, КНС, пункт налива нефти) с одним постоянным источником загрязнения, осуществляется в 1-й контрольной точке, расположенной на границе СЗЗ после источника выбросов вредных веществ. Для оценки загрязнения воздушной среды измерения выполняются на границе СЗЗ нефтепромысловых объектов (1000 и 300м) и населенных пунктов на территории месторождений. Периодичность измерений – ежеквартальная. Определяемые компоненты: предельные и ароматические (бензол, толуол и ксилол) углеводороды, H₂S, NO₂, SO₂ и фенол. В случае выявления превышения ПДК_{н.м.}, делаются повторные контрольные обследования для выяснения причин загрязнения, а при стабильном превышении ПДК_{н.м.} организуется комплексное обследование объекта для определения источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Последними могут являться неплотности нефтегазового оборудования: скважин, ГЗУ, насосов, сепарационных емкостей, газосушители, газосепараторы, обвязки технологического оборудования, емкости для сбора АСПО и замазученного грунта, блоки закачки химреагентов; а также факела, подогреватели, дизельные установки, сварочные работы, площади испарений мест временного хранения нефтеотходов, котлы котельной, автотранспорт и др.

Для оценки состояния пресных поверхностных и подземных вод (ППВ) в водопунктах, родниках и мелких скважинах ежеквартально отбираются пробы воды, в которых определяются хлориды и нефтепродукты. Данные мониторинга состояния ППВ в районах нефтедобычи Пермского края за последние 30 лет свидетельствуют о существенном снижении уровня загрязнения водной среды практически до естественных фоновых показателей.

Многолетние систематические наблюдения показали, что существуют три группы разрабатываемых нефтяных месторождений с различным видом трансформации химического состава приповерхностной гидросферы. Для первой, наиболее многочисленной группы месторождений нефти, качество воды практически не изменяющееся в течение всего периода эксплуатации нефтепромыслов, соответствует естественным фоновым колебаниям и обусловлено сменой режима питания водоотводов и подземных горизонтов. Для второй группы месторождений характерно превышение фоновых концентраций основных компонентов-индикаторов по отдельным наблюдательным водопунктам в пределах горного отвода, но недостижение ПДК _{х.п.}, что свидетельствует о начальном этапе нефтепромыслового загрязнения приповерхностной гидросферы. К третьей группе относятся месторождения, на территории которых в приповерхностной гидросфере на отдельных участках продолжительное время в водопунктах наблюдаются стабильные превышения ПДК _{х.п.} по контролируемым компонентам. Эти негативные процессы наблюдаются в основном на территории месторождений, находящиеся на последней стадии разработки, с продолжительностью эксплуатации нефтяных залежей более 25 лет. По результатам ПЭМ, для выяснения генезиса данных отклонений по хлоридам и нефтепродуктам в ППВ на отдельных участках с неблагоприятной экологической обстановкой, проводятся специальные геоэкологические исследования гидросферы, с применением высокочувствительных приборов и использованием методик отдельного определения различных компонентов водорастворенного органического вещества. Для выяснения путей поступления высокоминерализованных вод в горизонты пресных подземных вод - комплекс площадных геофизических исследований.

Системы ПЭМ повышенной сложности имеются на нефтепромыслах в пределах Верхнекамского месторождения калийных солей (ВМКС), где существует подсистема наблюдательных гидрогеологических (нг) скважин на пресноводный и "рассольный" горизонты надсолевой толщи. Многолетний (более 35 лет) гидрогеохимический мониторинг на территории разрабатываемых нефтяных месторождений в пределах ВМКС показал, что при используемой технологии крепления обсадных колонн нефтяных скважин, отсутствуют признаки восходящих вертикальных перетоков из разрабатываемых подсолевых нефтяных залежей через соляную толщу в горизонты пресных подземных вод.

Результаты атмо- и гидрохимического мониторинга на территории нефтяных месторождений отображались ранее в виде комплексных карт (рис. 3).



1-контур месторождения, 2-границы горизонтов ППВ, 3-линии водоразделов, 4-гидросеть, 5-направление поверхностного стока, 6-направление подземного стока, 7-водопункты с диаграммами содержаний хлоридов и нефтепродуктов по годам, 8-населенные пункты. Скважины: 9-с негерметичностью колонн, 10-с заколонными перетоками, 11-с грифонопроявлениями, 12-ликвидированные.

Рис.3. Визуализация результатов ПЭМ в районе нефтедобычи (лето 1998 года)

Сложные системы ПЭМ создаются при применении специальной системы разработки нефтяных залежей в условиях их нахождения в пределах ООПТ и при 2-х ступенчатой системе наблюдательных скважин дополняются еще биомониторингом. Он проводится 1 раз в 3 года (в летний период) вблизи крупных нефтепромысловых объектов и ежегодно – в пределах ООПТ. Визуализация результатов ПЭМ производится в виде схематической карты современного экологического состояния территории месторождения и экспликации к ней [2].

Результаты функционирования различных систем ПЭМ в районах нефтедобычи Пермского края показали следующее.

1. В настоящее время в пределах разрабатываемых нефтяных месторождений на границах СЗЗ крупных нефтепромысловых объектов и населенных пунктов атмосферические показатели воздушной среды не превышают ПДК_{н.м.}, что свидетельствует о разработке нефтяных залежей в

соответствии с лицензионными условиями в области охраны воздушной среды.

2. На территории большинства разрабатываемых нефтяных месторождений содержание основных загрязняющих компонентов в пресных поверхностных водах (за последние пятнадцать лет) не превышает нормируемых показателей для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также для вод рыбохозяйственных водоемов.

3. Биомониторинг в ООПТ (расположенных на территории нефтепромыслов), основанный на методике изучения изменчивости биотических компонентов (наиболее уязвимых видов растений) показал, что нефтедобыча не является лимитирующим фактором для природных процессов, происходящих в местных биогеоценозах: виды проявляют устойчивость к данному виду техногенеза; сохраняют свою роль в фитоценозе; поддерживают стабильный уровень биоразнообразия экосистемы.

4. Для улучшения экологической обстановки в старых нефтедобывающих регионах результаты ПЭМ могут широко использоваться при выполнении инженерных изысканий на месторождениях, при геологическом, технологическом проектировании и обустройстве нефтяных месторождений.

Библиографический список

1. Костарев С.М. *Геоэкологическое обеспечение проектирования нефтепоисково-разведочных работ и освоения нефтяных залежей в Пермской области // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2003. № 3, С.38-44.*

2. 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.*

3. Силин-Бекчурин А.И. *О куполообразном залегании минеральных вод в долинах Камы и Волги//Советская геология. 1941, № 4. С. 9-51.*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ «ТОМСКНЕФТЕХИМ»

В статье рассмотрена цель корпоративной системы экологического менеджмента СИБУРа, которая направлена на снижение и предотвращение риска загрязнения окружающей среды. Определена задача корпоративной системы экологического менеджмента СИБУРа, в области загрязнения водных объектов, а также обеспечения рационального использования водных ресурсов.

Ключевые слова: сточные воды, экологический менеджмент, экологическое воздействие.

U. D. Kucheryavchenko

Tomsk State University, Tomsk, Russia

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE SYSTEM OF ECOLOGICAL MANAGEMENT AT THE TOMSKNEFTECHIM ENTERPRISE

The article considers the purpose of SIBUR's corporate environmental management system, which is aimed at reducing and preventing the risk of environmental pollution. The task of the SIBUR corporate environmental management system is defined in the field of pollution of water bodies, as well as ensuring the rational use of water resources.

Key words: wastewater, environmental management, environmental impact.

Уровень развития и использования продукции нефтехимической промышленности – один из важнейших факторов развития экономики Российской Федерации и Томской области [3].

«Томскнефтехим» – томская площадка СИБУРа и один из крупнейших российских производителей полимеров – полипропилена и полиэтилена высокого давления. В состав предприятия входит производство мономеров – этилена и пропилена, полностью обеспечивающее сырьем производства полимеров – полипропилена и полиэтилена высокого давления.

Степень износа основных промышленно-производственных фондов предприятий нефтехимического комплекса предопределяет большую вероятность появления техногенных аварий и нанесения при этом существенного ущерба окружающей среде. В связи с этим необходимо осуществление модернизации и технического перевооружения действующих производств [3]. В 2016 году ООО «Томскнефтехим» были проведены работы по мониторингу качества сточных вод в 11 точках отбора (рис. 1).

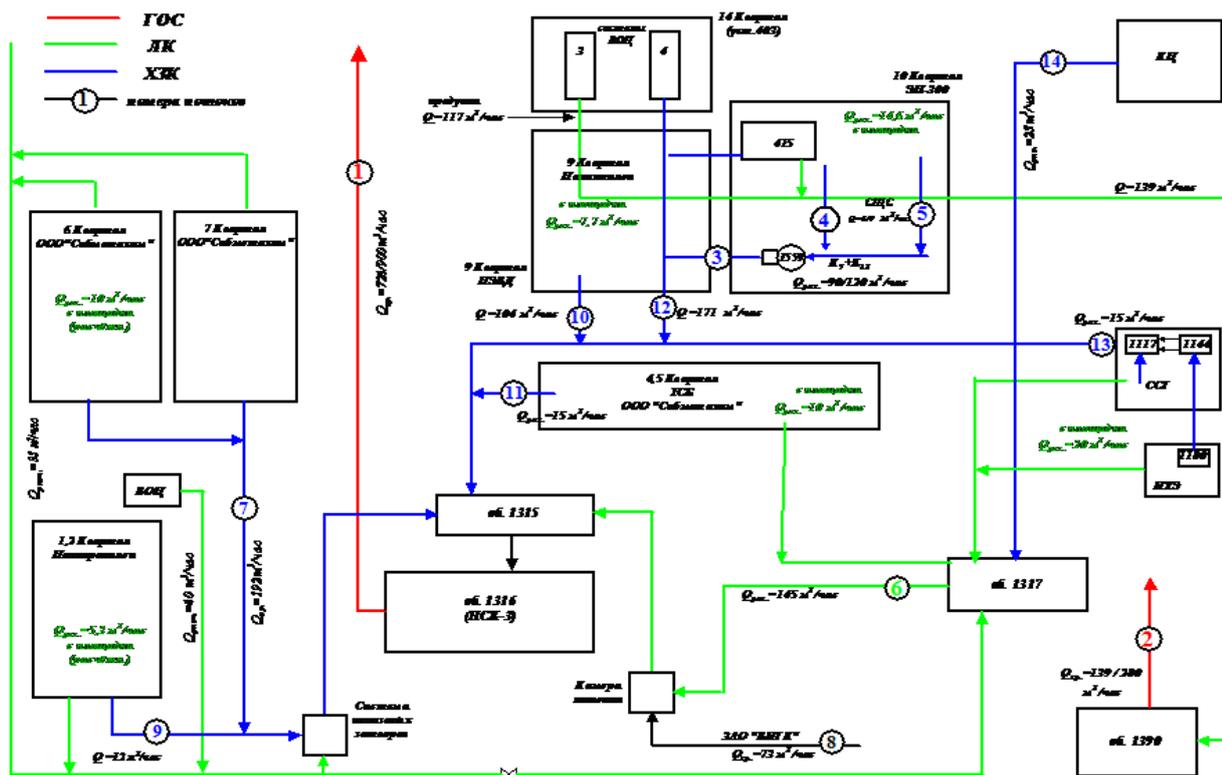


Рис. 1. Точки отбора проб сточных вод на предприятии ООО «Томскнефтехим» [5]

Сточные воды предприятия содержат в своем составе: взвешенные вещества, сульфаты, сульфиды, нефтепродукты, метанол, формальдегид, бензол, толуол, железо общ., фенол и другие загрязняющие вещества.

Превышение ПДК загрязняющих веществ наблюдается чаще всего в пунктах 1, 3, 9 отбора проб. Фактическое превышение ПДК загрязняющих веществ зафиксировано:

1. в пункте 1 отбора проб – взвешенных веществ и сухого остатка,
2. в пункте 9 отбора проб – формальдегида,
3. в двух пунктах 1 и 3 отбора проб – нефтепродуктов,
4. в двух пунктах 1 и 9 отбора проб – рН, сульфидов, метанола,
5. в двух пунктах 3 и 9 отбора проб – бензола и толуола,
6. в трех пунктах 1,3 и 9 отбора проб – фенола,
7. в четырех пунктах 1, 7, 9, 10 отбора проб – сульфатов,
8. в семи пунктах 1, 3, 5, 7, 9, 10, 11 отбора проб – общего железа.

В таблице 1 приведены показатели, по которым обнаружено превышение нормативов загрязняющих веществ.

Превышение нормативов загрязняющих веществ

Наименование показателя, мг/л	Фактическое значение в общих стоках	Утв. нормативно допустимые сбросы (НДС)
сульфаты	311,0	193
метанол	53,0	10
формальдегид	6,7	0,33
бензол	3,5	1,35
толуол	2,9	1,59
железо общий	5,1	1,5
фенол	0,9	0,1
рН	10,27	9
сульфиды	18,3	1,5

При определении причины превышения концентраций сульфидов, метанола, формальдегида, бензола, толуола, фенола и нефтепродуктов в сточных водах было выявлено, что источником, который вносит наибольший вклад являются операции отмывки пирогаза и работа узла пара разбавления: потоки сернисто-щелочной смеси (далее – СЩС) и химически загрязнённая канализация (далее – ХЗК).

Блок-схема формирования потоков сточных вод на ООО «Томскнефтехим» (рис. 2).

Причина превышения концентраций сульфатов в сточных водах – сброс сульфатов от регенерации ионнообменных смол системы водоподготовки котельного цеха Энергопроизводство и Производства мономеров.

Контроль за состоянием окружающей среды в районе предприятия осуществляется Центральной лабораторией аналитического контроля промсанитарии и охране окружающей среды (ЦЛАК ОС и ПС) в соответствии с утвержденной «Программой производственного контроля за влиянием хозяйственной деятельности и мониторинга окружающей среды» [1].

Следует отметить, что в 2008 году на предприятии «Томскнефтехим» была сертифицирована корпоративная система экологического менеджмента (КСЭМ) СИБУРа, соответствующая требованиям международного стандарта ISO 14001:2004.

Цели КСЭМ направлены на снижение и предотвращение риска загрязнения окружающей среды, а также повышения результативности КСЭМ. Одной из первых задач КСЭМ является предотвращение загрязнения водных объектов, а также обеспечение рационального использования водных ресурсов [4].

В виду сложного состава, отсутствия стандартных схем очистки стоков производства мономеров требуется проведение предварительных исследований, по результатам которых будет выбран оптимальный метод

очистки стоков/утилизации шламов.

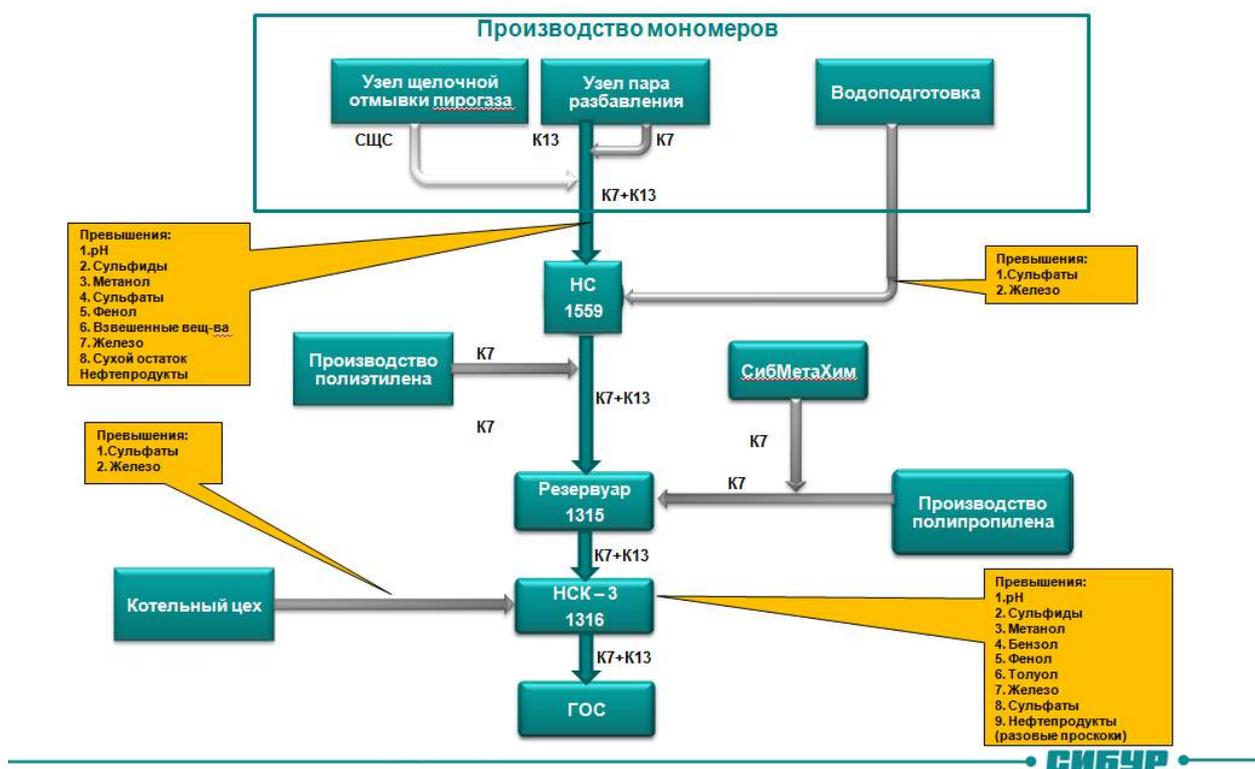


Рис. 2. Блок-схема формирования потоков сточных вод на предприятии ООО «Томскнефтехим» [6]

Разработка технологии очистки предусматривается в двух вариантах: до получения показателей, необходимых для сброса на городские очистные сооружения, и для использования в водооборотном цикле [2].

Для предотвращения антропогенного экологического воздействия, в виде сверхнормативного сброса на очистные сооружения сточных вод, содержащих метанол; нефтепродукты, бензол; толуол; сернисто-щелочные соли натрия, причиной которых служит работа узла щелочной отмывки пирогаза установки разделения пирогаза производства мономеров предусмотрено проектирование узла локальной очистки сточных вод производства мономеров.

Основные организационно-технические мероприятия по улучшению показателей стоков, которые сейчас используют на предприятии это:

1. Увеличена частота отбора проб сточных вод в НСК-3 (рис. 2) на выходе с ООО «Томскнефтехим» (с 3 до 5 раз в неделю), что позволяет более оперативно отслеживать изменение состава сточных вод.

2. На производствах усилен контроль за источниками образования сточных вод:

- организован ежедневный контроль работы узла пара разбавления (рис. 2);
- организован ежедневный контроль работы печей на паре 8 и на паре 12, что позволило снизить объем стоков;
- сведена к возможному минимуму подпитка системы пара

разбавления свежим паром 12 и печей пиролиза, работающих на паре 12, что позволило уменьшить объем стоков;

- увеличена частота чистки теплообменников Т-9;
- снижена дозировка свежей щелочи в К-9 за счёт возвращения части потока обратно.

В ходе анализа проведенной экологической деятельности Аудиторы отметили ответственное отношение сотрудников к выполнению корпоративных экологических стандартов. Ещё раз доказав, что непрерывное совершенствование системы экологического менеджмента необходимо для того, чтобы производство было более эффективным, безопасным для окружающей среды.

Библиографический список

1. Асадуллина Л. И. Производственная и экологическая безопасность деятельности ООО «Томскнефтехим» // Молодой ученый. 2015. №10. С. 85-87. URL <https://moluch.ru/archive/90/18930/> (дата обращения: 06.11.2019).

2. Кучерявченко У.Д., Кожухарь Т.А. Влияние сточных вод ООО «Томскнефтехим» на окружающую среду и мероприятия по ее защите / Избранные доклады 64-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых [Электрон. текстовые дан.]. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит.ун-та, 2018. С. 293–295

3. О Стратегии развития нефтехимического Кластера Томской области на период до 2030 года / Распоряжение администрации Томской области № 1058-раот 30.12.2015.

4. Ремняков В. В. Оценка функционирования системы экологического менеджмента предприятия ПАО "СИБУР холдинг" ООО "Томскнефтехим" по результатам 2014 года / В. В. Ремняков; науч. рук. М. Р. Цибульникова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. : в 2 т. Томск : Изд-во ТПУ, 2016. Т. 2. С. 1075–1077.

5. Томский нефтехимический комбинат: вчера и сегодня: краеведческий дайджест / Муниципальная информационная библиотечная система; сост. И.Б. Шаркова. Томск: [б. и.], 2005. 44 с.

6. Техническая модернизация очистных сооружений ООО «Томскнефтехим» залог сохранения качества окружающей среды // «Актуальные проблемы экологии и природопользования»: сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции: в 2 т. Москва, 25-27 апреля 2019 г. Москва: РУДН, 2019. С. 548.

В.В. Оборин¹, И.С. Копылов²

¹ - ООО «Запуралгидрогеология», г.Пермь, Россия

² - ПГНИУ, каф. ИГиОН, каф. ПиРПИ, г. Пермь, Россия

О ПРОБЛЕМЕ ПОДТОПЛЕНИЯ ШАХТНЫМИ ВОДАМИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ: ФАКТОРЫ, ПРИЧИНЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

На основе инженерных изысканий проведено изучение техногенных и природно-геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических условий на подтопляемых территории Приморского края в Партизанском угольном бассейне. Установлены, что основными причинами подтопления послужил комплекс гидрогеологических и геологических факторов. Даны рекомендации по решению проблемы подтопления.

Ключевые слова: шахтные воды, подтопление, инженерные изыскания, гидрогеологические и геологические факторы. Приморский край.

V.V. Oborin¹, I.S. Kopylov²

¹ LLC «Zapuralgidrogeologiya», Perm

² Perm State University

ABOUT THE PROBLEM OF MINE WATER FLOODING OF SETTLEMENTS OF COAL-MINING TERRITORIES IN THE PRIMORSKY TERRITORY: FACTORS, CAUSES, SOLUTIONS

On the basis of engineering surveys, the study of man-made and natural-geological, engineering-geological, hydrogeological conditions in the flooded territory of the Primorsky territory in the Partizansky coal basin was carried out. It was found that the main causes of flooding were a complex of hydrogeological and geological factors. Recommendations for solving the problem of flooding are given.

Keywords: mine water, flooding, engineering surveys, hydrogeological and geological factors. Primorsky Krai.

Введение

В настоящее время в Приморском крае РФ на угледобывающих территориях, существует серьезная проблема подтопления шахтными водами для некоторых населенных пунктов.

В Партизанском угольном бассейне (площадь 6 тыс. км²) с 1866 г. было открыто около 100 месторождений каменного и бурого угля. Разведанные и балансовые запасы (1985 г.) составили 413 млн т, прогнозные ресурсы (общие геологические запасы до глубины 1800 м, 1975 г.) – 790 млн т. Основные месторождения: Верхнепартизанское, Западно-Партизанское, Молчановское, Сергеевское, Безымянное, Белопадинское, Мельниковское, Тигровское, Старопартизанское, Смоляниновское, Партизанское.

Шахты «Углекаменская» и «Северная», расположенных в Партизанском районе, вблизи н.п. Углекаменск, Казанка, являются ликвидированными угледобывающими предприятиями. Добыча каменного угля в границах поля Шахты «Северная» была начата в конце 30-х гг. XXв. В 1970-1990-х гг. имела 3 основных технологических участка «Шахта №26», «Медведевский» и «Правобережный». В 1996 г. на базе двух последних была образована шахта «Углекаменская», которая вошла в ДОО ш/у «Нагорное» ОАО «Приморскуголь». Объем добычи в 1996г. составил 31,4 тыс.т; в 1997г. – 73,5 тыс.т; в 1998г. составил 25,8 тыс.т. 1 апреля 1998г. работы были остановлены, началась ликвидация шахты и всего ш/у «Нагорное». Водоотлив шахты «Углекаменская» был остановлен 23.06.1998г. В 2008 г. было ликвидировано ООО «Правобережное», все уклоны, вертикальные стволы и технические скважины, имеющие выходы на поверхность были ликвидированы путем засыпки.

В настоящее время наблюдается подтопление и заболачивание расположенной ниже по рельефу территории н.п. Углекаменск и Казанка. С начала закрытия шахт в районе осуществлялись некоторые экологические мероприятия и мониторинговые наблюдения в скважинах.

В 2018-2019 гг. в соответствии с федеральной программой Министерства энергетики РФ «Инженерные мероприятия по защите от подтопления зданий и сооружений, расположенных на горных отводах шахт» ОАО «Приморскуголь» (ДОО «Шахтоуправление «Нагорное») началось комплексное изучение экологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий, проведены изыскания 1 этапа [3], в котором принимали участие авторы статьи (рис. 1). Координатором работ являлось ООО «Экопроект» (г.Пермь). В работе принимали участие специалисты различных организаций г. Перми (ПГНИУ каф.ИГиОН, ООО «Запуралгидрогеология» и др.), г.Владивостока, Находки (ЗАО «ПриморТИСИЗ», ООО «Геолог» и др.), г. Прокопьевска Кемеровской области (ООО «СИГИ») и др.

Методика и результаты исследований

Методика исследований регламентировалась нормативно-техническими документами, принятыми в РФ при проведении инженерно-геологических изысканий для строительства [13-15] и др., с учетом опыта наших инженерно-геологических, экологических, геоморфологических исследований [4-12].

Цель статьи – анализ природно-техногенных факторов, обуславливающих подтопление населенных пунктов, установление причины подтопления и рекомендации по решению проблемы подтопления.

Природно-геологические условия

В административном отношении район исследований расположен на территории Партизанского городского округа Приморского края РФ.

В геоморфологическом отношении район исследований расположен у подножья северо-восточных отрогов Ливадийского хребта (южный отрог хребта Сихота-Алинь) в приподошвенной и долинных частях рек, в междуречье правых притоков р.Партизанской р. Мельники и р.Тигровая. Абсолютные отметки рельефа колеблются от 103 до 260 м (рис. 1, 2).

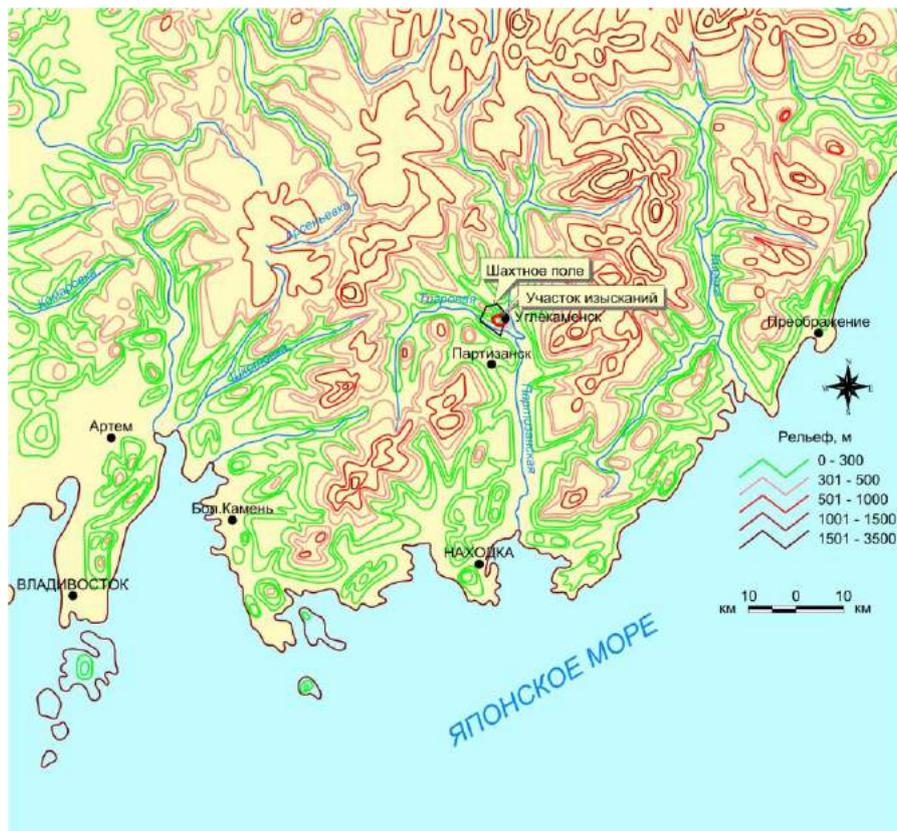


Рис. 1. Обзорная схема района исследований



Заброшенное здание шахтоуправления «Углекаменская» На заднем плане - северный склон гора Медведь



Низкая и высокая пойменные террасы долины р. Тигровая

Рис. 2. Геоморфологические условия района

Рельеф района работ полигенетический-эрозионно-денудационный, представленный мелкосопочником со склонами средней крутизны (до 25%), созданный процессами смыва, оползания, комплексной денудацией и эрозией. Возраст от нижнего мела до голоцена, с одной стороны, и аккумулятивной формой рельефа низкой и высокой поймы голоценового возраста, с другой.

Климат района муссонный, с активной циклонической деятельностью, обильными осадками летом и холодным сильным ветром без осадков зимой. В

зимний период (ноябрь-март) преобладают муссоны северного и северо-западного направлений, приносящие холодный и сухой воздух с материка.

Геологическое строение территории обусловлено принадлежностью его к Партизанскому угольному бассейну, расположенному на юге Приморского края. В геологическом строении участка в верхней части разреза принимают участие породы нижнемеловой осадочной угленосной тощи и четвертичные образования (рис.3). По территории в субмеридиональном направлении проходит один из главных разломов Приморья – Партизанский разлом, разделяющий Сергеевскую и Партизанскую зоны, проходит большей частью по долине р. Партизанка. В местах, доступных наблюдению, представлен зоной (до 0,8 км) интенсивной милонитизации и рассланцевания [2].

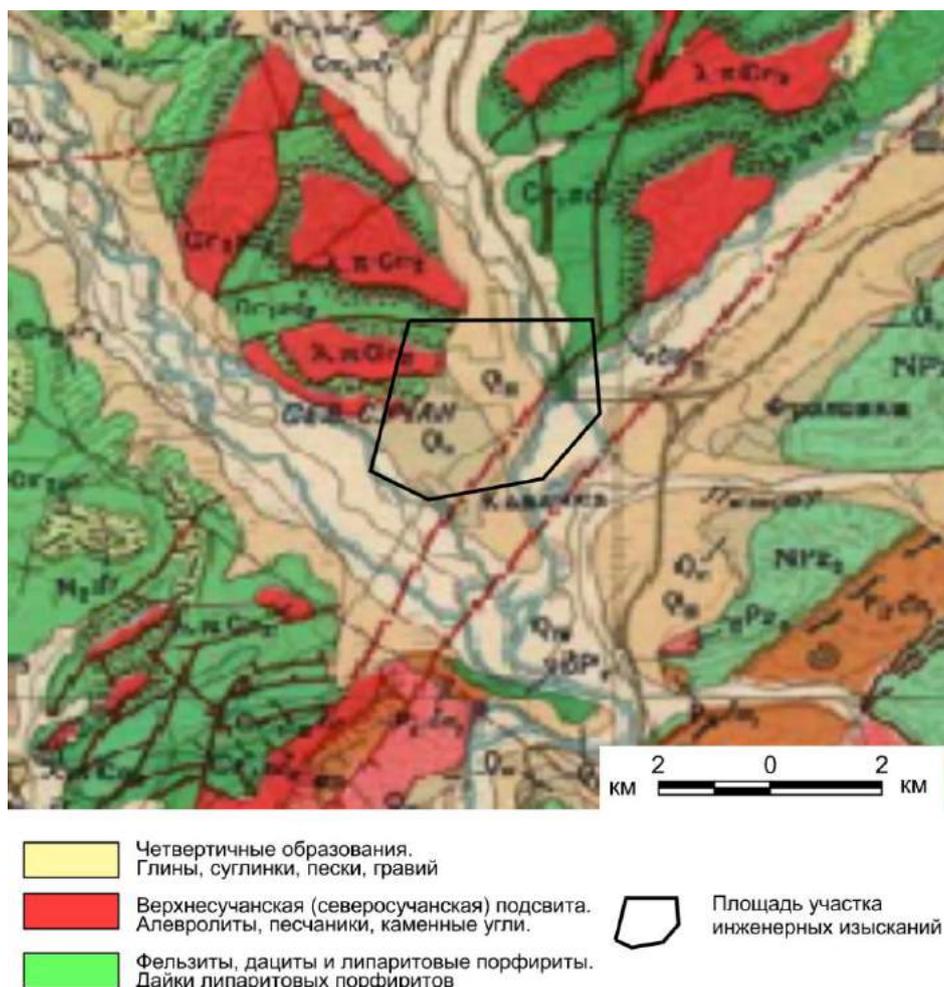


Рис. 3. Фрагмент геологической карты района (уменьшение с масштаба 1:200 000 [1])

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия по результатам изысканий

На участке изысканий в 2018-2019гг. пробурено 22 инженерно-геологических и гидрогеологических скважин (с комплексом наблюдений, опробования, откачками), общим метражом 320 м [3]. По результатам выполненных инженерно-геологических работ, на участке выделено 5

инженерно-геологических элементов: ИГЭ-1 – почвенно-растительный слой, ИГЭ-2 – глина полутвердая и твердая с прослоями суглинка и включением дресвы (e-d Q), ИГЭ-3 – гравийный грунт с заполнителем из суглинка Т и супеси ПЛ (а Q), ИГЭ-4 – суглинок серый твердый с щебнем и дресвой ОГП (е Q), ИГЭ-5 – Алевролит, песчаник низкой прочности и малопрочный (K1sc).

Коррозионная активность грунтов к углеродистой и низколегированной стали в зоне контакта с основанием проектируемого сооружения – высокая, к бетонам нормальной плотности грунты неагрессивны.

По степени морозного пучения грунты слоя ИГЭ-2 в зоне взаимодействия с проектируемыми сооружениями относятся к слабопучинистым ($E_{fn}=1,3\%$), грунты слоя ИГЭ-3 – гравийные грунты с суглинистым и супесчаным заполнителем - относятся к среднепучинистым ($3.5\% < E_{fn} < 7.0\%$) Нормативная глубина промерзания грунтов для г. Партизанска составляет по расчету: для суглинков и глин 145 см, крупнообломочных грунтов – 214 см.

Фоновая сейсмическая интенсивность района работ согласно СП 14.13330.2014, приложение А по карте ОСР-2015 «А» - 6 баллов; категория грунтов слоев ИГЭ-2, ИГЭ-3, ИГЭ-4) соответствует II (второй) группе по сейсмичности.

На территории установлены 3 типа экзогенных геологических процессов: аллювиальные (флювиальные); склоновые (денудационные) процессы (суффозионно-просадочные явления, склоновая эрозия, мерзлотно-динамические явления - бугры, просадки, оплывины, псевдотеррассы, морозное пучение грунтов, заболачивание), а также комплексный техно-природный процесс – подтопление.

По гидрогеологическим условиям Партизанский каменноугольный бассейн относится к Сихотэ-Алиньскому бассейну трещинных вод.

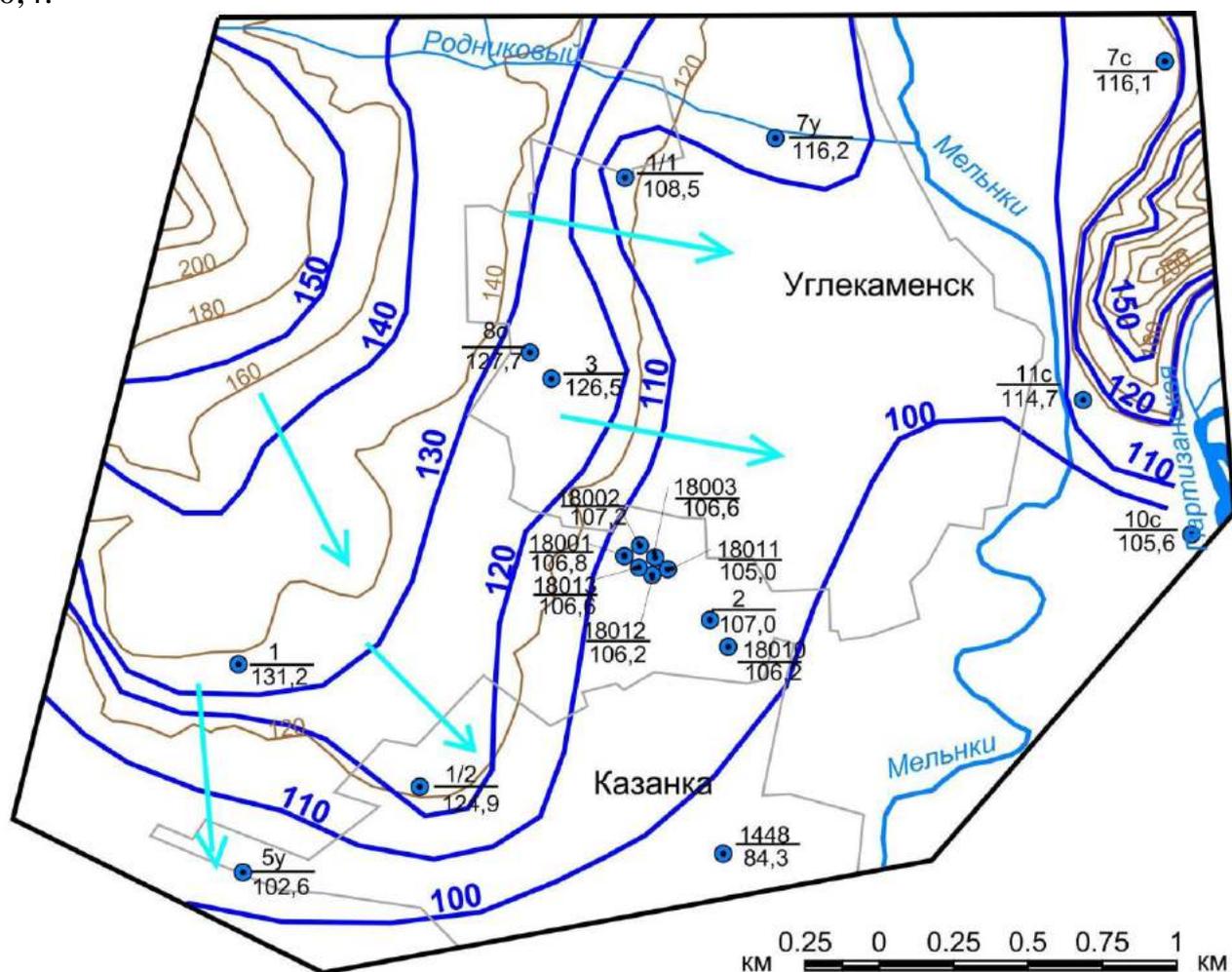
Все выделенные водоносные комплексы из-за трещиноватости горных пород, большого количества тектонических нарушений и отсутствия, выдержанных водоупоров гидравлически связаны между собой и являются источниками обводнения горных выработок шахты. В результате затопления шахт сформировался техногенный водоносный комплекс.

Подземные воды приурочены к аллювиальным гравийным грунтам (слой ИГЭ-3). Вода порового типа, слабонапорная. Коэффициент фильтрации гравийного грунта с твердым суглинистым заполнителем составляет от 2,85 м/сут, гравийного грунта с супесчаным заполнителем - 8,1 м/сут. Коэффициенты фильтрации глинистых грунтов слоев ИГЭ-2 и ИГЭ-4 составляют соответственно 0,005 и 0,007 м/сут. Алевролит с прослоями песчаника глинистого с глинистым заполнителем по трещинам имеет коэффициент фильтрации 0,019 м/сут, в зонах повышенной трещиноватости - 0,47 м/сут.

Подземные воды пресные, хлоридно-гидрокарбонатно магниевые-кальциевые. Вода слабоагрессивна к бетону марок W4 и среднеагрессивна к металлическим конструкциям при среднегодовой температуре воздуха до 00С, рН > 5 и суммарной концентрации сульфатов и хлоридов до 5 г/л. По отношению к свинцовой оболочке кабеля вода обладает средней коррозионной активностью по общей жесткости и обладает высокой коррозионной

активностью по отношению к алюминиевым оболочкам кабелей по содержанию хлор-иона.

Основной поток подземных вод направлен на юго-восток в сторону р.Мельники (рис. 4). По данным карты гидроизогипс уклон потока составляет 0,4.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | | | |
|--|---|--|---|
| | <p>Гидрогеологические и наблюдательные скважины: в числителе - номер, в знаменателе - абс. отм. уровня воды первого от поверхности водоносного горизонта, м</p> | | <p>Площадь участка инженерных изысканий</p> |
| | <p>Гидроизогипсы первого от поверхности водоносного горизонта, м</p> | | <p>Населенные пункты</p> |
| | <p>Предполагаемое направление движения подземных вод</p> | | <p>Гидросеть</p> |
| | | | <p>Горizontали рельефа (схематичные)</p> |

Рис. 4. Карта гидроизогипс

По результатам гидрогеологических наблюдений в скважинах, загрязнения, характерного для техногенных шахтных вод не зафиксировано (однако по данным обследования водозаборных скважин в п. Углекаменск были установлены гидрогеохимические аномалии с повышенным содержанием сульфатов). Аллювиальный водоносный горизонт в пределах участка изысканий слабо защищен от загрязнения поверхностными и бытовыми стоками водоупорными глинами элювиально-делювиального комплекса (ИГЭ-2) мощностью 5,5-6,0 м. В юго-восточной части, мощность водоупорного слоя уменьшается до 1,6 м и далее к реке Мельники он практически выходит на поверхность. В связи с вышеуказанным требуется предусмотреть водоохранные мероприятия для защиты горизонта. Кроме того, высокая отметка уровня грунтовых вод в пониженных участках рельефа при сезонных колебаниях уровня воды до 1 м, требует защитных мероприятий от подтопления в периоды экстремального выпадения атмосферных осадков.

По совокупности геоморфологических, геологических, гидрогеологических факторов, наличия геологических процессов, отрицательно влияющих на условия строительства и эксплуатацию зданий и сооружений, категорию сложности инженерно-геологических условий участка работ следует считать III (сложной) - СП 11 -105-97.

Установление причин подтопления жилой застройки

Из анализа топографических планов следует, что подтапливаемая территория расположена на высотных отметках +108м и выше. Часть с. Углекаменск находится на поверхности горного отвода ранее ликвидированной шахты «Северная», имевшей связь с горными выработками шахты «Углекаменская» (участок «Медведевский»), однако отработка пластов под поселком не производилась.

В период ведения очистных работ в подрабатываемом массиве формируется техногенный комплекс нарушенных пород в виде зон беспорядочного обрушения и повышенной трещиноватости. Образованные водопроводящие трещины связывают естественные водоносные горизонты с выработанным пространством, вследствие чего подземные водопритоки поступают в горные выработки и далее откачиваются шахтовыми водоотливами. В пределах зоны водопроводящих трещин подработанный массив характеризуется практически полной осушенностью.

В процессе длительной работы шахтовых водоотливов в прилегающем к горным работам массиве развивается депрессионная воронка, в пределах которой наблюдаются существенные снижения уровней подземных вод. Зона депрессионного влияния распространяется на значительные расстояния от границ ведения горных работ (1 км и более).

В период ведения горных работ шахта «Северная», а впоследствии шахта «Углекаменская», играли роль «большой дрены» для подземных и грунтовых вод, так как вся подработанная толща пород представляла собой единую зону водопроводящих трещин с хорошей проницаемостью. Грунтовые воды, приуроченные к аллювиальным отложениям долин рек Б. Тигровая и Мельники

были сдренированы, что дополнительно подтверждается изысканиями по скважинам, пробуренным выше поселка по рельефу - уровень грунтовых вод встречен на глубинах от поверхности 6,70-7,70м.

Остановка водоотливных комплексов при ликвидации (консервации) шахт инициирует обратный процесс обводнения горных массивов с «залечиванием» депрессионной воронки, при котором уровень подземных вод повышается, стремясь восстановиться до отметок ненарушенного состояния. Таким образом, жилая и промышленная застройка, организованная на осушенных площадях с изначально высоким уровнем стояния грунтовых вод (депрессии рельефа, пойменные части рек, болота и др.), оказывается в зоне подтопления.

Кроме того, рост уровней подземных вод в выработанном пространстве ликвидированных шахт ухудшает условия дренирования водоносного горизонта четвертичных отложений, что приводит к «подпору» грунтовых вод и, как следствие, к их подъему и водонасыщению значительных площадей в плане.

Так как все вскрывающие выработки и шурфы ликвидированы засыпкой, текущая отметка затопления шахты «Углекаменская» +112,0м (абс.) установлена по отметке истечения шахтных вод через систему технологических скважин №18-1250. Однако можно утверждать, что уровень затопления подземных горных выработок шахты несколько выше, поскольку для истечения необходим напор над точкой самоизлива. Данный факт обусловлен наличием изоляционных перемычек, обрушением пород кровли и созданием завальных участков, а также пережимом горных выработок и, как следствие, образованием гидравлического сопротивления движению шахтовых вод. Из-за непредсказуемости вышеуказанных явлений и весьма широкого диапазона фильтрационных параметров зон водопроводящих трещин методов расчета избыточного напора для обеспечения самоизлива не существует.

При затоплении шахты «Углекаменская» до отметок +112,0÷+117,0м уровень подземных вод достиг контакта коренных пород и четвертичных отложений, что вызвало «подпор» грунтовых и поверхностных вод подземными с исключением их разгрузки в коренные породы и перенаправлением потока в сторону жилой застройки, расположенной ниже по рельефу.

Дополнительными причинами, осложняющими гидрогеологическую обстановку, являются неблагоприятные природные и техногенные факторы: низкие фильтрационные свойства глинистых грунтов, а также ориентация дорог, домов и прочих построек без учета естественного стока поверхностных и грунтовых вод.

С учетом вышеизложенного, можно сказать, что причиной подтопления территории с. Углекаменск и с. Казанка послужил комплекс гидрогеологических и геологических факторов:

- «залечивание» депрессионной воронки при затоплении шахты «Углекаменская» с «подпором» грунтовых вод подземными и перенаправлением разгрузки поверхностных и грунтовых вод в сторону поселка;

- превышение отметки затопления шахты «Углекаменская» +112,0м÷+117,0м над отметками жилой застройки +108,0м с рассредоточенной фильтрацией шахтных вод на поверхность;

- низкие фильтрационные свойства глинистых покровных отложений;

- высокая трещиноватость пород которая ориентирована в основном в западно-восточном направлении.

- ориентация дорог, домов и прочих построек без учета естественного стока поверхностных и грунтовых вод.

С целью определения степени подтопления выполнено визуальное обследование домов и подтапливаемой территории в селах Углекаменск и Казанка, изучен химический состав воды в колодцах и водозаборных скважинах. В отдельных случаях установлены повышенные концентрации гидрокарбонатов, сульфатов и натрия, что свидетельствует о возможности влияния техногенного горизонта [3].

Основные выводы и рекомендации

1. На протяжении длительного периода времени, с момента ликвидации шахты «Углекаменская» 1998 г. и шахты «Северная» с 1974г., на прилегающей к ним территориям с. Углекаменск и с. Казанка, наблюдается подтопление и заболачивание. Выполненные исследования подтверждают влияние затопления шахты «Углекаменская» на состояние грунтовых вод и подтопление территории с. Углекаменск. На территории с. Казанка подтопление имеет преимущественно природно-геологический (климатический и геодинамический факторы) характер.

2. В результате инженерно-геологических и инженерно-аэрокосмогеологических изысканий установлено сложное геологическое строение зоны активного водообмена, обусловленное фациальной невыдержанностью горизонтов, высокой степенью раздробленности и трещиноватости пород. Наличие линз более плотных глинистых пород усиливает длительность локального подтопления. Наличие зон повышенной тектонической трещиноватости обеспечивает повышенную водопроницаемость и как следствие избыточную водонасыщенность грунтов в зонах подтопления.

3. По материалам полевых работ – бурения гидрогеологических скважин с комплексом опробования, рекогносцировочным исследованиям и маршрутным наблюдениям, опроса местного населения и, по результатам анализа материала предшественников были сформулированы предложения, рекомендации для проектирования на объекте, которые подробно изложены в отчете [3]. Предложенные меры включают в себя проектирование и строительство трассы нагорной дренажной канавы (для перехвата и отвода самотеком поверхностного и подповерхностного стока) и комплекса очистных сооружений в с. Углекаменск. Собранный склоновый сток должен быть подвергнут очистке на проектируемых очистных сооружениях, с последующим выпуском через существующую систему водоотводных канав в р. Мельники. Дополнительно предусмотрено строительство отдельных, локальных дренажных канав. На территории с. Казанка, где подтопление имеет

преимущественно природно-геологический (климатический и геодинамический факторы) характер, в районе динамических пойменных и низких надпойменных террас необходимо проведение масштабных мелиоративных работ, большинство которых будет осуществляться за пределами границ горных отводов шахт.

Библиографический список

1. Геологическая карта СССР. К-53-VIII. Масштаб:1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская / И.И.Берсенев и др. Приморское геологическое управление, 1963.
2. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист К (52), 53 / В.М.Анохин, В.И.Рыбалко А.А.Аленичева и др. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, Владивосток, 2011. 332 с.
3. Инженерные мероприятия по защите от подтопления зданий и сооружений, расположенных на горных отводах шахт ОАО «Приморскуголь» (ДАО «Шахтоуправление «Нагорное») / Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации. 18/0402.3050790019.244/11/98-ИГИ. Том 2 / И.С. Копылов, В.В. Оборин, Т.В. Овчинникова и др. ООО «ЭКОПРОЕКТ», Пермь, 2019. 179 с.
4. 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.
5. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
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. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
9. Копылов И.С., Ликуттов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 9-3. С. 602-606.
10. 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.
11. Оборин В.В., Копылов И.С. Инженерная геоморфология и геодинамика территории Амурского газохимического комплекса // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2019. № 2 (39). С. 410-416.
12. 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*. № 18. 2018. С.257-260.
13. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
14. СП 104.13330.2016 СНиП 206-15-85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления».
15. СП 115.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 22.01-95 «Геофизика опасных природных воздействий».

Р.В. Романюк

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ КЕКУРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Гидрогеологические работы на Верхнекамском месторождении калийных солей в бассейне р. Кекурки были проведены с целью поисков и оценки запасов подземного источника для Усольского ГОК. Пробурены поисковые скважины, произведены опытно-фильтрационные работы, подсчитаны эксплуатационные запасы по категории С₁.

Ключевые слова: Гидрогеологические работы, поиск подземных вод, опытно-фильтрационные работы, подсчет и оценка запасов подземных вод.

R. V. Romanyuk

Perm State University, Perm, Russia

HYDROGEOLOGICAL SURVEY OF THE KOCURKOYE GROUNDWATER FIELD

Hydrogeological work on the Verkhnekamskoye potash salt Deposit in The kekurki river basin was carried out in order to search for and assess the reserves of an underground source for the Usolsky Mining and Processing Plant. Exploratory wells were drilled, pilot filtration works were performed, and operational reserves were calculated for category C₁.

Keywords: Hydrogeological works, underground water search, experimental filtration works, calculation and assessment of underground water reserves.

Введение

В связи с расширением горно-обогатительной промышленности на Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС) были проведены гидрогеологические работы в бассейне р. Кекурки с целью поиска и оценки запасов подземного водоисточника для водоснабжения Усольского горно-обогатительного комбината.

В административном отношении проектируемый участок расположен в Усольском районе Пермского края вблизи д. Мал. Романово, в 25 км южнее г. Березники и находится на землях Березниковского лесхоза Романовского лесничества и Усольского сельского лесничества.

Район работ представляет собой всхолмленную равнину, сформированную под воздействием денудационных, эрозионных и аккумулятивных процессов.

Санитарно-экологические условия района работ благоприятные, поскольку он расположен на залесенном участке долины р. Кекурки, в значительном удалении от населенных пунктов и промышленных объектов.

Ближайшая деревня, Малое Романово, находится в 1,5 км западнее водозабора, за водоразделом.

Поверхностные воды исследуемой территории представлены реками Яйва, Сюзьва, Чижанка, Кекурка. Реки относятся к восточно-европейскому типу с характерным высоким весенним половодьем, повышенным стоком осенью и пониженной летней и зимней меженью.

Геолого-гидрогеологические особенности

В тектоническом плане исследуемая территория расположена в юго-западной части Соликамской депрессии Предуральяского краевого прогиба, которая сформировалась в раннепермскую эпоху и наиболее четко выражена по кровле артинского яруса, отложениям филипповского и нижней части иренского горизонтов [4, 7].

На площади ВКМКС различными геолого-геофизическими и аэрокосмическими методами выявлено большое количество разрывных нарушений [2-4, 9, 10, 12]. Более 50% нарушений характеризуются высокой водообильностью пород. Водообильные зоны часто приурочены к тектоническим разрывным нарушениям (разломам), представляющим собой линейные зоны трещиноватых и дробленых пород. Ширина зон трещиноватости зависит от тектонической активности территории и длины разлома [10]. При этом наиболее крупные водообильные зоны формируются в узле пересечения нескольких разломов [7]. На водораздельных пространствах разрывные нарушения не проявляются по обводненности, водообильность их фоновая или близкая к ней.

Исследуемая территория занимает часть восточной окраины Волго-Камского артезианского бассейна, в котором установлена хорошо выраженная вертикальная гидродинамическая и гидрохимическая зональность. Мощная толща солей иренского горизонта, являющаяся абсолютным водоупором, разделяет подземные воды Соликамской депрессии на два гидрогеологических этажа: нижний (подсолевой) и верхний (надсолевой). Практический интерес представляют подземные воды верхнего (надсолевого) этажа, частью приуроченные к зоне активного водообмена и частично находящиеся в условиях затрудненной циркуляции (нижние горизонты соляно-мергельной толщи).

На территории наибольшим распространением пользуются грунтовые воды, приуроченные к четвертичному водоносному комплексу и подземные воды трещинного типа шешминского и соликамского водоносных комплексов [5, 6, 11]. Химический состав вод в 70-80-х гг. XX в. [1, 11] был преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый, с минерализацией вод 0,3-0,4 г/дм³.

Результаты исследований

Вследствие того, что участок работ в долине р. Кекурка гидрогеологически не изучен, полевые работы начались с бурения 3 поисковых скважин. Местоположение поисковых скважин выбрано по результатам рекогносцировочного обследования участка работ. Скважины бурились в

местах разгрузки подземных вод (родники, мочажины) или в наиболее ослабленных зонах (устье лога).

Для изучения литологического строения участка, бурение скважин на первом этапе производилось с отбором керна колонковым способом. Определялись уровни подземных вод. По изменению уровней при бурении устанавливалось количество водоносных зон и взаимодействие между ними. При бурении отмечались глубины появления воды и глубины установившихся уровней. Таким образом, буровыми работами был изучен литологический состав пород, изменение его в разрезе и по площади, выявлены водообильные зоны в плане и в разрезе.

Далее проводились пробные откачки с целью получения сравнительных параметров водоносного горизонта по площади, и в условиях наличия родниковой разгрузки и отсутствия ее в пойме р. Кекурки и выбора наиболее водообильной скважины для производства опытной откачки. Выполнено три пробных откачки, по одной из каждой поисковой скважины. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты пробных откачек

Номер скважины	Продолжительность откачки, ч	Продолжительность восстановления, ч	Дебит, л/с	Уд. дебит, л/с	Динамический уровень, м	Статический уровень, м	Понижение, м	Мощность водоносного горизонта, м
1	16,5	1	5,6	3,12	6,91	5,1	1,81	22,8
2	24	6	19,94	7,7	6,49	3,9	2,59	25,3
3	25	22	9,09	3,77	9,51	7,1	2,41	21,4

Результаты пробных откачек позволяют оценить водообильность участка работ и качество подземных вод. Качество подземных вод соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01. Наиболее водообильная скважина №2, в которой, проведена опытная откачка в две ступени, с целью получения достоверных основных параметров водообильности (дебит, понижение, удельный дебит) скважины, изучения химического и микробиологического качества воды. Результаты опытной откачки представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты опытной откачки по скважине №2

Этап	Продолжительность откачки, ч	Продолжительность восстановления, ч	Дебит, л/с	Удельный дебит, л/с	Понижение, м
1	166 (3 суток)	-	7,53	8,76	0,86
2	337 (14 суток)	96 (4 суток)	10,8	7,63	1,41

Насос установлен на глубине – 16,6м, при глубине скважины 30,4м. Общая продолжительность откачки – 503 часа (21сутки).

Первая ступень откачки проведена с дебитом 7,53л/сек, при понижении 0,86м от статического уровня – 2,71м. Удельный дебит откачки – 8,76л/сек. Продолжительность откачки – 166 часов (7 суток). Откачка проведена при стабилизации динамического уровня в течение 42 часов.

Откачка на второе понижение проведена без перерыва. Дебит второй ступени понижения – 10,8 л/сек. Понижение – 1,41м. Удельный дебит – 7,63л/сек. Продолжительность второй ступени откачки 337 часов (14 суток). Откачка проведена при стабилизации динамического уровня в течение 198 часов (8,25сут.). Полное восстановление уровня после откачки достигнуто за 96 часов (4 суток).

В процессе откачки велись наблюдения за уровнем (понижением) и дебитом. Замеры уровней производились электроуровнемером ЭУ-100.

На разведанном месторождении подземных вод, по результатам опробования подземные воды по химическому составу соответствуют СанПиН 2.1.4.1074-01. Гидрохимические условия месторождения стабильны, содержание всех нормированных компонентов, бактериологическое и радиологическое состояние подземных вод ниже гигиенического норматива.

Возможные источники загрязнения подземных и поверхностных вод на площади водосбора месторождения, по результатам рекогносцировочных работ не обнаружены. Защищенность подземных вод от загрязнения с поверхности слабая.

Благоприятные гидрогеологические условия площади бассейна р. Кекурки и удачное заложение поисковых скважин, и данные опытной откачки из наиболее водообильной скважины №2, позволили оценить ЭЗПВ Кекурского месторождения гидравлическим методом. В этом случае основными гидрогеологическими параметрами являются фактические данные опытной откачки из скважины №2:

- дебит (Q) – 10,8л/с (933м³/сут);
- понижение (S) – 1,41м.

При таком водоотборе, величину допустимого понижения ($S_{\text{доп}}$) целесообразно ограничить величиной половины мощности водоносного горизонта с учетом напора – $S_{\text{доп}} = 13,2\text{м}$. Понижение на эту величину не создает условий для подтягивания некондиционных вод низов шешминского комплекса.

Основной источник формирования ЭЗПВ месторождения – естественные ресурсы (Q_{е.р.}). Оценка их как в целом по бассейну р. Кекурки, так и в принятых границах месторождения, произведены гидрологическим методом.

В пределах границ месторождения величина естественных ресурсов 90% обеспеченности составляет 21л/с (1814м³/сут).

В пределах этой величины дебит опытной откачки из скважины №2, проведенной в стационарном режиме при стабильном кондиционном качестве воды, в количестве 10,8 л/с (933 м³/сут) отнесен к категории С₁, что достаточно

для удовлетворения заявленной потребности для хозяйственного водоснабжения проектируемого горно-обогатительного комбината.

Исходя из данной степени изученности выявленного и оцененного Кекурского месторождения пресных подземных вод, делаются следующие выводы:

- месторождение подготовлено к вводу в опытно-промышленную эксплуатацию, что является основанием для проектирования водозабора;
- месторождение имеет значительные перспективы по приросту эксплуатационных запасов в пределах величины естественных ресурсов, что может быть осуществлено при постановке эксплуатационной разведки.

В заключении следует отметить, что при соблюдении запланированных мероприятий эксплуатация подземных вод оцененного Кекурского месторождения не окажет существенного влияния на окружающую среду, трансформации речного стока на участке водозабора не ожидается, возможно, произойдет незначительное осушение заболоченности дна долин и, частичная инверсия родникового стока.

Библиографический список

1. Иконников Е.А., Ревин А.В., Копылов И.С. и др. Отчет по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1: 200 000 листов О-40-VII, VIII, IX за период 1976-1981 гг. Пермь: Сылвенская ГПП. 1981.
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. С. 146.
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. 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.
5. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
6. 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.
7. 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.
8. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
9. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // Геоинформатика. 2013. № 2. С. 20-23.
10. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер-Флаас и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей. Пермь: ГИУрОРАН. 2004.
11. Крутова А.Е. Отчет по теме: «Основные закономерности гидрогеологических условий надсолевого комплекса пород Верхнекамского месторождения калийных солей». Пермь: Сылвенская ГПП. 1979.
12. Ширман С.И. Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск: Наука. 1977.

М.В. Рогозин¹, В.В. Михалев², А.Я. Рыбальченко²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермский государственный аграрно-технологический университет», г. Пермь, Россия

² Компания ООО «АНДИ», г. Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И СПИРАЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫХ РАЗЛОМОВ НА БЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МАЛЫЕ ГЕОАКТИВНЫЕ ЗОНЫ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ВИШЕРСКИЙ»

На основе геоструктурометрического анализа космоснимков выявлены две перекрывающие друг друга вулcano-тектонические спирально-кольцевые структуры, с внешними радиусами до 1.7 км, которые осложнены аналогичными мелкими спиральными формами с радиусами 40–120 м, что выявляет свойства фрактальности объектов. Структуры являются дочерними к Лыпинской флюидизатно-эксплозивной структуре (ФЭС), представляющей из себя спирально-кольцевой мега-штокверк интрузивных пирокластитов размером 210×105 км, контуры которого выходят за пределы Пермского края. В полевых условиях в междуречье рр. Вишера и Лопья на площади до 1 км² были проведены биолокационные исследования отдельных участков с трассированием элементов сетей (треков), состоящих из малых геоактивных зон (МГА-зон) двух типов, имеющих размер 1.0 и 8.0 м, на которых чаще всего локализованы крупные деревья и кольцевые структуры из растений. Сравнительный анализ треков МГА-зон с сетью линейных и спирально-кольцевых разломов в 75–85 % случаев выявил устойчивое совпадение их простираний, особенно со спирально-кольцевыми системами разломов, имеющих мантийное заложение и транслирующих суммарный глубинный энергопоток, выявление физической природы которого требует специализированного изучения.

Ключевые слова: геодинамические активные зоны, фитоценоз, флюидизатно-эксплозивные структуры, вулcano-тектонические спирально-кольцевые структуры, разломы мантийного заложения.

M.V. Rogozin¹, V.V. Mikhalev², A.Ya Rybalchenko²

¹ Perm State National Research University, Perm, Russia

² ANDI LLC, Perm, Russia

SMALL GEOACTIVE ZONES FAVORABLE FOR TREES AND THE INFLUENCE OF LINEAR AND SPIRAL-RING FAULTS ON THEM IN THE «VISHERSKY» NATURE RESERVE

On the basis of geostaturometric analysis of space images, two overlapping volcanic-tectonic spiral-ring structures with external radii up to 1.7 km are identified, which are complicated by similar small spiral forms with radii of 40-120 m, which reveals the properties of fractality of objects. The structures are subsidiaries of the Lypya fluidized explosive structure (FES), which is a spiral-ring mega-stockwork of Intrusive pyroclastites measuring 210×105 km, the contours of which extend beyond the Perm region. Between the rivers Vishera and Lopya on an area of up to 1 km², biolocation studies were carried out on individual sites with trace elements of networks (tracks) consisting of small geo-active zones (MGA-zones) of two types, having a size of 1.0 and 8.0 m, where large trees and ring structures of plants are most often localized. Comparative analysis of MGA-zone tracks with a network of linear and spiral-ring faults in 75–85% of cases revealed a stable coincidence of their prostrations, especially with spiral-ring fault systems that have a mantle Foundation and transmit a total deep energy flow, the identification of the physical nature of which requires specialized study.

Keywords: geodynamic active zones, phytocenosis, fluidized explosive structures, volcanic-tectonic spiral-ring structures, mantle faults.

Изучение ненарушенных человеком лесных экосистем космогеологическими методами с применением биолокационного анализа позволило установить целый ряд новых явлений, приоткрывающих сложные взаимосвязи между неотектоникой и размещением многолетних растений и деревьев [8-11]. Влияние ландшафта на растительный компонент биоты опосредовано множеством факторов. Одним из таких факторов является излучение Земли, называемое иногда «геогенным» [3]. Патогенную часть этого излучения регистрируют уже объективными методами, в частности, засвечиванием фотоматериалов гамма-излучением сети Хартмана [1]. Менее известно благоприятное излучение, регистрируемое по его влиянию на растения на малых геоактивных зонах (МГА-зонах). Таких зон с помощью биолокационного метода выделено шесть типов, с размерами от 1 до 55 м. Хорошими индикаторами таких зон служат деревья, формирующие на них наиболее мощные стволы [12].

Изучение МГА-зон актуально в связи с тем, что лесоводственные методы показывают малую обусловленность размеров конкретного дерева влиянием известных факторов. Например, в микроценозах влияние их густоты и конкуренции соседей на размер дерева не превышало 10%. Совместно с влиянием генотипа, который влияет на рост дерева с силой около

(более 60%), влияющих на рост дерева, и это меняет парадигму и вынуждает искать новые факторы, влияющие на рост деревьев в древостоях [12, 13].

Сейчас исследователи всё более склоняются к тому, что размеры деревьев зависят в большей степени не от внутривидовой конкуренции, а от неоднородности биотопа [5, 15] и наличия в нём благоприятных и неблагоприятных зон [4, 12]. Ранее такие места предлагали называть «биологически активные зоны» [6].

По-видимому, нужно преодолеть предубеждения и начать поиск в других направлениях, в том числе по трудно измеряемым факторам, таким как литология, а также влияние МГА-зон. По нашим данным, в структуре древостоя благодаря влиянию таких зон почти не остается места случайному размещению деревьев. Используя биолокационный метод, человек начинает понимать, что обладает мощным *индивидуальным инструментом* получения совершенно новой информации о глубинных излучениях Земли. Для тестирования «биоприбора» под названием «Человек» в лесу можно использовать контрастные фенотипы деревьев. Настройку на благоприятные зоны проводят вблизи самых крупных деревьев, а для настройки на патогенные зоны выбирают деревья с депрессией в росте [12].

В 2018 г. в заповеднике «Вишерский» мы заложили 5 треков из МГА-зон диапазона 8.0 м на расстояние 95–124 м. Было установлено их сопряжение с простиранием линеаментов дизъюнктивной тектоники. Направление трека совпадало с их направлением, либо трек занимал промежуточное положение между двумя соседними линеаментами, либо примыкал к ним под углом 80–90°. Такое сопряжение обнаружилось в 80% случаев [11].

Цель работы – выяснить влияние на конфигурацию трещин и сетей из малых геологических зон выявленных систем прямолинейных, кольцевых и спиральных разломов и структур осадочного чехла и фундамента.

Методика работ

Методика отличалась от ранее использованной нами [13] и трещины из МГА-зон закладывали более длинными вблизи установленных протяженных разломов и линейных структур. Кроме расчетов геодинамической активности [7] на площади работ были проведены исследования с использованием принципиально нового компьютерного анализа информации, присутствующей в аэрокосмических изображениях в скрытой форме [Muneniatal, 1955; 17]. Комплекс этих методов получил название структурометрического анализа, при котором проводят математическую обработку космоснимков с определением статистических параметров для каждого из миллионов пикселей в разных спектральных каналах в видимом и инфракрасном диапазонах с привлечением целого ряда других данных. Основой анализа явилось научное открытие российского учёного Ю.И. Фивенского «Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры» [16].

Для проведения такого анализа по данным радарных съемок спутника Aster с помощью модуля SpatialAnalyst была построена цифровая модель рельефа и рассчитан показатель суммарной эрозионной расчлененности, который является объективным показателем интенсивности неотектоники в неоген-четвертичное время. При совпадении аномалий расчлененности с узлами сопряжения разнопорядковых и разноплановых разломов и линейных структур они являются индикатором мест аномальной флюидопроницаемости горного массива. В качестве геоиндикаторов использовались дуговые и кольцевые вариации фототона, аномалии спектральной яркости, колориметрические особенности фотоаномалий и цифровые значения колориметрических индексов, отражающих дизъюнктивные дислокации и системы гармоничных валлообразных воздыманий и опусканий фундамента «клавишного типа», ограниченных системами глубинных флюидоконтролирующих разломов центриклинального падения. При построении карты суммарной эрозионной расчлененности рельефа использовался программный модуль Izoliner. Методом скользящего окна рассчитывалась суммарная длина топогоризонталей в километрах, отнесенная к единице площади в км².

Подобный анализ проводился при изучении неотектоники побережий камских водохранилищ [2] и поиске коренных месторождений алмазов туффизитового типа [14].

Описание объектов и анализ результатов

На основе геоструктурометрического анализа космоснимков была выявлена кольцевая Лыпинская флюидизатно-эксплозивная структура (ФЭС), представляющая собой мега-штокверк интрузивных пирокластитов размером 210×105 км, осложненный серией дочерних разнопорядковых спирально-

кольцевых структур, с радиусами от сотен метров до нескольких километров. Форма ФЭС эллипсовидная и осложнена расширяющимися спиральными разломами, ориентировка оси структуры субмеридианальная. Ниже показаны почти прямые дуговые разломы Лыпинской ФЭС (1 порядка), имеющие север-северо-западное простирание. Основную площадь рисунка занимает её дочерняя структура «Озерная» второго порядка с радиусом до 1.7 км и подобная ей структура «Усть-Лопьинская», а также более мелкие, осложняющие их структуры с внешними радиусами 40–220 м, контролирующие цепочки «озёр зон флюидно-газовой продувки» (рис. 1); далее показан увеличенный фрагмент карты с треками из МГА-зон (рис. 2).

Треки 9 и 10, а также короткий трек 10а в целом вполне логично состыковались с треками прошлого года, и их направление соответствовало либо ближнему разлому (трек 9), либо занимало промежуточное положение между разломами (трек 10). Для трека 10 были дополнительно трассированы два ответвления (треки 10а и 10б) внутри кольцевой структуры третьего порядка диаметром 170 м, по которой протекают два рукава ручья Стоячий. Ответвление 10б сблизилось с треком 3 в месте выхода к р. Лопья, и такое сближение, по-видимому, произошло непосредственно под влиянием этой структуры.

Трек 11 в целом хорошо контролируется двумя системами кольцевых разломов – почти прямыми дуговыми разломами Лыпинской ФЭС первого порядка и разломами дочерней ФЭС «Озерная». Однако в его начале также есть кольцевая структура третьего порядка диаметром 220 м и будет очень интересно узнать, что произойдет при трассировании трека через неё.

Также следует далее выяснить, почему трек 9 столь резко изменил свое направление и, возможно, оно восстановится при его продолжении. Важно отметить, что вблизи него мы нанесли на план и вторую сеть из МГА-зон, имеющих размер зон 1.0 м, которая представляет собой цепь из таких зон, соединенных попарно. Эта цепь, несмотря на резкое изменение направления трека в его северной части, продолжала плотно обвивать его точно так же, как это наблюдалось на двух других треках ранее [11].

То есть теперь уже в трех случаях элементы двух типов сетей из МГА-зон совпадали по ориентации, что укрепляет уверенность в том, что на территории заповедника в местах высокой геодинамической активности это совпадение является правилом, тогда как в равнинной части Пермского края правилом является рассогласование их ориентации [11].

Следует отметить, что комплексные исследования подобного рода проводятся вообще впервые и начались буквально два года назад. Материал накапливается, и каждый полевой сезон даёт ответы на ряд вопросов; вместе с тем из-за высокой сложности анализа связей между объектами возникают всё новые и новые вопросы, требующие дальнейших исследований.

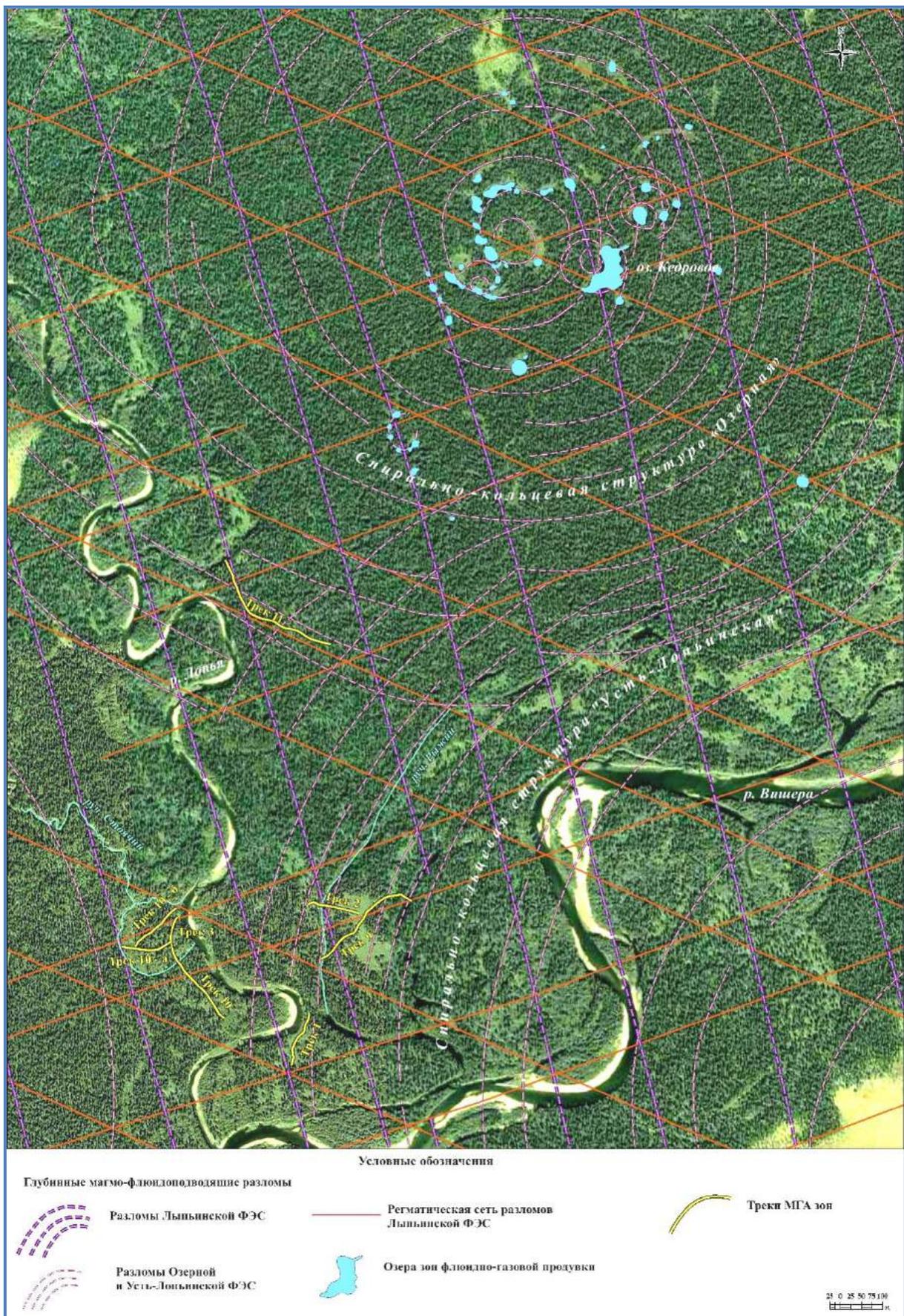


Рис. 1. Спирально-кольцевые флюидизатно-эксплозивные структуры (ФЭС) в междуречье рр. Вишера и Лопья



Рис. 2. Треки из МГА-зон размером 8 м, спирально-кольцевые флюидизатно-эксплозивные структуры и регматическая сеть Лыпинской ФЭС более детально (условные обозначения см. рис. 1).

Таким образом, сравнительный анализ треков МГА-зон с сетью линейных и спирально-кольцевых разломов примерно в 75-85 % случаев выявил устойчивое совпадение их простираний, особенно со спирально-кольцевыми системами разломов, имеющих мантийное заложение и транслирующих суммарный глубинный энергопоток (электро-магнитный, гравитационный, радиационный, геохимический, редкометальный, углекислотно-газовый, водородный и др.), выявление наиболее значимых для фитоценоза компонентов которого требует дальнейшего изучения.

Библиографический список

1. Агбалян Ю.Г. Глобальная энергетическая сеть Хартмана. Мифы и реальность // *Сознание и физическая реальность*. 2009. № 12. С. 14-20.
2. Быков Н.Я., Михалев В.В. и др. Неотектонические аспекты долины р. Кама в районе Камского, Воткинского и Нижне-Камского водохранилищ по результатам аэрокосмогеологических исследований // *Материалы региональной научно-практической конф. «Геология и полезные ископаемые Западного Урала»*. Пермь, 2007. С. 188-191.
3. Горелов А.М. Эколого-морфологические основы концепции фитогенного поля. Автореф. докт. дис. по специальности 03.00.05. – ботаника. Нац. ботанич. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины. Киев, 2014. 39 с.
4. Демаков Ю.П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола: ПГТУ. 2018. 432 с.
5. Кислов Д.Е., Прилуцкий А.Н., Брижатая А.А. Статистический анализ неоднородности горизонтальной структуры древостоев // *Поволжский экологический журнал*. 2015. № 3. С. 268–276.
6. Марченко И.С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, 1995. 188 с.
7. Оценка влияния Лыпинской флюидоконтролирующей структуры на состояние природных сообществ в районе урочища Лебяжий плёс / Рыбальченко А.Я., Михалев В.В., Rogozin M.B. и др. Отчет о НИР. Пермь, 2019. 51с. Фонды ООО «АНДИ».
8. Rogozin M.B., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 223-227.
9. Rogozin M.B., Копылов И.С., Красильников П.А. Биолокация и био-геоактивные зоны // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета*. Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2018. С. 53-57.
10. Rogozin M.B., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Методология и практика применения аэрокосмогеологического и биолокационного анализа при изучении факторов влияния неотектоники и малых геоактивных зон на элементы лесных экосистем (на примере заповедника "Вишерский" и г. Перми) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 91-107.
11. Rogozin M.B., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Оценка влияния неотектоники на лесные экосистемы и на ориентацию сетей из малых геоактивных зон // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2019. № 2 (39). С. 23-31.
12. Rogozin M.B. Как восстанавливать стареющие насаждения? // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2019. № 4. С. 33–38.
13. Rogozin M.B. Структура древостоев: конкуренция или партнерство? [Электронный ресурс]. Пермь: ПГНИУ, 2019. 223 с.

14. Рыбальченко А.Я., Рыбальченко Т.М., Силаев В.И. Теоретические основы прогнозирования и поисков коренных месторождений алмазов туффизитового типа // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2011. № 1 (5). С. 54-66.
15. Усольцев В.А., Часовских В.П., Акчурина Г.А., Осмирко А.А., Кох Е.В. Фитомасса деревьев в конкурентных условиях: исследование системных связей средствами информационных технологий. Екатеринбург: УГЛТУ, 2018. 526 с.
16. Фивенский Ю.И. Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры / *Научное открытие. Диплом ОТП РАН № 02-д/02 от 22.10. 2002*.
17. Фивенский Ю.И. Использование материалов аэрокосмических съёмок для изучения земной коры // *Геодезия и картография*. 2006. №1. С. 44-52.
18. Myneni R.B., Hall F.G, Sellers P.J., Marshak A.L. The interpretation of spectral vegetation indexes // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 1995. № 33. P. 481-486.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ПОЛИГОНАХ ТБО И ПО

В статье с помощью математического моделирования выполнена оценка способности полимерных противofiltrационных экранов препятствовать распространению с полигонов ТБО и ПО фильтрата, загрязняющего грунты и грунтовые воды, на примере абстрактного рекультивируемого полигона, расположенного на территории Ленинградской области.

Ключевые слова: полигоны твёрдых бытовых и промышленных отходов, фильтрат, противofiltrационный экран, фильтрация, диффузия, пористые среды.

PREDICTING THE PROTECTIVE PROPERTIES OF POLYMER ANTI-FILTRATION SCREENS USED IN RECULTIVATED SOLID WASTE LANDFILLS

The article uses mathematical modeling to assess the ability of polymer anti-filtration screens to prevent the spread of solid waste landfills filtrate contaminating soils and groundwater, on the example of abstract recultivated landfill located in the Leningrad region.

Keywords: landfill, filtrate, anti-filtration screen, filtration, diffusion, porous media.

Введение

В процессе разложения твёрдых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО) на полигонах образуется фильтрат – вода, накапливающаяся на полигонах за счёт естественной влаги и процессов разложения отходов, поступления на полигон дождевых и талых вод и содержащая растворённые в ней загрязняющие вещества. Для защиты грунтов и грунтовых вод от загрязнения их фильтратом полигон оснащается системой дренажа, а основание полигона (котлован) должно обеспечить герметичность. Для обеспечения герметичности в настоящее время используются естественные барьеры, как правило, из таких горных пород, как глина и синтетические экраны, изготавливаемые из полимерных материалов.

Процесс образования фильтрата происходит в процессе эксплуатации и многие десятилетия в процессе рекультивации полигонов ТБО и ПО. Поэтому при проектировании полигонов ТБО и ПО следует уделять внимание прогнозированию защитных свойств противофильтрационных экранов при длительных сроках их эксплуатации.

Методика исследования

Для этого в настоящей работе предложена соответствующая методика расчёта распространения фильтрата и концентраций содержащихся в нём загрязняющих веществ с учётом механических свойств экранов, ранее апробированная нами в работе [7].

Движение воды в пористых средах описывается уравнением Дарси [9,10]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \nabla \left(\frac{K}{\rho g} \nabla p - \mathbf{V} \right); \quad (1)$$

где p – давление, Па; t – время, с; K – коэффициент фильтрации среды, м/с; $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды, \mathbf{V} – скорость движения (фильтрации) жидкости в пористой среде, м/с; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Расчёт распространения пассивной примеси в воде концентрацией c , мг/м³, в пористой среде выполняется с помощью уравнения диффузии в пористых средах [1,12]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} - D^2 k \Delta c = I; \quad (2)$$

где k – коэффициент диффузии в непористой среде, м²/с; I – источник или сток вещества, мг/(м²·с); D – активная пористость среды.

Для численного решения уравнений (1) и (2) также необходимо задать соответствующие начальные и граничные условия.

Начальные условия (при $t = 0$) задаются для скорости, давления и концентрации:

$$p(t = 0) = c(t = 0) = 0. \quad (3)$$

На входе в расчётную область задаются граничные условия:

– гидростатического давления p , Па, изменяющегося по высоте z , м:

$$p = \rho g z. \quad (4)$$

– концентрации c , мг/м³:

$$c = c_0; \quad (5)$$

где c_0 – начальная концентрация растворенного в воде вещества (до фильтрации в пористой среде).

На выходе из расчётной области задаются:

– нулевое гидростатическое давление (Atmosphere or gauge) для участка, расположенного выше грунтовых вод [12,13]:

$$p = 0; \quad (6)$$

– для участка, расположенного выше грунтовых вод [2]:

$$p = \rho n_{\Gamma} g (z - h_{\Gamma B}); \quad (7)$$

где n_{Γ} – пористость грунта; $h_{\Gamma B}$ – высота от низа сооружения до расчётного

уровня грунтовых вод, м;

– для примеси граничное условие «конвективный поток»:

$$\mathbf{n}k\nabla c = 0; \quad (8)$$

где \mathbf{n} – нормальный единичный вектор к граничной поверхности, направленный наружу от граничной области.

На непроницаемых поверхностях задаётся условие «непротекания»:

$$\mathbf{V} = 0; \quad (9)$$

$$\mathbf{n}k\nabla c = 0. \quad (10)$$

Под действием механической нагрузки, происходит деформация экрана.

Соотношение между матрицами напряжений $\{\sigma\}$, Па, и деформациями экрана $\{\varepsilon\}$ при упругом поведении изотропного материала для плоской задачи:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}; \quad (11)$$

$$\text{где } \{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}; \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial \delta_x}{\partial x} \\ \frac{\partial \delta_y}{\partial y} \\ \frac{\partial \delta_x}{\partial y} + \frac{\partial \delta_y}{\partial x} \end{Bmatrix}; [D] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix};$$

где $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ – абсолютные деформации, м, вдоль осей x, y, z соответственно; E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона.

Связь между напряжениями и нагрузкой:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = -f_x \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = -f_y \end{cases}; \quad (12)$$

где f_x, f_y – компоненты вектора плотности объёмной силы, Н/м³.

Глубину сжимаемой толщи грунта определяется исходя из аналогии воздействия на грунт слоя отходов и плиточных фундаментов.

Расчётную толщину линейно-деформируемого слоя основания, сложенного глинистыми или песчаными грунтами H , м, определяют по формуле [6]:

$$H = (H_0 + tb)k_p; \quad (13)$$

где b – ширина фундамента, м; H_0 и t – величины, принимаемые соответственно равными для оснований, сложенных глинистыми грунтами, - 9 м и 0,15, песчаными - 6 м и 0,1; k_p – коэффициент, учитывающий фактическое давление на основание, принимаемый равным 0,8 при давлении 0,1 МПа и 1,4 при давлении 0,6 Мпа (при промежуточных давлениях k_p принимают линейной интерполяцией).

Необходимо также учесть геометрические изменения в расчётной области, вызванные действием механической нагрузки. Для этого

воспользуемся сглаживанием Лапласа:

$$\frac{\partial^2 x}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 y}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial Z^2} = 0; \quad (14)$$

где X, Y, Z – недеформированные положения сетки; x, y, z – деформируемые положения сетки.

Программная реализация методики выполняется методом конечных элементов в среде Comsol Multiphysics 3.5.

Расчёт выполнен для абстрактного полигона ТБО и ПО, расположенного на территории Ленинградской области. Дно котлована полигона принято в форме квадрата длиной 450 м, глубина котлована 3 м, толщина естественного грунтового барьера 2 м выше уровня грунтовых вод [8], величиной уклона 0,02. Высота отвала отходов 15 м, плотность уплотнённых отходов 700 кг/м^3 . Грунт – суглинок, коэффициент фильтрации которого $K = 10^{-7} \text{ м/с}$. Рассчитываемое загрязняющее вещество – аммоний концентрацией в воде 18000 мг/м^3 [4], коэффициентом диффузии в воде $k = 1,64 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ [5]. Постановка задачи принята плоская, нестационарная.

Геометрия и конечно-элементная сетка расчётной области полигона без противofильтрационного экрана приведены на рис. 1.

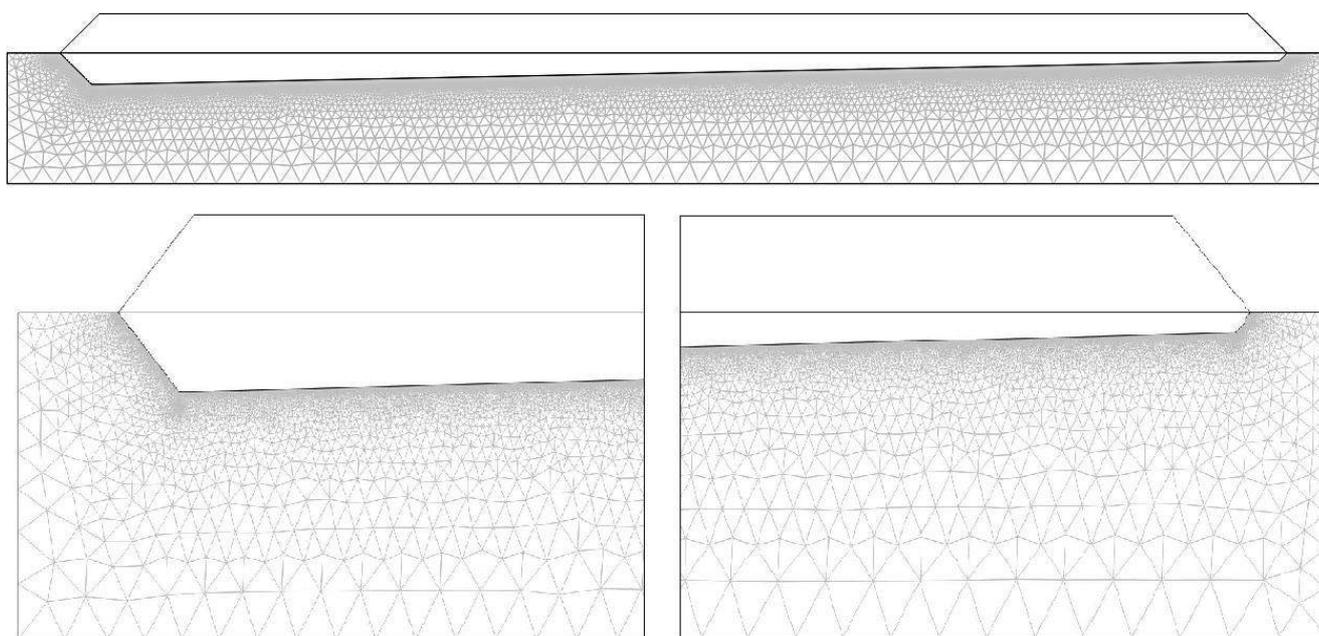


Рис. 1. Геометрия и конечно-элементная сетка расчётной области полигона (без противofильтрационного экрана)

В силу больших потребностей к вычислительной мощности и объёмам оперативной памяти компьютера расчёт экрана выполнен отдельно, только для 1 м^2 , расположенного на максимальной глубине котлована и испытывающего наибольшие нагрузки. Толщина экрана принята из полиэтилена низкого давления (ПНД) принята 5 мм, коэффициент фильтрации ПНД принят $K = 10^{-9} \text{ м/с}$ [3].

В этом случае влияние осадка грунтового основания котлована полигона

S , м, выражается через коэффициент постели:

$$S = P / C; \quad (15)$$

где P – давление, приложенное к поверхности грунта, Па; C – коэффициент постели грунта, Н/м^3 , для твёрдых суглинков $C = 6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$.

Геометрия и конечно-элементная сетка расчётной области противофильтрационного экрана приведены на рис. 2.

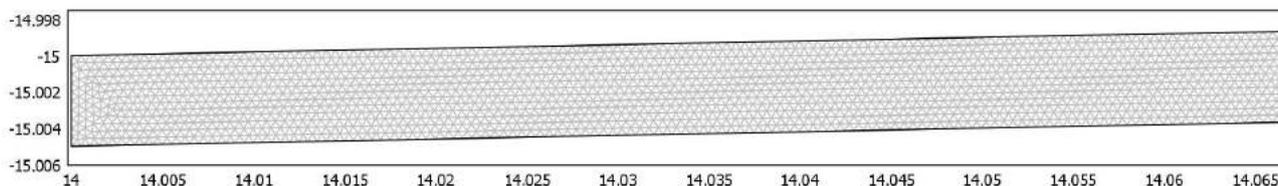


Рис. 2. Геометрия и конечно-элементная сетка расчётной области противофильтрационного экрана

Полученные результаты и их обсуждение

Результаты расчёта деформации, фильтрации и диффузии в основании полигона при отсутствии защитного экрана приведены на рис. 3-6.

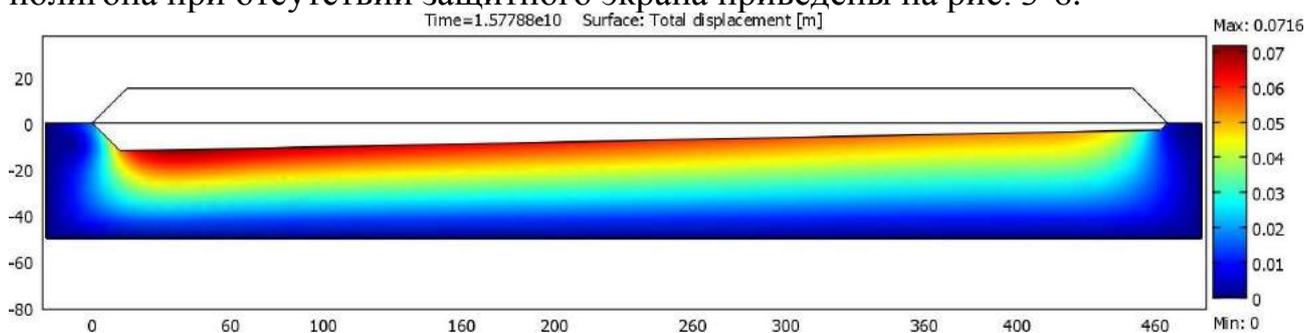


Рис. 3. Поле деформаций, м, в основании полигона при отсутствии противофильтрационного экрана в момент времени $t \approx 500$ лет

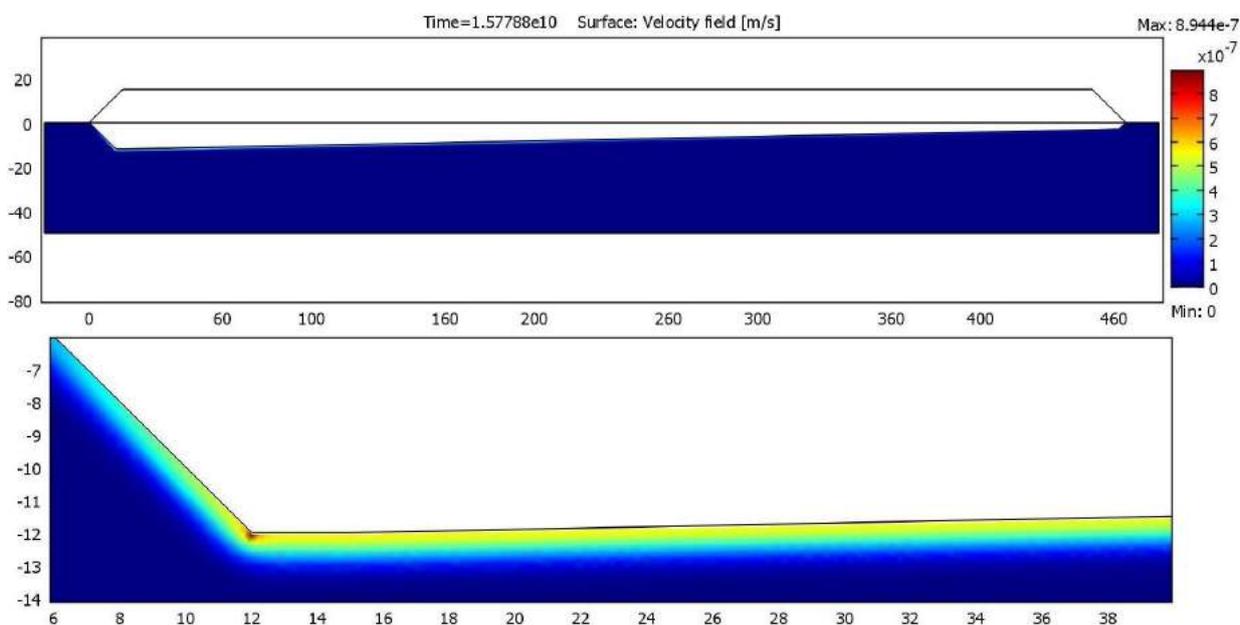


Рис. 4. Поле скоростей фильтрации, м/с, в основании полигона при отсутствии противофильтрационного экрана в момент времени $t \approx 500$ лет

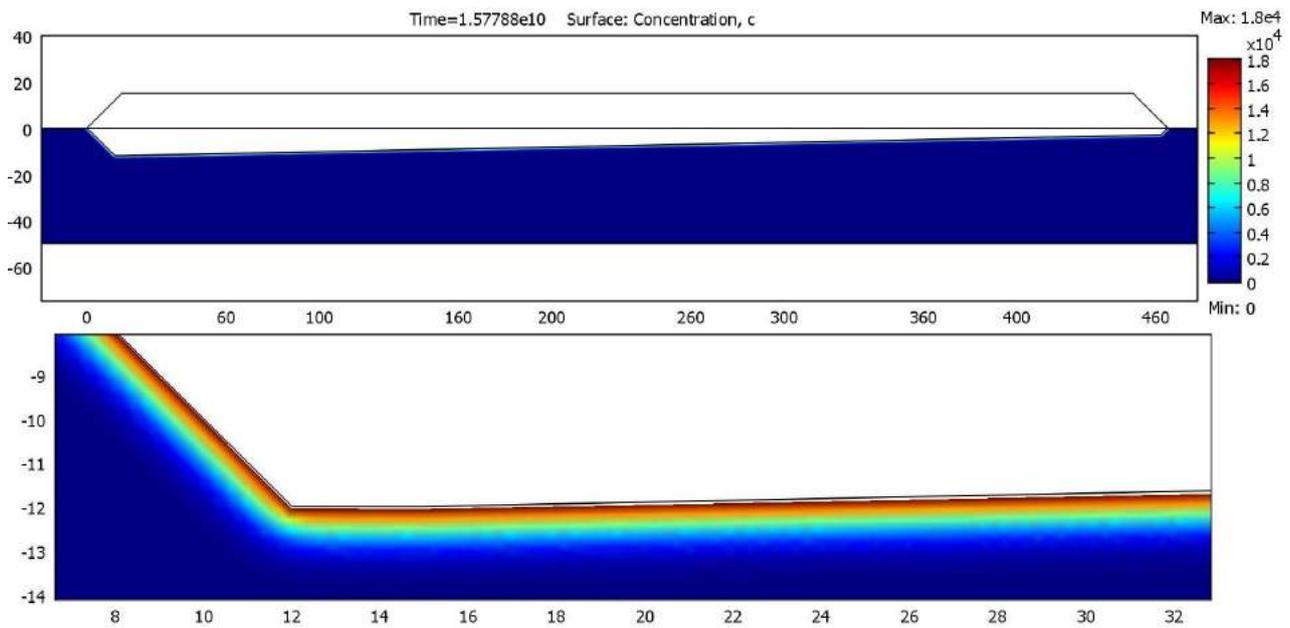


Рис. 5. Поле концентраций аммония, $\text{мг}/\text{м}^3$, в основании полигона при отсутствии противофильтрационного экрана в момент времени $t \approx 500$ лет

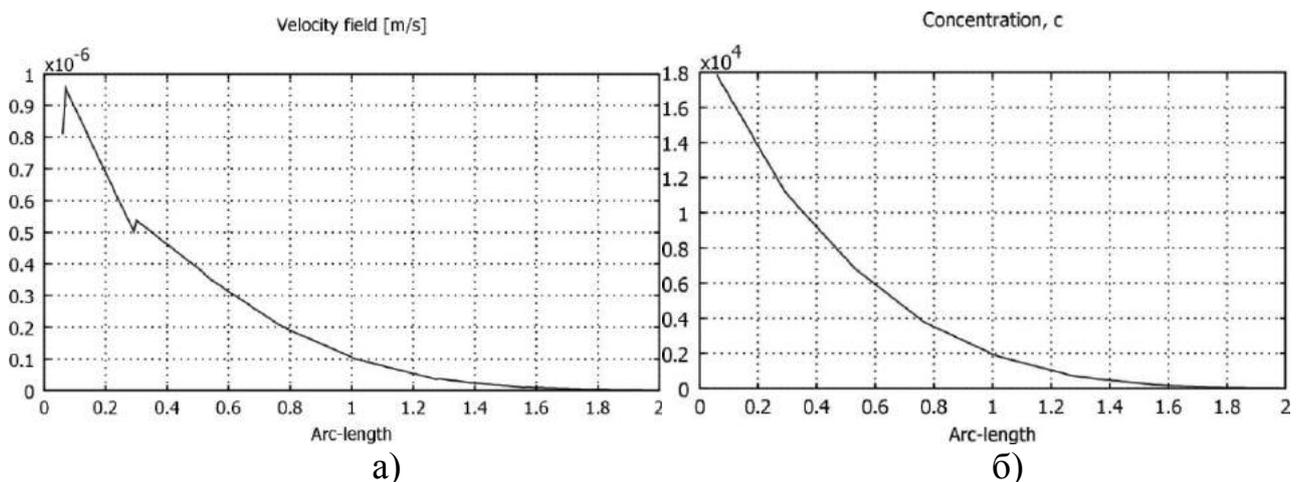


Рис. 6. График изменения по толщине грунта от самой нижней точки на дне полигона до уровня грунтовых вод в момент времени $t \approx 500$ лет:
 а) скоростей фильтрации, $\text{м}/\text{с}$; б) концентрации аммония, $\text{мг}/\text{м}^3$

Приведённые результаты расчётов показывают, что слой из суглинка толщиной 2 м на дне котлована способен защищать от попадания фильтрата в грунтовые воды ориентировочно 500 лет.

Результаты расчёта деформации, фильтрации и диффузии участка защитного экрана, испытывающего максимальную нагрузку, приведён на рис. 7-10.

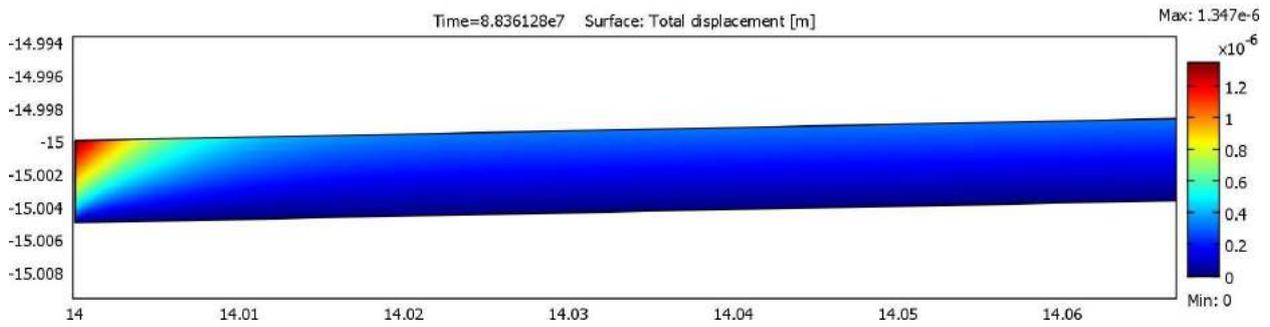


Рис. 7. Поле деформаций, м, участка защитного экрана, испытывающего максимальную нагрузку, в момент времени $t \approx 2,8$ года

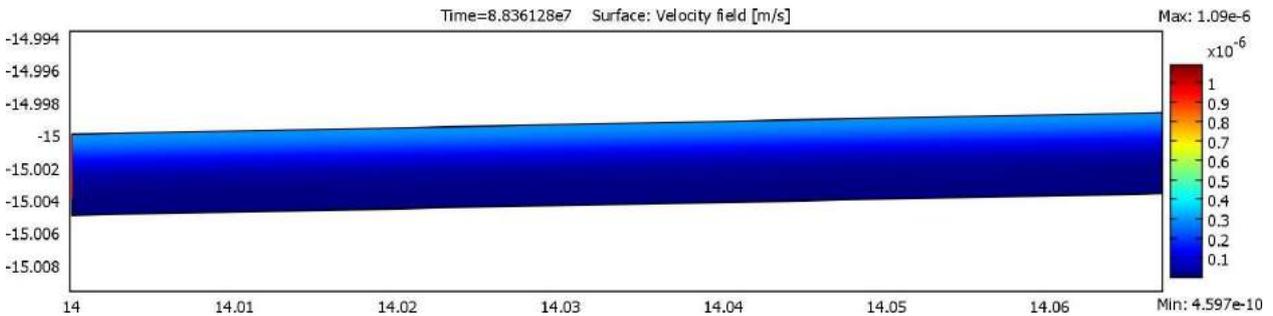


Рис. 8. Поле скоростей фильтрации, м/с, в участке защитного экрана, испытывающего максимальную нагрузку, в момент времени $t \approx 2,8$ года

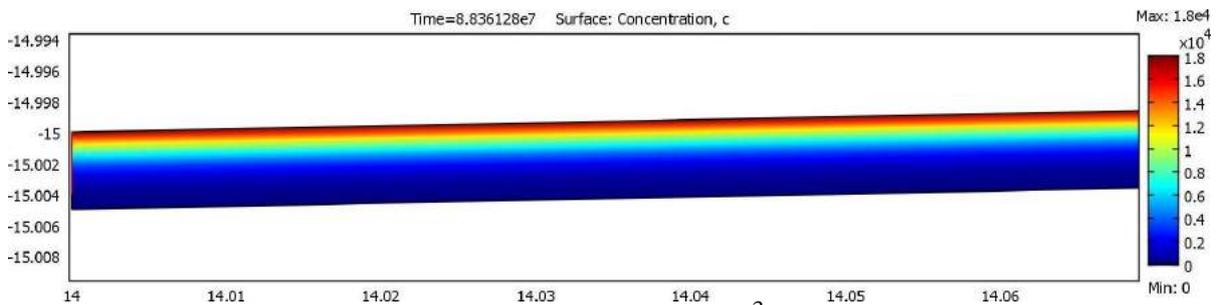


Рис. 9. Поле концентраций аммония, мг/м^3 , в участке защитного экрана, испытывающего максимальную нагрузку, в момент времени $t \approx 2,8$ года

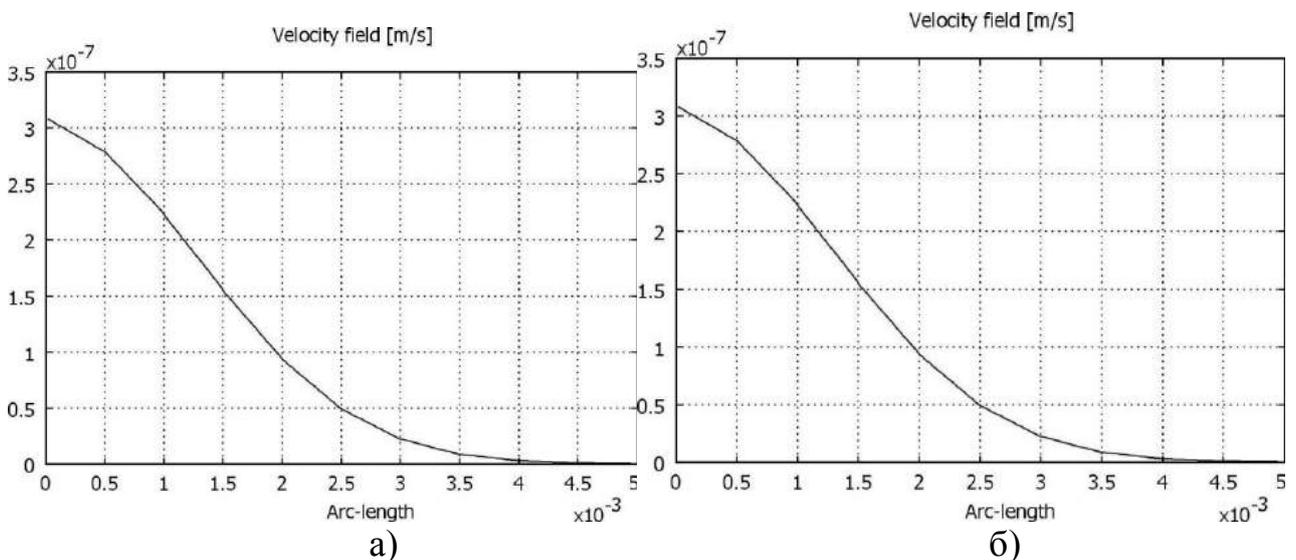


Рис. 10. График изменения по толщине защитного экрана в момент времени $t \approx 2,8$ года: а) скоростей фильтрации, м/с; б) концентрации аммония, мг/м^3

Выводы

Анализируя результаты расчётов, можно прийти к выводу, что стандартный защитный экран, изготовленный из ПНД толщиной 5 мм, не обеспечивает долгосрочную защиту грунтов и его целесообразно использовать только как дополнительное препятствие на пути распространения фильтрата. Значительно большую защиту обеспечивает защитный слой из суглинка толщиной 2 м. Однако, на наш взгляд с позиции экологической безопасности наиболее целесообразным является отвод (откачка) фильтрата по дренам с последующей его очисткой и утилизацией на рекультивируемых полигонах ТБО и ПО, также как это положено выполнять на действующих.

Предложенную методику расчёта можно использовать для прогнозирования ситуации с распространением фильтрата, которая будет складываться в будущем на рекультивируемых полигонах ТБО и ПО.

Библиографический список

1. Брук В.В., Берешко И.Н. *Математические модели в экологии. Ч. 2.* Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. 68 с.
2. Зарубина Л.П. *Гидроизоляция конструкций зданий и сооружений.* СПб: «БВХ-Петербург», 2011. 272 с.
3. Косиченко Ю.М., Баев О.А. *Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов.* Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 293 с.
4. Коринько И.В., Юрченко В.А. *Нормирование концентрации азотсодержащих соединений при приёме сточных вод в городскую канализацию // Коммунальное хозяйство міст.* 2010. № 93. С. 58-62.
5. Кошкин Н.Н., Ширкевич М.Г. *Справочник по элементарной физике.* М.: Наука. 1976. 256 с.
6. *Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа.* Разработано к СНиП II-15-74.
7. Сауц А.В., Ерегина С.В. *Численное моделирование нестационарной фильтрации в решении задач водопользования и экологии // Вода: химия и экология.* 2018. 4-6 (115). С. 131-136.
8. Сметанин В.И. и др. *Проект полигона захоронения твёрдых бытовых отходов: учебное пособие.* М.: МГУП. 2006. 66 с.
9. Anguiano M. *Darcy's laws for non-stationary viscous fluid flow in a thin porous medium // Mathematical Methods in the Applied Sciences.* 2016. Vol. 40, Issue 8. PP. 2878-2895.
10. Bear J. *Dynamics of Fluids in Porous Media.* New York: Elsevier Scientific Publishing Co, 1972. 764 p.
11. Bear J. *Hydraulics of Groundwater.* New York: McGraw-Hill, 1979. 592 p.
12. Breittkopf C. *Diffusion in porous media-measurement and modeling.* Berlin: Fritz-Haber-Institute Berlin, 2011. 106 p.
13. Freeze R.A. *Three-dimensional, transient, saturated-unsaturated flow in a groundwater basin. Water Resour.* 1971. vol. 7, no. 2. p. 347-366.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАРМАЛИНСКОГО БИТУМНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Приведены сведения о геологическом строении и гидрогеологических условиях Кармалинского месторождения залежей битума. Изучены гидрогеологические особенности, химический состав пластовых вод, макро- и микрокомпоненты. Предложены рекомендации по детальному изучению и мониторингу подземных вод.

Ключевые слова: гидрогеологические условия, залежи битумов, химический состав пластовых вод, макро- и микрокомпоненты, мониторинг пластовых вод, Кармалинское месторождение битумов.

V.D. Fajzullina
ООО «GeoTechProekt», Bugulma, RT, Russia

HYDROGEOLOGICAL FEATURES AND MONITORING OF UNDERGROUND WATERS OF THE KARMALINSKY BITUMINOUS DEPOSIT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Information about the geological structure and hydrogeological conditions of the Karmalinsky Deposit of bitumen deposits is given. Hydrogeological features, chemical composition of reservoir waters, macro - and micro-components were studied. Recommendations for detailed study and monitoring of groundwater are proposed.

Key words: hydrogeological conditions, bitumen deposits, chemical composition of reservoir waters, macro-and micro-components, monitoring of reservoir waters, Karmalinsky bitumen deposit.

Введение

В настоящее время запасы тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов являются важнейшей составляющей сырьевой базы нефтяной отрасли не только России, но и ряда других нефтедобывающих стран. Почти 36% запасов битумов России находятся на территории Татарстана. На баланс Государственного комитета по запасам поставлено 27 залежей с запасами 137 млн тонн балансовых и 49 млн тонн извлекаемых нефтей. Большая часть скоплений битумов приурочена к пластам, залегающим в пермских отложениях Татарстана. В последние годы в ПАО «Татнефть» на Мордово-Кармальском и Ашальчинском месторождениях проводятся опытно-промышленные работы по добыче тяжелых СВН с использованием тепловых методов. В связи с этим существует возможность искусственного повышения давления в кровле залежи, что может вызвать межпластовые перетоки подземных вод по трещинам или по

заколонному пространству скважин с некачественным цементом в вышележащие горизонты пресных вод верхнепермских отложений и создать угрозу их загрязнения [4, 5, 11].

Поэтому проблема изучения гидрогеологических условий нефтегазовых месторождений в связи необходимостью сохранения в чистоте пресных подземных вод приобретает особую значимость и актуальность.

Цель и задачи работы – изучить гидрогеологические условия Кармалинского битумного месторождения. Дать общую характеристику месторождения, включающую геологическое строение и гидрогеологические условия. Разработать рекомендации по созданию наблюдательной сети.

Природно-геологические факторы формирования гидрогеологических условий

Основные факторы формирования гидрогеологических условий оказывающих влияние на состав и динамику подземных вод разделяются на физико-географические, геологические и собственно гидрогеологические факторы. Они определяют разнообразие природных условий, сложность геодинамических, структурно-тектонических, неотектонических, литологических, геоморфологических, гидрогеологических условий, многообразие проявлений и участков распространения опасных геологических процессов [1, 3-6, 10, 12].

Кармалинское битумное месторождение расположено на территории Черемшанского района Республики Татарстан, в 1 км юго-восточнее деревни Нижняя Кармалка, на расстоянии около 90 км от города Альметьевск (рис 1).

Физико-географические факторы. Территория Кармалинского месторождения расположена в пределах восточной части Западного Закамья Республики Татарстан в бассейне среднего течения реки Шешмы.

Тип рельефа описываемой территории, согласно схеме геоморфологического подразделения Республики Татарстан, аккумулятивно-структурный, он характеризуется сглаженными, увалистыми формами относительно небольшими абсолютными отметками (75-211 м) и слабо расчлененной сетью неглубоких речных долин и овражно-балочных врезов. Подобный характер рельефа тесно связан с особенностями геологического строения, а именно: распространение на рассматриваемой территории довольно рыхлых песчано-глинистых отложений казанского яруса и частично неогена, способствовало равномерному разрушению этих пород и созданию пологих, мягковолнистых, увалистых форм рельефа, типичных для большей части этого района. Наибольшие абсолютные высоты отмечаются в восточной части месторождения, где они достигают 211 м.

Климат района месторождения, как и всей территории Татарстана континентальный: со сравнительно холодной зимой и жарким летом. Средняя температура января $-13-15^{\circ}\text{C}$, в отдельные годы минимальная температура достигает -50°C . Самым теплым месяцем является июль, с максимальной температурой $+38^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура равна $+2,6^{\circ}\text{C}$.

Наибольшее количество осадков (400-500мм) выпадает в апреле и сентябре месяцах, наименьшее в ноябре-марте. Преобладающее юго-западное

направление ветров определяется общими воздушными течениями, характерными для всей Восточной Европы.

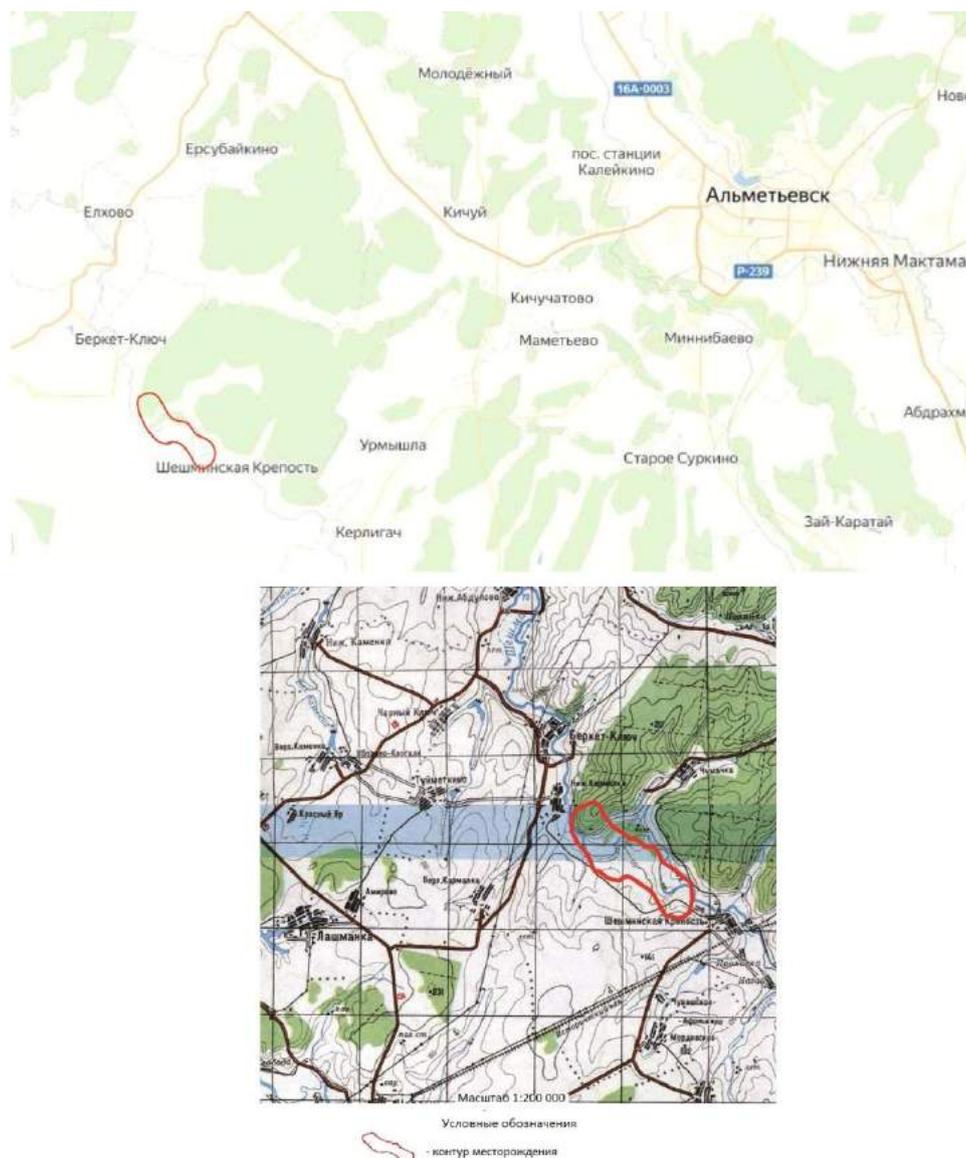
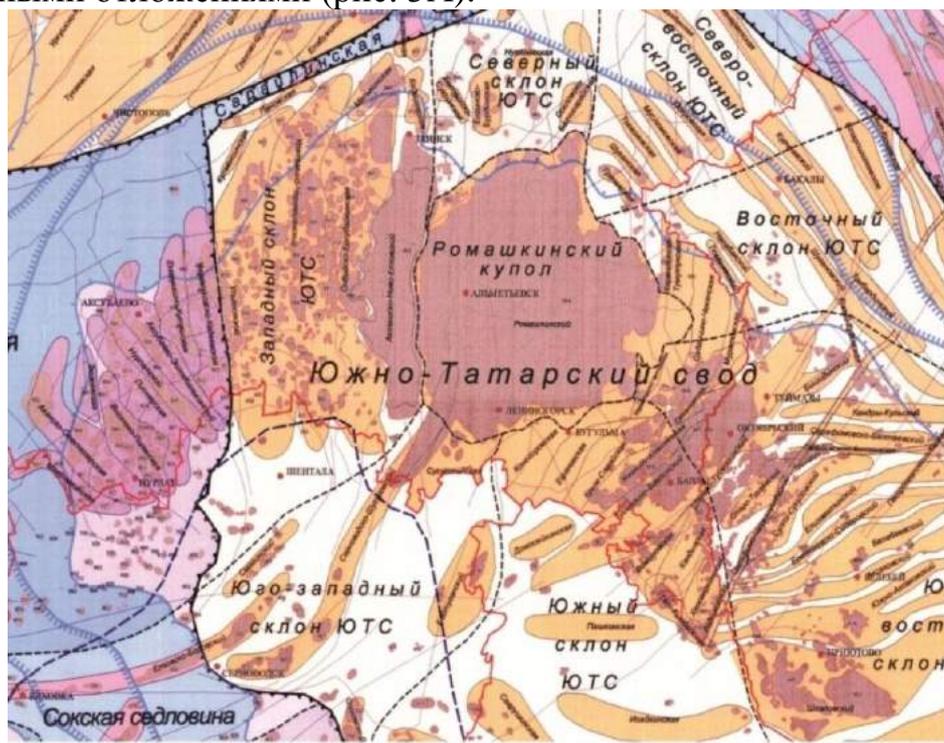


Рис 1. Обзорная карта Кармалинского месторождения [9]

Геологические факторы. В тектоническом плане Кармалинское месторождение расположено в пределах Волго-уральской антеклизы Восточно-Европейской платформы, на западном склоне Южно-Татарского свода кристаллического фундамента (рис 2), в пределах Черемшано-Ямашинской структурной зоны II порядка, приурочено к бранхиантиклинальному поднятию. Площадь составляет 9 км². Залежь Кармалинского поднятия была выявлена в 1972 г. скв. № 79 при проведении геологоразведочных работ на Ашальчинской площади структурного бурения.

В геологическом строении месторождения принимают участие палеозойские и кайнозойские образования. По данным бурения, отбору и изучению керн на месторождениях осадочная толща палеозоя представлена терригенно-карбонатными породами девонской, каменноугольной и пермской

систем. Кайнозойские образования представлены неогеновыми и четвертичными отложениями (рис. 3А).



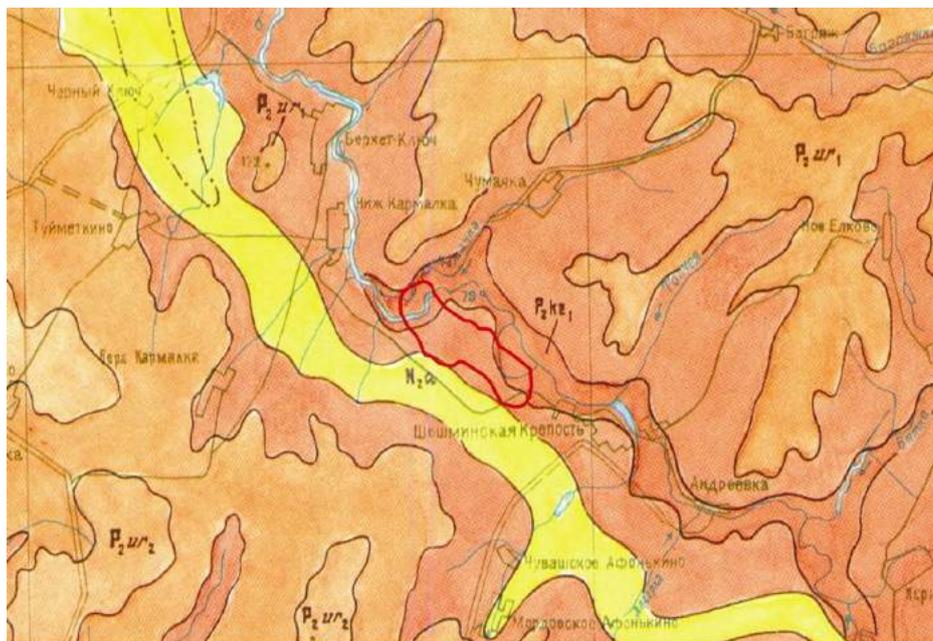
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:



Рис 2. Обзорная тектоническая карта Кармалинского месторождения [1]

Наибольший практический интерес, с точки зрения битуминозности, представляют песчаники уфимского яруса. Известны битумопроявления в казанском ярусе. Испытания на приток были проведены в скв. 88 и 76. В скважине 88 из интервала 66-76 м за 31 час откачки было извлечено 29 м³ воды, а из интервала 66-71 м за 22 часа- 12,4 м³ воды.

Гидрогеологические факторы. Подземные воды в верхней части гидрогеологического разреза (рис. 3Б), приурочены к казанским отложениям. В процессе поисково-оценочных работ в 2015 году они изучены в скважине 756 Г и 757 Г. По преобладающим компонентам это сульфатно-кальциево-натриевые воды с общей минерализацией 1,2-4,3 г/дм³.



А

Условные обозначения
контур месторождения

Эра	Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Горизонт	Литологическая колонка	Гидрогеологические комплексы	Химический состав воды
Кайнозойская (палеозойская) ПЗ	Палеозойская (палеозойская) ПЗ	Пермская	Средний	Кипячий	Первый	[Литологическая колонка]	Слабоводосный локально водосытый инквартерный-оксидный аллювиальный комплекс (АК ₁)	Мг, Cl HCO ₃ 71 SO ₄ 21 Ca 6 pH 7,2
							Слабоводосный аэвогипсовый оксидно-аллювиальный комплекс (АК ₂)	Мг, Cl HCO ₃ 81 SO ₄ 12 Ca 7 Ca 42 Na 33 Mg 26 pH 7,1
Пермская	Средний	Кипячий	Первый	Нижний	Шешминский	[Литологическая колонка]	Водосытый локально слабоводосный верховодный карбонатно-терригенный свита (РК ₁)	Мг, Cl HCO ₃ 73 SO ₄ 18 Ca 6 Ca 53 Mg 30 Na 17 pH 7,3
							Водосытый локально слабоводосный инквартерный карбонатно-терригенный свита (РК ₂)	Мг, Cl HCO ₃ 56 Ca 33 HCO ₃ 6 Mg 45 Ca 36 Na 20 pH 7,6
							Слабоводосный локально водосытый оксидно-терригенный комплекс (РК ₃)	Мг, Cl HCO ₃ 72 Ca 22 SO ₄ 6 Na 55 Ca 39 Mg 10 pH 7,8
							Слабоводосная свисрская сульфатно-карбонатная серия (РК ₄)	Мг, Cl HCO ₃ 81 Ca 6 HCO ₃ 3 Na 51 Ca 34 Mg 16 pH 8,0
Пермская	Верхний	Ассельский	Ассельский	Ассельский	Ассельский	[Литологическая колонка]	Слабоводосная свисрско-ассельская карбонатная серия (СК ₁ -р,а)	Мг, Cl 62 Ca 62 SO ₄ 38 HCO ₃ 2 Na 64 Ca 31 Mg 5 pH 8,0

Б

Рис 3 Геолого-гидрогеологическая карта (А) и сводный геолого-гидрогеологический разрез (Б) района работ (по материалам ГПП «Волгагеология»)

Самая верхняя часть шешминских отложений опробовалось в скважине 76,78. При опробовании скважины 76 в интервале 66-71 м была получена вода с плёнкой нефти. Дебит составил 38,3 м³ за 22 часа, а на втором объекте в интервале 66-81 м дебит воды составил 29,7 м³ за 6 часов. Статический уровень установился на абсолютной отметке +102 м.

В этих скважинах были встречены воды с общей минерализацией 1,02-1,84 г/дм³. В остальных опробованных скважинах общая минерализация вод изменялась в пределах 2,7-5 г/дм³. Содержание брома- 0,24 мг/дм³ (рис. 4).

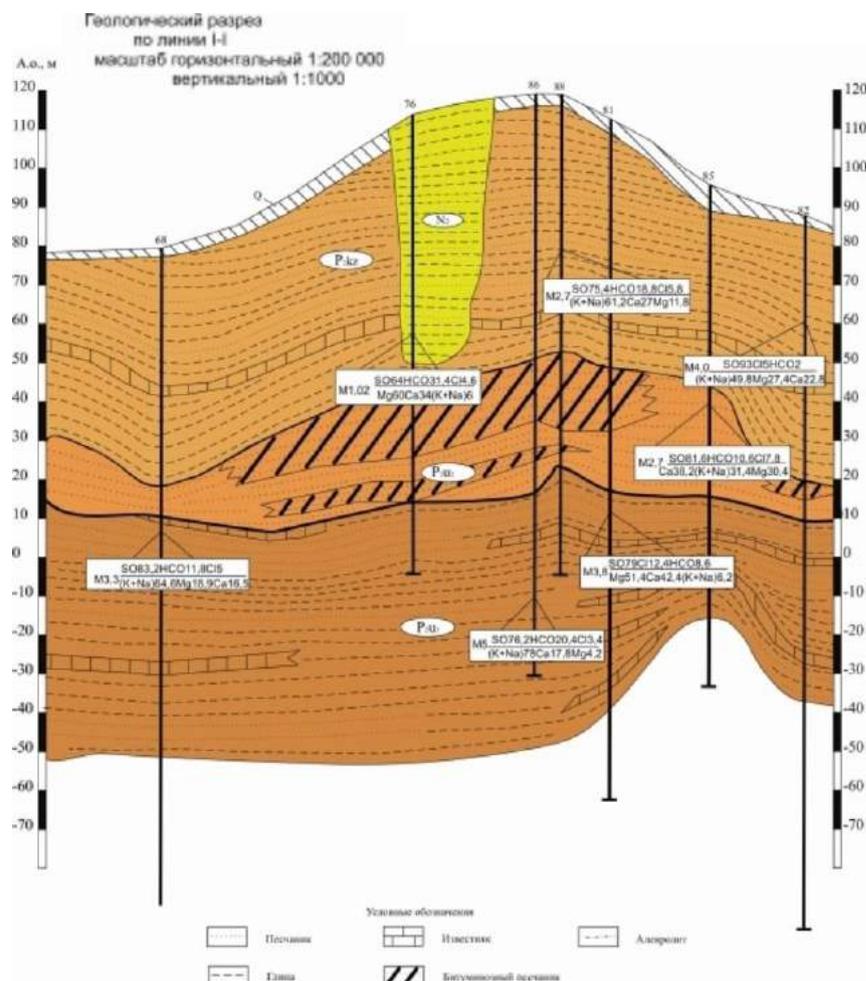


Рис. 4. Гидрогеологический профиль Кармалинского месторождения (по материалам Б.В. Анисимова и др., 1977-2000).

По химическому составу внутренние воды шешминского горизонта преимущественно сульфатно-натриевые. Из микрокомпонентов обнаружены (мг/дм³): бром - 0,24-0,41; железо - 3,1 и сероводород до 497. Из водорастворенных ОВ в водах присутствует (мг/дм³): окисляемость йодатная - до 31,3; фенол летучий - до 0,42; фенол хлороформный - до 0,08.

Подземные воды в нижней части гидрогеологического разреза установлены в отложениях сакмарского яруса, отмечены в скв. 1536. По химическому составу это воды сульфатно-натриево-кальциевые с общей минерализацией 2,7 г/дм³. Содержание брома достигает 0,5 мг/дм³. В составе вод водорастворенных органических веществ следующее (мг/дм³): окисляемость йодатная - 2,7; окисляемость перманганатная - 0,9; фенол летучий - 0,7; фенол хлороформный - 0,7. В скв. 1473 опробованы воды из ассельских отложений. По преобладающим компонентам это воды сульфатно-кальциево-магниевого состава с общей минерализацией 3,8 г/дм³. Из микрокомпонентов присутствует (мг/дм³): бром - 0,5; и бор - 6,2 [12].

Формирование системы мониторинга

Создание любой системы наблюдения в общем виде предполагает решение трех основных задач: *первая* – постоянный контроль существующего состояния (качества, режима и изменения водно-солевого баланса) поверхностных и подземных вод, анализ и отслеживание происходящих изменений, особенно в районах с повышенным техногенным воздействием; *вторая* – оперативный анализ полученной информации и разработка природоохранных мероприятий по предотвращению отрицательных последствий нефтедобычи; *третья* – прогноз изменений состояния поверхностной и подземной гидросферы под воздействием процессов разработки нефтяных месторождений.

Проблема охраны пресных подземных вод от загрязнения при разработке битумных залежей значительно острее, чем нефтяных. Поэтому для своевременного обнаружения и прогнозирования перемещения возможного очагов загрязнения в системе наблюдения должны быть задействованы все родники, водопосты на речках и ручьях, находящиеся на территории месторождения, а также колодцы и водозаборные скважины в населенных пунктах вблизи месторождения.

В настоящий момент добыча битуминозной нефти в Татарстане осуществляется с применением ряда технологий, наиболее распространенными из которых являются: методы внутрипластового горения, паротеплового воздействия на пласт и технология парогравитационного дренажа. Основная добыча природного битума осуществляется методом гравитационного дренирования при закачке пара - технологией воздействия на нефтенасыщенный пласт через парные горизонтальные скважины (через одну из них нагнетается пар, через другую – выкачивается нефть). Данный способ добычи используется на Ашальчинском месторождении на юго-востоке республики, опытно-промышленная разработка которого началась в 2006 году.

Для наблюдения за подземными водами Кармалинского битумного месторождения определены 4 водопоста и рекомендуется заложить бурение 2-х наблюдательных скважин на верхне- и нижнеказанские отложения. Перечень и схема расположения пунктов наблюдения в пределах Кармалинского месторождения показана в таблице 1 и на рисунке 5.

Порядок и периодичность отбора проб на химический анализ должны проводиться в соответствии с ГОСТом 31862-2012 «Вода питьевая. Отбор проб», которые показаны в таблице 2.

В соответствии с названным ГОСТом при обнаружении или подозрении на загрязнение периодичность отбора проб воды должна быть увеличена. Отбор и транспортировка проб воды осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Устройства для отбора проб воды должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к методам контроля качества».

Контролируемыми показателями воды являются: pH; минерализация (сухой остаток); общая жесткость; общее железо; нефтепродукты и шестикомпонентный анализ.

Таблица 1

Рекомендуемая наблюдательная сеть на Кармалинском битумном месторождении

№ на схеме	Местоположение	Геологический индекс
1	Скважина, 3,5 км юго-восточнее д. Нижняя Кармалка	P ₂ KZ1
2	Скважина, западнее д. Шешминская крепость	P ₂ KZ2
3	Водопост ниже по течению р.Шешма, д. Нижняя Кармалка за контуром месторождения	
4	Водопост на р.Шешма южнее д. Нижняя Кармалка	
5	Водопост севернее д.Шешминская крепость	
6	Водопост р. Шешма, д.Шешминская крепость за контуром месторождения	

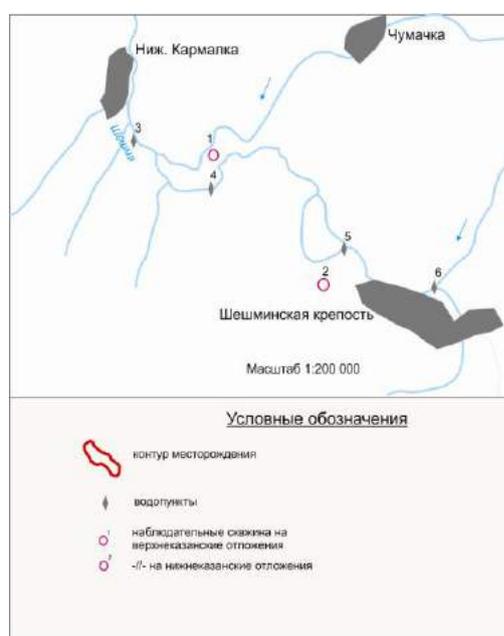


Рис 5. Схема наблюдения Кармалинского месторождения

Таблица 2

Порядок и периодичность отбора проб на химический анализ

Месторождение	№ точек опробования	Периодичность отбора
Кармалинское	Скв 1	4 раза в год
-//-	Скв 2	-//-
-//-	в/п 3	1 раз в месяц
-//-	в/п 4	-//-
-//-	в/п 5	-//-
-//-	в/п 6	-//-

Наблюдательные скважины необходимы для:

- изучения химического состава и фильтрационных свойств водоносных горизонтов;

- своевременного обнаружения очагов загрязнения и выявления конкретного источника загрязнения;
- для прогноза скорости перемещения очагов загрязнения;
- обоснования зон санитарной охраны.

Рекомендуемая периодичность наблюдений 4 раза в год для своевременного обнаружения очагов загрязнения.

Следует отметить, что система наблюдений должна быть скользящей и в зависимости от гидрохимических изменений природных вод, скорости перемещения загрязненных вод, она должна наращиваться или уменьшаться. Пересмотр системы наблюдений рекомендуется осуществлять 1 раз в 3 года.

Рекомендации по конструкции, бурению и исследовательским работам в наблюдательных скважинах

На территории Кармалинского месторождения рекомендуется бурение двух наблюдательных скважин, в которых необходимо провести опытно-фильтрационные работы. Первая скважина буриться на верхнеказанские отложения, вторая – на нижнеказанские. Для уточнения разреза и отбивки стратиграфических границы в 1-ой скважине отбирается керн в интервалах: слабодских и уржумско казанских отложений. Затрубное пространство всех обсадных колонн цементируется с выдавливанием цемента до устья [7].

Во всех скважинах проводится следующий комплекс геофизических исследований:

- а) до спуска обсадной колонны: РК (ГК и НГК), КС и ПС;
- б) после спуска обсадной колонны и цементирования затрубного пространства проводится АКЦ; после разбуривания и проводки скважин до проектной глубины в открытом стволе проводится РК, КС, ПС;
- в) в изливающихся скважинах с целью выделения водоносных горизонтов дополнительно делается расходомер и термометр.

На всех скважинах проводятся пробные и опытные откачки с целью определения гидрогеологических параметров пластов.

Опытные откачки проводятся на 2-3 режимах для определения зависимости между дебитом скважины и понижением уровня в ней. Продолжительность равномерной непрерывной откачки на каждой ступени 1-2 суток. Общая продолжительность откачек 3-5 суток. Минимальная разница между ступенями понижения уровня 2-3 м.

Дебит скважины замеряется с помощью мерной емкости и секундомера. Для замера динамического уровня используется электроуровнемер.

Дебиты скважин замеряются через каждый час. Динамический уровень в течение первых двух часов откачки замеряют через каждые 10 мин, а в дальнейшем-через каждый час. После прекращения откачки проводят наблюдения за восстановлением уровня. Рекомендуемая частота замера уровня: первые 15 мин через 1 мин, далее в течении 1-го часа 5 мин, затем 1 час.

В процессе опытной откачки замеряется температура воды и отбираются пробы на химический анализ. Ведется полевая документация: журнал откачки, графики дебита, понижения и восстановления уровня от времени [7].

В период проведения опытно-фильтрационных работ выполняется

планово-высотная привязка всех скважин. Результат наблюдений за откачкой оформляется в виде акта с фактическими данными наблюдений.

При строительных работах должны быть приняты меры по охране существующих природных условий на территории строительства.

Пробы вод отбираются в соответствии с установленной периодичностью работ. Требования к подготовке емкостей для отбора и (или) хранения проб должны соответствовать требованиям [2, 8] и стандартам на метод определения показателя.

Библиографический список

1. Войтович Е.Д., Гатиятуллин Н.С. *Тектоника Татарстана*. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2003. 132 с.
2. ГОСТ 18963-73: *Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа*.
3. Копылов И.С. *Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
4. Копылов И.С. *Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
5. 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.
6. 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.
7. Сахабутдинов Р.З. *Разработка комплексной программы гидрогеологического и экологического мониторинга для управления рисками при разработке залежей сверхвязких нефтей Черемшано-Бастрыской зоны. ОАО им. В.Д. Шашина (ОАО "ТАТНЕФТЬ")*. Бугульма, 2014. 223с.
8. СП 31.13330.2012. *Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*
9. Сухов К.А. *Разработка программы проведения геологоразведочных работ в 2005 году на поднятиях шешминского горизонта. ТГРУ, Казань, 2005 90 с.*
10. 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.
11. Хадеев А.Ф. *Оперативный пересчет запасов сверхвязкой нефти шешминского горизонта Кармалинского и Левобережного поднятий Кармалинского месторождения*. Казань, 2015.
12. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Р.Н., Ибрагимов Р.Л., Покровский В.А., Гилязов Т.Р. *Гидрогеологические условия месторождений тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов*. Казань: Изд-во «Ихлас», 2016. 176 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ
ЗДОРОВЬЯ ПЕРСОНАЛА НА ПРИМЕРЕ РАБОЧЕГО МЕСТА
МАШИНИСТА ГВМ НШПП «ЯРЕГАНЕФТЬ»**

Проанализирован ГОСТ 12.0.230.5-2018 «Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ». На основе данного документа рассмотрен, проанализирован и апробирован матричный метод на рабочем месте машиниста горновыемочных машин.

Ключевые слова: матричный метод, нефтешахта, машинист, горновыемочные машины, оценка риска, здоровье человека, профессиональный риск, управление охраной труда.

A.A. Tsvirkunova, I.V. Klimova

Federal state budgetary educational institution of higher education «Ukhta State Technical University», Ukhta, Russia

**APPLICATION OF THE MATRIX METHOD FOR PERSONNEL
HEALTH RISK ASSESSMENT ON THE EXAMPLE OF THE WORKPLACE
OF THE MDM MACHINIST OF DEPARTMENT OF OIL MINES
«YAREGANEFТ»**

GOST 12.0.230.5-2018 «Methods of risk assessment to ensure the safety of work» is studied. On the basis of this document, the matrix method is considered, analyzed and tested at the workplace of the driver of mining machines.

Key words: matrix method, oil shaft, operator, mining machine, risk assessment, human health, occupational risk, occupational safety management.

Нефтедобывающее предприятие Яреги является потенциально опасным для здоровья рабочего персонала. Оценка рисков на таком предприятии – один из главных элементов системы управления охраны труда.

На сегодняшний день работодатели могут производить оценку рисков сами, либо заказывать на договорной основе, тем не менее вопрос о единой методике остается открытым, так как на законодательном уровне конкретный подход к оценке профессионального риска до сих пор не закреплен [1].

Огромное разнообразие рисков (политических, идеологических, стратегических, финансовых, экономических, экологических, технологических, технических и т.п.), методологических концепций теории риска и методических подходов к анализу и оцениванию рисков не позволили международному сообществу специалистов по безопасности труда прийти в настоящее время к единому понятийно-терминологическому аппарату и единообразно

применяемой концепции оценки риска в сфере безопасности труда и безопасности производства, а также к единому практическому методу оценки риска, основанному на общих теоретических постулатах.

1 июня 2019 года был введен ГОСТ 12.0.230.5-2018 «Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ» [3]. Настоящий стандарт направлен на установление общего методического инструментария по разработке и применению методов оценки риска. В нем учтены практические потребности и современные требования системного управления охраной труда, связанные с унифицированной научной базой для разработки методик оценки риска. В основу стандарта положены успешно применяемые на практике методы оценки риска и он не содержит принципиально новых, не апробированных ранее приемов и методов.

На практике хороших результатов можно достичь при применении матричных методов или методов оценки степени риска, исходя из отдельных оценок возможности (вероятности) и значимости (тяжести) последствий реализации риска:

Методы заключаются в последовательной оценке рисков. В каждом конкретном случае определяется, каким образом то или иное нарушение требований охраны труда может привести к производственной травме или профессиональному заболеванию. Рассматриваются все стадии работ - от процесса подготовки до стадий их завершения.

Матричный метод оценивания степени риска является одним из наиболее распространенных методов. Матрица степени риска или матрица значимости (тяжести) и возможности (вероятности), часто называемая матрицей последствий и вероятностей, является средством объединения качественных или смешанных оценок значимости (тяжести) и возможности (вероятности) реализации риска.

Матричный метод позволяет наглядно показать на плоскости с двумя переменными шкал порядка процесс совокупного оценивания степени риска, использующий формализованные приемы последовательного независимого определения значимости (тяжести) и возможности (вероятности). Совокупное значение степени риска определяется как пересечение «величин» значимости (тяжести) последствий и возможности (вероятности) реализации риска.

Матрицу рисков применяют в качестве средства предварительной оценки, когда выявлено несколько разных рисков и нужно определить какой риск наиболее значим, чтобы расставить приоритеты в управлении рисками. Матрица позволяет наглядно продемонстрировать подходы, используемые при определении допустимости риска, для чего весь интервал возможных степеней риска разбивают как минимум на три зоны.

Используемый в матрице рисков методический прием позволяет производящему оценку риска лицу выделить две крайние зоны риска - существенно большие и пренебрежимо малые степени возможности (вероятности) и степени значимости (тяжести) и тем самым автоматически выявить и среднюю, очень сложную для однозначной оценки зону.

При определении различных зон в матрице риска учитывают, что при увеличении возможности воздействия опасностей либо при увеличении значимости последствий реализации опасностей степень риска растет.

Высокие степени риска, вызванные большой значимостью, но связанные с крайне редко случающимися неблагоприятными событиями, как правило, выявляются с трудом, или не выявляются вообще. Практика показала, что именно они являются крайне опасными и наиболее часто приводящими к неблагоприятным последствиям в силу отсутствия в организации мер по управлению такими вовремя невыявленными рисками.

При определении значимости последствий следует учитывать наихудший потенциально возможный результат воздействия опасности в предположении, что специальные меры безопасности не применяются или существующие меры безопасности не сработали.

В таблице 1 представлена матрица оценки рисков, которая применяется в нефтешахтах. Данная матрица включает в себя значимость последствий и ущерба от опасного события и вероятность события. Значимость отображается цифрами от 0 до 5. Вероятность А, В, С, D, Е.

При возможны следующие вариации для оценки риска:

1. Какой неблагоприятный эффект получают работники (профессионально заболевание), либо несчастные случаи, в том числе и групповые.

2. Насколько можно оценить финансовый ущерб.

3. Ущерб окружающей среде.

4. Ущерб населению, проживающему рядом.

5. Ущерб репутации предприятия.

Это сложная матрица оценки рисков, которая включает в себя все возможные виды ущербов. В качестве риска мы получаем букву и цифру с определенной цветовой заливкой.

Для дальнейшего использования матрицы могут быть дополнительно обозначены с помощью трех цветовых зон: зеленой, желтой, красной.

К зеленой зоне относят пренебрежимо малые риски.

К желтой зоне относят допустимые риски, допускаемые организацией на данном этапе развития науки, техники и технологий с учетом требований национального законодательства, то есть те степени риска, с которыми организация согласилась и приняла на себя. При рисках такой степени имеется возможность допуска работающих к работе, но обязательно при строгом соблюдении установленных регламентов выполнения работ и использования регламентированных мер и средств безопасности, то есть при условии применения специальных мер безопасности.

К красной зоне относят недопустимые риски.

Матрица оценки рисков

		Значимость последствий / ущерба от опасного события					Вероятность / частота опасного события				
		РАБОТНИКИ	ФИНАНСЫ И ИМУЩЕСТВО ОРГАНИЗАЦИИ (МАТЕРИАЛЬНЫЙ УЩЕРБ)	ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА	НАСЕЛЕНИЕ	РЕПУТАЦИЯ	A	B	C	D	E
5	Профессиональные заболевания со смертельным или инвалидным исходом / Групповые смертельные случаи	Свыше \$1 млн.	Воздействие выходит за пределы административных границ региона	Эвакуация населения в сопредельных районах	Очень значительное снижение на международном уровне. Значительные нарушения законодательства, возможно запрещение деятельности	A5	B5	C5	D5	E5	
4	Профессиональные заболевания / Смертельные травмы	От \$500 тыс. до \$1 млн.	Воздействие в административных границах области (региона)	Эвакуация населения отдельных районов	Очень значительное снижение на национальном уровне. Значительные нарушения законодательства, возможно приостановление деятельности	A4	B4	C4	D4	E4	
3	Острые отравления / Тяжелые травмы	От \$100 тыс. до \$500 тыс.	Воздействие в границах санитарно-защитной зоны объекта	Эвакуация населения с непосредственно прилегающей территории	Значительное снижение на региональном уровне. Отдельные нарушения законодательства	A3	B3	C3	D3	E3	
2	Производственно обусловленная общая заболеваемость / Лёгкие травмы	От \$5 тыс. до \$100 тыс.	Воздействие в границах производственной территории объекта	Оповещение о предоставлении и локального убежища	Незначительное снижение.	A2	B2	C2	D2	E2	
1	Увеличение общей заболеваемости Микротравмы	До \$5 тыс.	Воздействие в границах технологической площадки	Местное оповещение	Возможно незначительное снижение	A1	B1	C1	D1	E1	
0	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	A0	B0	C0	D0	E0	

Результаты оценки рисков

Выполняемая работа/операция	Опасности	Риск травмирования/получения профессионального заболевания	
		min	max
Управление горными выемочными машинами	Перегрузка, движущиеся твердые объекты, опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды, отсутствие или недостаток необходимого освещения	E1	E4
Наблюдение за поведением секций	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами, отсутствие или недостаток необходимого освещения	E1	E2
Раскрепление и передвижка опорных балок	Перегрузка, действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых объектов на работающего, опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	E1	E4
Производство различных врубов	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, перегрузка, действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых объектов на работающего	E1	E4

Организация должна сосредоточить свои усилия на управлении рисками красной зоны с целью перевода их в желтую зону при внедрении дополнительных средств и регламентов обеспечения безопасности труда.

Для апробации было взято рабочее место машиниста горновыемочных машин. МГВМ – это работник, машинист, обслуживающий и работающий на подземных машинах, которые разрушают горную массу режущим органом и отгружают ее. В должностные обязанности работника входит [2]:

- управление горными выемочными машинами;
- наблюдение за поведением секций;
- раскрепление и передвижка опорных балок;
- производство различных врубов;
- смазка узлов и деталей;
- проверка состояния оборудования;
- обеспечение правильного направления выемки;
- выявление и устранение неисправностей горных выемочных машин, механизмов и другого оборудования в процессе работы;
- разворот, монтаж, демонтаж, спуск (подъем) и перегон горной выемочной машины в процессе работы.

В таблице 2 представлены некоторые виды работ, которые производит работник МГВМ, выявлены опасности на данном рабочем месте при выполнении работ, риски получились в диапазоне Е1-Е4.

Таким образом можно сделать выводы, что:

1. На законодательном уровне отсутствует единая методика риска.
2. ГОСТ 12.0.230.5-2018 [3] предлагает 16 методов оценки рисков.
3. Наиболее часто используемый и понятным на для понимания самих работников, на производстве, является матричный метод.
4. При оценке профессионального риска на рабочем месте МГВМ выявлено, что риск получения травмы/профессионального заболевания высокий.

Библиографический список

1. Климова, И. В. Анализ современных подходов к оценке риска для здоровья персонала: Монография / И. В. Климова. Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2017. 122 с.

2. Афанасьева, И. В. Комплексная оценка риска для здоровья персонала от воздействия вредных и опасных факторов. Химический фактор: Монография / И. В. Афанасьева. – Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2016. 72 с.

3. ГОСТ 12.0.230.5-2018. ССБТ. Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ.

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Рассмотрены вопросы мониторинга размещения полигонов твердых бытовых отходов с использованием методов дистанционного зондирования Земли и ГИС технологий на основе разновременных изображений.

Ключевые слова: геоинформационные системы, мониторинг, твердые бытовые отходы, данные дистанционного зондирования.

APPLICATION OF SATELLITE DATA FOR MONITORING SOLID DOMESTIC WASTES

The issues of monitoring the placement of solid waste landfills using remote sensing methods of the Earth and GIS technologies based on multi-time images are considered.

Keywords: geographic information systems, monitoring, municipal solid waste, remote sensing data.

Введение

Успешное функционирование и проблема размещения объектов твердых бытовых отходов (ТБО) является одной из важнейших экологических проблем в мире. В Российской Федерации утилизация отходов продолжает оставаться крайне острой. Постановления правительства РФ в решении этой проблемы являются своевременной и необходимой инициативой [5]. Правильность выбора участка размещения полигона твердых бытовых отходов в условиях городской среды и оценка качества его функционирования является важнейшим вопросом городского планирования [1, 6].

Актуальные и современные методы дистанционного мониторинга полигонов твердых бытовых отходов, в комплексе с наземной оценкой имеют большее практическое значение. Применение спутниковых данных среднего и высокого разрешения в комплексе с геоинформационными технологиями позволяют создавать готовые картографические продукты, которые широко применяются для решения задач, связанных с оценкой состояния площадей размещения отходов и их управлением на урбанизированных территориях» [2, 3]. Источниками образования ТБО на территории Республики Татарстан являются организации, промышленные предприятия, население, объекты инфраструктуры.

На объемы образования отходов влияет плотность населения, которая превышает среднероссийский показатель в три раза. Таким образом, актуальность работы связана фактической оценкой участка, выбранного ТБО, определением основных пространственных характеристик полигонов и оценкой их влияния на компоненты ландшафта прилегающей территории с использованием спутниковых снимков среднего и высокого пространственного разрешения [4].

Материалы и методы

Объектом исследования явились полигоны размещения ТБО на территории г. Казани, Республики Татарстан (рис. 1).

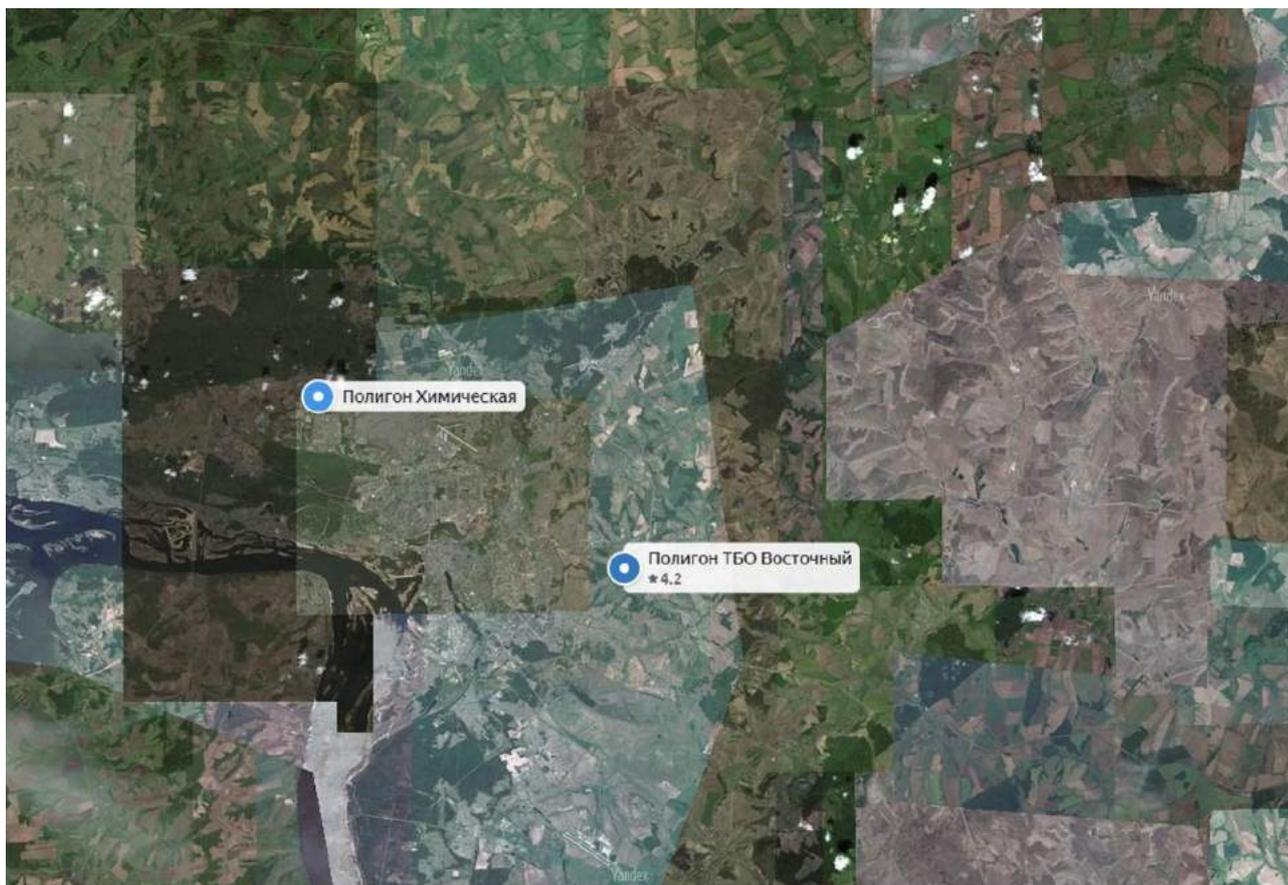


Рис. 1. Полигоны ТБО г. Казани ТБО Химический и ТБО Восточный (Ресурс Yandex)

Целью работы явилось проведение пространственного анализа объектов размещения ТБО на территории г. Казани с использованием спутниковых снимков и ГИС-технологий. Для достижения данной цели были использованы спутниковые изображения Landsat 8 и Sentinel 2 за летний период времени с пространственным разрешением 30 и 10 м, соответственно, полученные с ресурсов NASA и ESA (Европейское космическое агентство), (рис. 2).



Рис. 2. Наложение на снимок, а - Sentinel-2 снимков б - Landsat -8, с полным покрытием территории расположения оцениваемых объектов ТБО

Работа основывалась на комплексном использовании дистанционных, полевых и камеральных методов исследований для выявления участков складирования твердых бытовых отходов. Были использованы методы дешифрирования и пошаговой классификации спутниковых снимков, а также пространственного анализа с применением программ ENVI и ArcGIS.

Результаты обработки спутниковых данных

В результате предварительной обработки спутниковых данных и последующей классификации изображений Landsat-8 с помощью неуправляемой классификации IsoData (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique), а также управляемой классификации для Sentinel-2 были созданы тематические карты на территорию исследования и выделен единый тематический слой объектов ТБО (рис. 3).

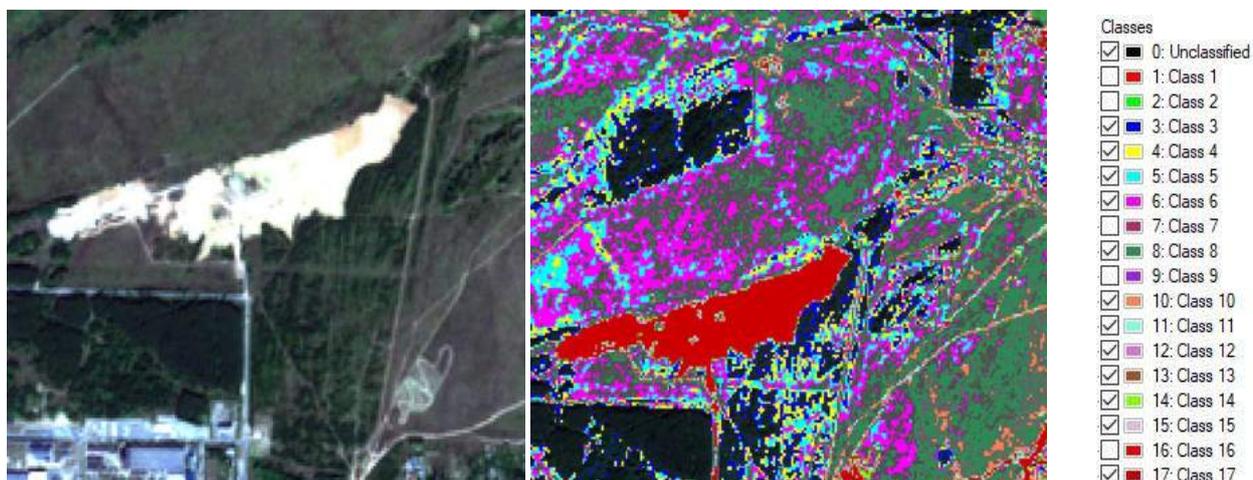


Рис. 3. Результаты классификации изображения Sentinel-2 на примере ТБО Химический. Исходный фрагмент RGB естественные цвета (слева), результат классификации – тематическая карта (справа, фрагмент). Слой ТБО – тематический класс №17

Заключение

В результате, были выделены тематические классы наземного покрова, по которым, используя экспертный анализ, определялись участки территории ТБО Химический и ТБО Восточный.

Для непрерывного контроля за динамикой структуры объектов ТБО необходимо использование комплексного анализа спутниковых данных разного пространственного и временного разрешения как Landsat-8, так и Sentinel-2, что позволит существенно увеличить качество проводимого мониторинга оцениваемых объектов ТБО.

Результаты картографирования объектов ТБО по спутниковым данным могут быть использованы для проведения многофакторного анализа при экологической оценке степени влияния объекта на окружающую территорию.

Библиографический список

1. Абросимов Н.Ш. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов // *Геоматика*. 2013. № 1. С. 68-74.
2. Гарифзянов Р.Д., Батракова Г.М. Идентификация и оценка экологического состояния территорий размещения отходов методом дешифрирования космических снимков // *Вестник ПНИПУ, Прикладная экология. Урбанистика*. 2014. № 3. С. 86-95.

3. Липилин Д.А. Распределение и динамика объектов размещения твердых бытовых отходов на территории Краснодарского края // Географические исследования Краснодарского края: сб. науч. тр. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2012. Вып.7. С.12-33.

4. Мутугуллина И.А. Ахмедзянова Ф.К. Комплексный подход к решению проблемы твердых бытовых отходов (ТБО) // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №9. С. 246-250.

5. Постановление Правительства РФ от 22 сентября 2018 г. № 1130 [Electronic resource] URL: <http://www.solidwaste.ru/docs/view/1205.html>.

6. Shoba B., Rasappan K. Application of GIS in Solid Waste Management for Coimbatore City // International Journal of Scientific and Research Publications. 2013. Volume 3, Issue 10. P. 2250-3153.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY

УДК 551.4.08

Н.Л. Батьянова

ООО «Геосервис», г.Кстово, Нижегородская область, Россия

ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ ПОЧАИНСКОГО ОВРАГА В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ

Выполнена характеристика оползневых процессов в районе крупного Почаинского оврага в г.Нижний Новгород в связи с планируемой застройкой. Показаны основные факторы образования оползней. Рассмотрена методология прогнозирования оползней, выделены вероятностные и детерминированные методы. На основе инженерно-геологических изысканий сделан прогноз устойчивости склонов Почаинского оврага.

Ключевые слова: оползни, факторы образования, прогноз, устойчивость склонов, Почаинский овраг, Нижний Новгород

N.L. Batyanova

LLC «Geoservice», Kstovo, Nizhny Novgorod region, Russia

FORECAST OF STABILITY OF THE SLOPES OF POCHAINSKAYA GORGE IN Nizhny Novgorod FOR CONSTRUCTION DEVELOPMENT

The characteristics of landslide processes in the area of a large Pochain ravine in the city of Nizhny Novgorod in connection with the planned development are fulfilled. The main factors of landslide formation are shown. The landslide forecasting methodology is considered, probabilistic and deterministic methods are identified. Based on engineering and geological surveys, a stability forecast for the slopes of the Pochain ravine is made.

Key words: landslides, formation factors, forecast, slope stability, Pochain ravine, Nizhny Novgorod.

Введение

Ежегодно оползни и процессы с ними связанные наносят территории России огромный социальный, экономический и экологический ущерб, не сопоставимые со средствами, затрачиваемыми на защитные сооружения и мероприятия. Целью прогноза оползневых процессов является определение пространственно-временных характеристик возможных деформаций склонов и степени их опасности для хозяйственных объектов.

Целью работы является прогнозирование оползневых процессов в связи с планируемой застройкой Почаинского оврага в г.Нижний Новгород.

В работе использованы материалы отчетной документации по выполненным ООО «Геосервис» и ООО «Геосервис-Кста» инженерно-геологическим изысканиям, в которых автор принимал непосредственное участие [12 и др.].

Основные факторы образования оползней

Среди факторов образования оползней на территории Нижегородской области выделяют прежде всего геологические факторы (литология, геодинамика, грунтовые воды), физико-географические (характер рельефа, интенсивные осадки, таяние снега, приводящие к большому поверхностному стоку). Однако главной причиной образования оползней в городской среде является антропогенный фактор.

При проведении инженерно-геологического изучения и истории развития Почаинского обрага были установлены основные оползнеобразующие факторы [1]:

- 1) предельная крутизна и высота откоса;
- 2) наличие в нижней части откоса прослоя твердой глины пониженной прочности, послужившей зоной скольжения;
- 3) интенсивное выветривание крутого неодернованного склона откоса и возрастание в связи с этим трещиноватости слагающих склон пород, увеличение степени влажности глинистых разностей этих отложений, и, как следствие, понижение их прочностных свойств с появлением (или увеличением) до предельных значений величин напряжений в массиве склона;
- 4) увеличение нагрузок в основании склона за счет дополнительного увлажнения пород приповерхностной зоны, вызванного устойчивыми оттепелями в зимний период;
- 5) снижение степени устойчивости откоса из-за возрастания совместного действия гидростатического и гидродинамического давления вследствие резкого повышения уровней подземных вод;
- 6) падение длительной прочности глин пермских отложений в основании склона в результате изменения их свойств после разгрузки от вышележащих пород в результате выемки последних по трассе съезда.
- 7) влияние геодинамической (неотектонической) активности [6-11].

Методология прогнозирования оползней

Гулакяном К.А., Кюнтцелем В.В. и Постоевым Г.К. [2] была предложена иерархическая классификация методов прогнозирования оползневых процессов. Авторы выделяют две основные группы методов – региональные и локальные. Каждая из групп по форме представления результатов прогноза делится на два типа – качественное и количественное. В зависимости от методологии подхода количественные методы разделяются на два класса – вероятностные и детерминированные [4].

Вероятностное прогнозирование

Вероятностное прогнозирование проведен методом индикаторов (симптомов). Метод индикаторов основан как на наблюдении за прямыми

признаками оползневого процесса: наличие трещин закола, наличие «пьяного леса», избыточное увлажнение склона, использование геоботанических индикаторов.

Там, где происходит отрыв массы пород, образуется серия концентрических трещин, ориентированных вдоль склонов. Сползание пород приводит к бугристости склонов, особенно в их нижней части. За счет давления сползающих пород у подошвы склонов формируются валы выдавливания. Между валами и буграми при определенных условиях скапливаются поверхностные и подземные воды. Это вызывает заболоченность склонов. При активном сползании на склонах хорошо видны смещенные земляные массы и террасовидные уступы (рис. 1).



Рис. 1. Бугристость склонов в нижней части со скоплением поверхностных вод. Почаинский овраг (зима, 2019 г.)

Очень часто внешним признаком оползней является так называемый «пьяный лес» и разорванные стволы деревьев. За счет сползания пород стволы деревьев теряют свою вертикальность, а иногда даже расщепляются. На оползневых склонах можно наблюдать разрушенные дома или здания с значительными трещинами (рис. 2).

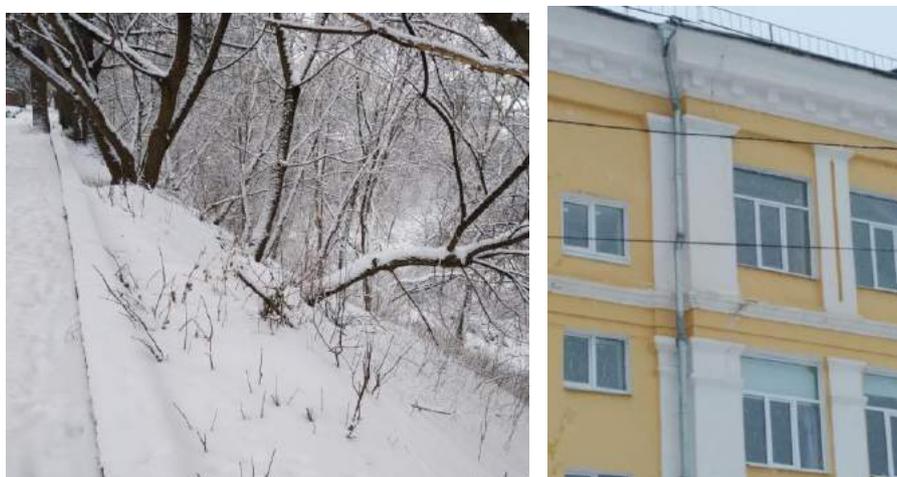


Рис. 2. «Пьяный лес» и трещины в здании школы №113

Детерминированное прогнозирование

Оценка устойчивости склона – это оценка возможности образования и распространения оползней при инженерно-геологических условиях, а также нагрузках, существующих в момент выполнения изысканий, на оползневых склонах.

Прогноз устойчивости - это оценка возможности образования активных оползней на рассматриваемых склонах, с учетом изменений природных условий и нагрузок на склон с течением времени, либо оценка степени распространенности оползней на территориях, с известной характеристикой инженерно-геологических условий, для которых ранее не выполнялась оползневая съемка.

Емельяновой Е.П. был предложен *сравнительный метод оценки устойчивости склонов или метод аналогий*. Он основан на сравнении между собой различных склонов и их основных характеристик, оказывающих влияние на устойчивость. Характеристики и устойчивость изучаемого склона при этом сравниваются с уже изученными склонами. В качестве основного сравниваемого показателя наиболее рационально принимать крутизну склона. Следующим по значимости фактором, влияющим на устойчивость склона, отмечено геологическое строение склона, так как при одинаковом значении крутизны в различных геологических условиях не всегда создаются условия для нарушения устойчивости [3].

Механико-математические методы расчета устойчивости склонов являются наиболее распространенными. В расчетных схемах методов учитываются многообразие типов оползней, используются схемы, связанные с формой поверхности смещения и расположения зон ослабления, определяется коэффициент устойчивости склона. Существует большое количество методов прогнозной оценки устойчивости склонов, основанных на гипотезе формирования круглоцилиндрической поверхности скольжения: Терцаги К., Иванова А.И., Тэйлора Д., Крея-Бишопа, Чугаева Р.Р., Федорова И.В. и др. Широко применяется метод Соколовского В.В., базирующийся на гипотезе предельного напряженного состояния всего смещающегося массива, а также метод равнопрочного откоса Маслова Н.Н.

Для локальной оценки и прогноза устойчивости склонов количественными методами, как правило, решается плоская задача, в рамках которой рассматривают условия равновесия массива горных пород шириной 1м (с вертикальными, боковыми гранями), условно «вырезанного» из массива склона по направлению ожидаемого оползневого смещения (силы, действующие по боковым граням, при решении задачи не учитываются). Объемную задачу решают с целью определения условий равновесия по всей массе оползня, к этому прибегают крайне редко, как правило, для отдельных объектов высокой капитальности, преимущественно путем решения плоской задачи для отдельных участков оползня с последующим суммированием полученных результатов для всего объема оползня.

Для расчета коэффициента устойчивости существует ряд методов, приведенных в рекомендациях по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления [13].

В данной работе применены методы:

- Метод построения равнопрочного откоса Н.Н. Маслова.
- Метод круглоцилиндрической поверхности скольжения.

При использовании вышеперечисленных методов в сейсмически активных районах, необходимо учитывать сейсмические воздействия. Согласно СП 14.13330.2018 в соответствии с картой А (массовая застройка) общего сейсмического районирования территории РФ (ОСР-97), утверждённых Российской Академией наук, сейсмичность участка составляет менее 6 баллов, следовательно $\mu=0$ и $Q_{ci}=0$.

Метод построения равнопрочного откоса Н.Н. Маслова.

Наблюдения за очертаниями достаточно стабильных природных склонов и откосов показывают, что характер их образующей в значительной степени определяется разновидностью грунта и его прочностными характеристиками. Для рыхлых песчаных или любых других сыпучих грунтов образующая так называемого естественного откоса является прямой линией, наклоненной к горизонту под углом $\alpha = \varphi$.

В случае если грунт, не сыпучий, а связный и обладает кроме угла трения тем или иным сцеплением C_w , то обычно природный склон или откос приобретает четко выраженное криволинейное очертание с очень пологим основанием и достаточно крутым, почти вертикальным, верхним уступом.

Сопrotивляемость сдвигу связного грунта выразится зависимостью:

$$S_p = ptg\varphi + C \quad (1)$$

Далее, используя график на оси абсцисс отложим три значения нормального напряжения p_1, p_2 и p_3 которым на оси ординат соответствуют три значения сопротивляемости сдвигу: sp_1, sp_2, sp_3 . Соединим начало координат с точками на графике функции $S_p = f(p)$. Тогда между этими лучами и осью абсцисс получим три различных угла: $\Psi_{p1}, \Psi_{p2}, \Psi_{p3}$. С увеличением нормального напряжения при сдвиге угол уменьшается. Этот угол принято (Н. Н. Маслов, 1949 г.) называть *углом сопротивления сдвигу* и обозначать Ψ_p подчеркивая его зависимость от нормальных напряжений p . Определим его значение:

$$F_p = S/p = tg\Psi_p + C/p \quad (2)$$

Отсюда следует, что

$$\Psi_p = arctg(tg\varphi + C/p) = arctg F_p \quad (3)$$

Во многих случаях построение равнопрочного откоса графическим методом Маслова с использованием графических приемов оказывается предпочтительным, особенно при пластовом строении толщи. Построение выполняется в следующем порядке. Откос разделяется по высоте на ряд расчетных слоев с подошвой на глубинах $z_1, z_2 \dots z_n$ от поверхности толщи. Далее для каждого из этих горизонтов по выражению находят значение угла

сопротивления сдвигу Ψ_p и определяют соответствующие найденным значениям углов сопротивления сдвигу величины углов откоса α_z (рис. 3).

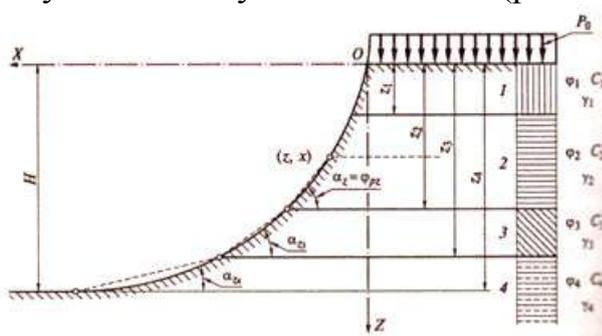


Рис. 3. Построение равнопрочного откоса методом Н.Н. Маслова

Построение откоса начинается с нижней его точки для $z = H$, где H - полная высота откоса. Здесь откладывают отвечающий данному горизонту угол α_{z4} и продолжают определяющую его линию до пересечения со следующим горизонтом на глубине z_3 . Полученные точки пересечения расчетных горизонтов с линиями, определяющими углы откосов, соединяют плавной кривой. На этом построение равнопрочного откоса графическим методом заканчивается.

Расчет методом круглоцилиндрической поверхности скольжения

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения широко применяется на практике для оценки устойчивости откосов насыпей и естественных склонов и является наиболее распространенным из методов расчета. Метод основывается на опытных данных о форме поверхностей скольжения при оползнях вращения, при этом самое невыгодное их положение определяется расчетом.

Задача расчета заключается в определении коэффициента устойчивости природного склона или откоса насыпи для наиболее опасной поверхности скольжения [3, 14, 15].

При крутизне откоса больше предельной происходит обрушение его части по поверхности, которую без большой погрешности можно принять за круглоцилиндрическую с радиусом R (рис. 4).

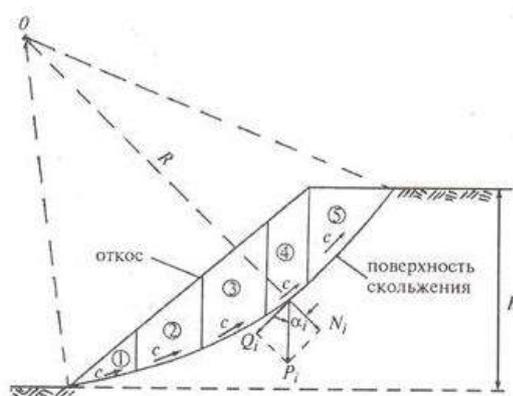


Рис. 4. Круглоцилиндрическая поверхность склона радиусом R

Считая задачу плоской, толщина расчетного откоса по направлению его протяженности принимается 1 м. На плоскости чертежа след поверхности скольжения имеет вид части окружности радиуса R с центром в точке O .

Степень устойчивости откоса оценивается по величине коэффициента, представляющего собой отношение суммы моментов сил (относительно центра в точке O), удерживающих призму обрушения в устойчивом состоянии – $M_{уд}$, к сумме моментов сил, вызывающих потерю устойчивости призмы обрушения – $M_{вр}$:

$$K_{зап} = \Sigma M_{уд} / \Sigma M_{вр} \quad (4)$$

Для обеспечения устойчивости склона или откоса необходимо, чтобы коэффициент запаса устойчивости $K_{уст}$ был больше 1.

Решение задачи осложняется неопределенностью положения центра вращения $O_{мин}$ для которого значение коэффициента запаса $K_{зап}$ будет иметь минимальное значение из всех возможных значений.

Положение центра наиболее опасной поверхности скольжения, которое зависит от двух переменных – сцепления c и угла внутреннего трения φ , связанных одним уравнением, может быть найдено только путем подбора. В результате исследований установлен ряд правил по отысканию наиболее опасного центра поверхности скольжения. В начале находят центр наиболее опасной дуги скольжения в предположении, что грунт обладает только сцеплением, путем построения точки пересечения двух лучей, проведенных от верхней от верхней и нижней кромок откоса под углами β_1 и β_2 (рис.5). Значения углов приведены в табл. 1.

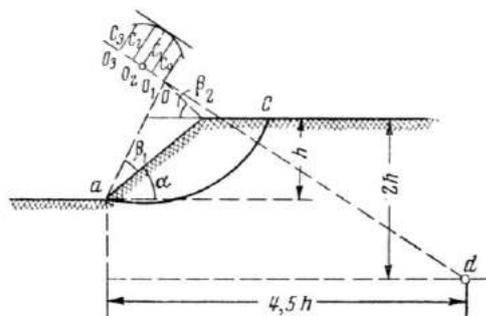


Рис. 5. Определение центра наиболее опасной дуги скольжения

Таблица 1

Значения углов β_1 и β_2

Уклон откоса	β_1 (град.)	β_2 (град.)
1,73:1	29	40
1:1	28	37
1:1,5	26	35
1:2	25	35
1:3	25	35
1:5	25	37

Построенные для различных углов откоса линии центров поверхностей скольжения проходят через точку O и точку d , расположенную на глубине $2h$ под верхней горизонтальной поверхностью откоса и на расстоянии $4,5h$ вправо от нижней бровки откоса. Центры вращения, соответствующие различным значениям коэффициента внутреннего трения грунта, будут располагаться по линии, соединяющей точки O и d за точкой O . Приблизительно линию Od можно заменить прямой, наклоненной под углом $\beta=36^\circ$ к горизонту. Далее на линии центров Od намечается на одинаковом расстоянии друг от друга ряд положений центров O_1, O_2 и т.д. Принимая каждую точку за центр возможной дуги скольжения, строят соответствующие линии скольжения и для каждого клина сползания по формуле определяют сцепление, необходимое по условию предельного равновесия, для чего производят построение (рис.5). Опаснейшей поверхностью скольжения будет та, при которой для равновесия требуется наибольшая величина сцепления.

Для определения коэффициента запаса устойчивости призма обрушения разбивается на ряд блоков с соблюдением ряда правил:

- поверхность скольжения в пределах одного блока должна находиться в грунте одного типа и состояния;
- вертикальные границы между смежными блоками должны проходить через точки перелома очертания откосной линии (если поверхность откоса имеет сложное очертание);
- целесообразно при разбивке призмы обрушения на расчетные блоки ширину блоков принимать одинаковой.

Вес каждого блока P_i определяют как:

$$P_i = \gamma_i S_i l \quad (5)$$

где γ_i - удельный вес грунта в пределах блока, кН/м^3 ;

S_i - площадь i -го блока, определяется как площадь трапеции или треугольника, м^2 ; l - толщина i -го блока, равна $1,0$ м.

Вес каждого блока P_i раскладывается на нормальную N_i и касательную Q_i составляющие, приложенные в точке пересечения линии действия силы тяжести с поверхностью скольжения:

$$N_i = P_i \cos \alpha_i \quad (6)$$

$$Q_i = P_i \sin \alpha_i \quad (7)$$

где α_i - угол между направлением нормали к поверхности скольжения i -го блока (в точке пересечения линии действия силы тяжести и поверхности скольжения) и линией действия силы тяжести (веса) i -го блока.

Сила сопротивления сдвигу по поверхности скольжения в пределах i -го блока, обусловленная внутренним трением, определяется по формуле:

$$T_{1i} = N_i \operatorname{tg} \varphi_1 = P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_1 \quad (8)$$

Сила сопротивления сдвигу по поверхности скольжения в пределах блока, обусловленная действием сцепления с грунта:

$$T_{2i} = c_1 l_i \quad (9)$$

Где l_i - длина дуги поверхности скольжения в пределах расчетного блока (принимается по хорде).

$$\text{Тогда} \quad K_{\text{зап}} = \frac{\sum P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + \sum c_i l_i}{\sum P_i \sin \alpha_i} \quad (10)$$

Этот метод весьма распространен в строительной практике и применяется с помощью самых различных приемов. Поэтому существует большое количество названий рассматриваемого метода и его разновидностей: шведский метод отсеков, метод В. Феллениуса, шведский метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, метод Терцаги, метод Терцаги-Крея, метод Петтерсона, метод вертикальных элементов, метод Иванова-Тейлора, метод Свена Гультена, метод весового давления и т.д.

Подробный вывод окончательных формул для определения коэффициента устойчивости методом цилиндрических поверхностей приведен у многих авторов. Поэтому здесь они приведены без выводов.

При отсутствии грунтовых вод

$$K_y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \sin \alpha_i + Q_{ci})} \quad (11)$$

При простом затоплении откоса

$$K_y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (P_{\text{в}i} \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_{\text{в}i} + c_{\text{в}i} l_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_{\text{в}i} \sin \alpha_i + Q_{ci})} \quad (12)$$

При воздействии на откос фильтрационного потока:

$$K_y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (P_{\text{в}i} \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_{\text{в}i} + c_{\text{в}i} l_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \sin \alpha_i + Q_{ci})} \quad (13)$$

Основные результаты расчета устойчивости склонов

На развитие оползневых процессов также оказывает значительное воздействие техногенная нагрузка. Относительно благополучная обстановка в районе оврага до настоящего времени связана с отсутствием больших объемов земляных и строительных работ на участке и относительно небольшой техногенной нагрузкой на прилегающей территории (1-2этажные жилые дома, сараи, гаражи, стадион).

По результатам расчета устойчивости склона по методу F_p (Н.Н.Маслова) на расчетных створах построены профили равноустойчивого откоса при коэффициентах безопасности $K=1$ и $K=1,2$ и определена линия приближения застройки на карте фактического материала (рис. 6).

Коэффициент запаса устойчивости склона методом круглоцилиндрической поверхности (рис.7) составляет:

- с учетом параметров при природной влажности и плотности 0,57-0,88;
- с учетом параметров при увлажнении и трещиноватости по ослабленным зонам 0,46-0,66.



Рис. 6. Карта фактического материала инженерно-геологических изысканий Почайнского оврага

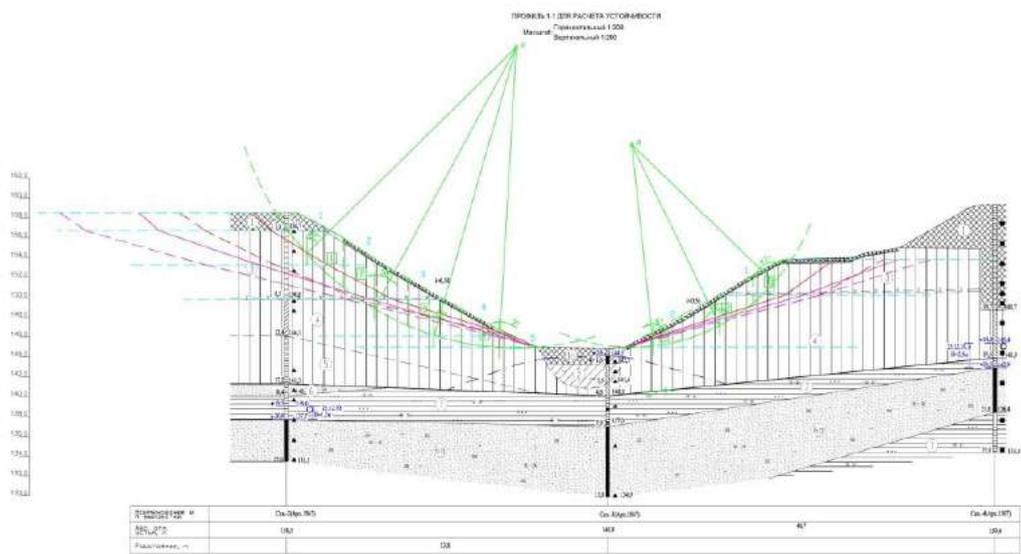


Рис. 7. Геологический разрез Почайнского оврага

Хотя в основу объемно-планировочного решения застройки заложено несколько положительных принципов (урбанизация оврага, создание плотной жилой застройки с разделением по уровням разных функций), но все же Почаинский овраг – ключевой элемент исторической среды со сложными природными и геологическими условиями. На территорию оврага должна распространяться государственная охрана, и хозяйственная деятельность в нем, согласно законодательству об охране объектов культурного наследия, должна быть резко ограничена. В настоящее время по всей России реализуется федеральная программа, в рамках которой на создание комфортной городской среды выделяются существенные средства, которые можно было бы направить для создания в Почаинском овраге зоны отдыха, чтобы этой территорией как рекреационным ресурсом, ежедневно пользовались десятки тысяч человек.

Выводы и рекомендации по повышению устойчивости склонов

Современное активное освоение ранее пустовавших площадей, входящих большей частью в оползневую зону, усиливает нагрузку на склоны, и в целом ухудшает оползневую обстановку. Хозяйственное использование этих территорий и строительство сооружений на них нельзя проводить без учета особенностей деформирования грунтовых массивов в указанных зонах.

Учитывая сложность решаемых задач, для освоения оползневых территорий необходима организация и ведение мониторинга напряженно-деформированного состояния грунтового массива на всех этапах ведения работ, в том числе для контроля эффективности и корректировки защитных мероприятий.

Действующая система противооползневых и берегоукрепительных сооружений в Почаинском овраге построена более 45 лет тому назад. Степень благоустройства оврага весьма различна на всем его протяжении. Сооружения инженерной защиты все более ветшают, что приводит к нарушению устойчивости склонов и появлению вновь оползней на участках, долгое время остававшихся относительно спокойными.

Даже при отсутствии на участках строительства оползневых деформаций в текущий момент необходимо оценить возможное изменение устойчивости склона при проведении строительных работ или эксплуатации возведенных сооружений в случае возникновения условий формирования или активизации оползней. Изменение исходной обстановки может быть вызвано естественным ходом событий (снижение прочности грунтов в процессе до предельного деформирования, завершение оползневого цикла, выпадение аномального количества атмосферных осадков и др.) или техногенным воздействием (утечки из водопроводящих коммуникаций, подрезка склона, планируемое строительство и др.).

Борьба с оползнями во многих случаях оказывается чрезвычайно сложной, дорогостоящей и зачастую неэффективной. Для успешного применения противооползневых мероприятий необходимо высококачественное выполнение инженерно – геологических изысканий для оценки фактической

степени устойчивости склона. Установление природы возможных форм нарушения устойчивости склона и разработку рациональных расчетных схем.

Одним из наиболее эффективных способов повышения устойчивости откосов и склонов является их выполаживание или создание уступчатого профиля с образованием горизонтальных площадок (берм) по высоте откоса. Однако это всегда связано с увеличением объемов земляных работ.

Важнейшим мероприятием является регулирование гидрогеологического режима откоса или склона. С этой целью сток поверхностных вод перехватывается устройством нагорных канав, отведением воды с берм. Поверхностные воды отводятся канавами, подземные – штольнями или горизонтальными скважинами. При необходимости разрабатываются сложные конструктивные мероприятия потенциально неустойчивого массива грунтов системой забивных или набивных свай, вертикальных шахт и горизонтальных штолен, заполненных бетоном. Используется также анкерное закрепление неустойчивых объемов грунта, во взаимодействии с подпорными стенками или свайными конструкциями. Сползающие грунты укрепляют сваями, расположенными в шахматном порядке, проводят искусственное замораживание грунтов, высаживают растительность на склонах. Несмотря на дороговизну этих мероприятий, их осуществление дешевле, чем ликвидация последствий произошедшей катастрофы. Действующие оползни запрашивают применения противооползневых мероприятий. Выбор того или иного мероприятия или комплекса мероприятий зависит от причины, которая порождает данный оползень.

Механическое крепление склона связано с устройством одиночных прищипливающих элементов в виде свай различного типа, проходящих сквозь оползень в коренные породы или рядов в виде шпунтовых стенок, инъекционных и мерзлотных завес. Подпорные сооружения предусматривается возводить в виде шпунтовых стенок, стен из свай – оболочек большого диаметра, а так же в виде упорных валов из грунта, каменной наброски, массивов – гигантов.

Не решенной во многих аспектах остается проблема повышения ответственности организаций и частных лиц за нарушение режима использования склонов и их активного участия в обеспечении противооползневой безопасности.

Библиографический список

1. Батъянова Н.Л. Потенциально опасные оползневые зоны в г. Нижний Новгород // *Инженерная геология, геодинамика и геологическая безопасность сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. С.142-153.*

2. Гулакян В.В., Кюнцель Г.П., Постоев К.А.. *Прогнозирование оползневых процессов. М.: Недра, 1977. 135 с.*

3. Емельянова, Е.П. *Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972. 310 с.*

4. Карпов Б.Н., Инженерная защита города Горького. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1979. 191 с.
5. Копосов Е.В., Хромова Т.С. Мониторинг экзогенных геологических процессов при экологически безопасном строительном освоении территорий. Нижний Новгород.: ННГАСУ, 2009. - 188 с.
6. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
7. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
9. 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.
10. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
11. 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.
12. Мазунова Т.М., Батьянова Н.Л. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий. 8-ми этажный многоквартирный жилой дом (№ 6 по генплану) с подземной автостоянкой (вторая очередь строительства) по пер. Плотничный в Нижегородском районе г. Нижнего Новгорода. ООО «Геосервис-Кста». Кстово, 2018.
13. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1986.
14. Цытович Н. А. Механика грунтов. М.: 1963.
15. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для обоснования противооползневых мероприятий на участке Окского склона от Комсомольского съезда до Почаинского оврага в г. Горьком. Гипрокоммунстрой. Москва. 1965.

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮГО-ЗАПАДА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Проведен анализ геокриологических условий юго-запада Восточной (Средней) Сибири в пределах Байкитской антеклизы, крупной геологической структуры, которая в последние годы активно изучается и осваивается в связи с разработкой нефтегазовых месторождений. Выполнены ландшафтно-индикационные исследования, геокриологическое картирование, геотемпературный мониторинг скважин. Изучены распространение многолетнемерзлых пород, температурный режим, динамика сезонного промерзания и оттаивание грунтов. Проведена типизация сезонного промерзания и оттаивания грунтов. Рассмотрены геокриологические процессы и сделан инженерно-геокриологический прогноз развития геологических процессов при освоении территории.

Ключевые слова: геокриология, ландшафтно-индикационные исследования, геокриологическое картирование, геотемпературный мониторинг скважин, геокриологические процессы, инженерно-геокриологический прогноз, Восточная Сибирь, Байкитский регион.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS OF THE SOUTH-WEST EASTERN SIBERIA

The analysis of the geocryological conditions of the South-West of Eastern (Middle) Siberia within the The Baikit antecline, a large geological structure that has been actively studied and developed in recent years in connection with the development of oil and gas fields. Landscape and indication studies, geocryological mapping, and geotemperature monitoring of wells were performed. The distribution of permafrost rocks, the temperature regime, the dynamics of seasonal freezing and thawing of soils were studied. The typification of seasonal freezing and thawing of soils was carried out. Geocryological processes are considered and an engineering-geocryological forecast of the development of geological processes in the development of the territory is made.

Key words: Geocryology, landscape-indication studies, geocryological mapping, geotemperature monitoring of wells, geocryological processes, engineering-geocryological forecast, Eastern Siberia, Baikit region.

Введение

Многолетнемерзлые породы (ММП) или вечная мерзлота – это мерзлые горные породы, характеризующиеся отрицательной или нулевой температурой, содержащие в своем составе лед и находящиеся в таком состоянии в течение многих лет и веков. Это общее определение в том или ином виде разделяют большинство мерзловедов (М.И. Сумгин, Н.И. Толстихин, Н.А. Цитович, Б.Н. Достовалов, В.А. Кудрявцев, Н.А. Вельмина, В.М. Максимов и др.).

Ведущими факторами формирования многолетнемерзлых пород являются: 1) физико-географические факторы: температурный режим, снежный и растительный покров, рельеф, влажность и льдистость грунтов, их фильтрационная способность, засоленность и заболоченность грунтов, режим поверхностных вод; 2) геологические факторы: геодинамические (неотектонические) и геохимические процессы, 3) гидрогеологические факторы: распространение и динамика подземных вод; 4) антропогенные факторы.

Цель исследований – анализ геокриологических условий юго-запада Восточной Сибири в пределах Байкитской антеклизы, крупной геологической структуры, которая в последние годы активно изучается и осваивается в связи с разработкой нефтегазовых месторождений.

Объект исследований – природная среда Байкитского региона (бассейн рек Подкаменной Тунгуски и Ангары). Предмет исследований – геокриологические (мерзлотные) условия, включающие в себя особенности мерзлых горных пород, их распространение, состав и строение, тепловые процессы в них и их температурное состояние, физико-механические и другие свойства, историю и закономерности развития.

Методы исследований

Геокриологические условия изучаются комплексом ландшафтно-индикационных исследований, картирования, геотемпературного мониторинга скважин и др. исследований ММП. Основным методом в практике геокриологического картирования является *метод ландшафтной индикации*. Суть его заключается в использовании внешнего облика ландшафта (микро и мезорельефа, растительности и др.) для изучения его мерзлотно-гидрогеологической характеристики. В основе ландшафтно-индикационных исследований лежит представление о том, что все элементы природной обстановки в пределах генетической однородной части земной поверхности находятся в тесной взаимосвязи, образуя единое природное целое, именуемое природно-территориальным комплексом [13].

В качестве криогенных индикаторов используются, как отдельные компоненты ландшафта, так и их совокупности. Наиболее четким, а поэтому удобным из частных индикаторов мерзлых пород является растительность. Как установили А.П. Тыртыков [14] и С.В. Викторов [2, 3], растительный покров – надежный показатель многолетнемерзлых пород, а индикационная геоботаническая рекогносцировка местности, в совокупности с широким использованием аэрокосмометодов является простейшим методом индикационных географических исследований для гидрогеологических, геокриологических и инженерно-геологических целей.

Первые карты распространения мерзлых пород в южной части Восточной (Средней) Сибири были составлены В.В. Гогичашвилли (1976) и М.М. Шацем (1980) в масштабе 1:2 500 000, где показаны участки речных долин и их склонов, условно отнесенные к зонам распространения многолетнемерзлых пород, и участки водораздельных пространств, условно сезонно-мерзлые, что, в общем, было очень схематично.

В 90-х гг. XXв. В Байкитском регионе ландшафтно-индикационные исследования выполнялись Северной ГПП ГПП «Енисейнефтегазгеология» при проведении мерзлотно-гидрогеологической съемки и геоэкологическом картографировании (И.С. Копылов, А.П. Баландин и др.). Проведены полевые исследования территории с применением ландшафтно-индикационного дешифрирования и бурения геотермических скважин на ключевых участках (участки в районах устьев рек Сумумы, Малого Юрубчена, Манкуры, Сыгаро, Кумонды). Использовались спектрзональные космические снимки масштаба 1:200 000 и аэрофотоснимки масштаба 1:50 000. На них хорошо отразились участки с повышенной обводненностью, обусловленной близким залеганием грунтовых вод. В результате комплекса геокриологических исследований проведена дифференциация природно-территориальных комплексов по типологическому принципу, выделены геоботанические ассоциации, являющиеся индикаторами мерзлого или талого состояния пород. Впервые для центральных районов Красноярского края была построена ландшафтно-индикационная схема масштабов 1:500 000 и 1:200 000 и на ее основе с учетом комплекса геокриологических данных – геокриологическая схема этих масштабов. В дальнейшем, геокриологические исследования проводились эпизодически. В 2013 г. автором составлена монография [5], в которой были систематизированы данные по геокриологическим условиям Байкитского региона.

Распространение и характеристика многолетнемерзлых пород

Рассматриваемая территория входит в южную геокриологическую зону, южно-континентальную подзону по С.М. Фотиеву и др. [12, 15] и характеризуется преимущественно островным и прерывистым характером распространения многолетнемерзлых пород. Изменение мерзлотной обстановки в пределах региона юга Восточной (Средней) Сибири происходит, главным образом, с юго-запада на северо-восток и отражает сочетание двух основных закономерностей природной среды – широтной зональности и меридиональной секторности, а также высотной поясностью [10] (рис. 1).

Геокриологическая обстановка рассматриваемой территории, в силу ее относительно небольших размеров, не имеет четко выраженных пространственных закономерностей. Вертикальная геокриологическая стратификация, согласно классификации П.Н. Лугового [11], предложившего вертикальную трехпоясную структуру охлаждения земной коры для континентального типа теплообмена, несмотря на относительно небольшие высотные превышения территории, находит более четкое выражение. Выделяются два геокриологических пояса – нижний, с преобладанием холодолюбивых типов растительности и средний (переходный) с более теплолюбивой растительностью.

Геокриологический комплекс многолетнемерзлых пород территории относится преимущественно к долинному типу. Наиболее характерными орографическими элементами для них являются заторфованные и заболоченные долины рек, днища глубоких затененных узких падей и логов, а также подножья залесенных, затененных склонов северных экспозиций.

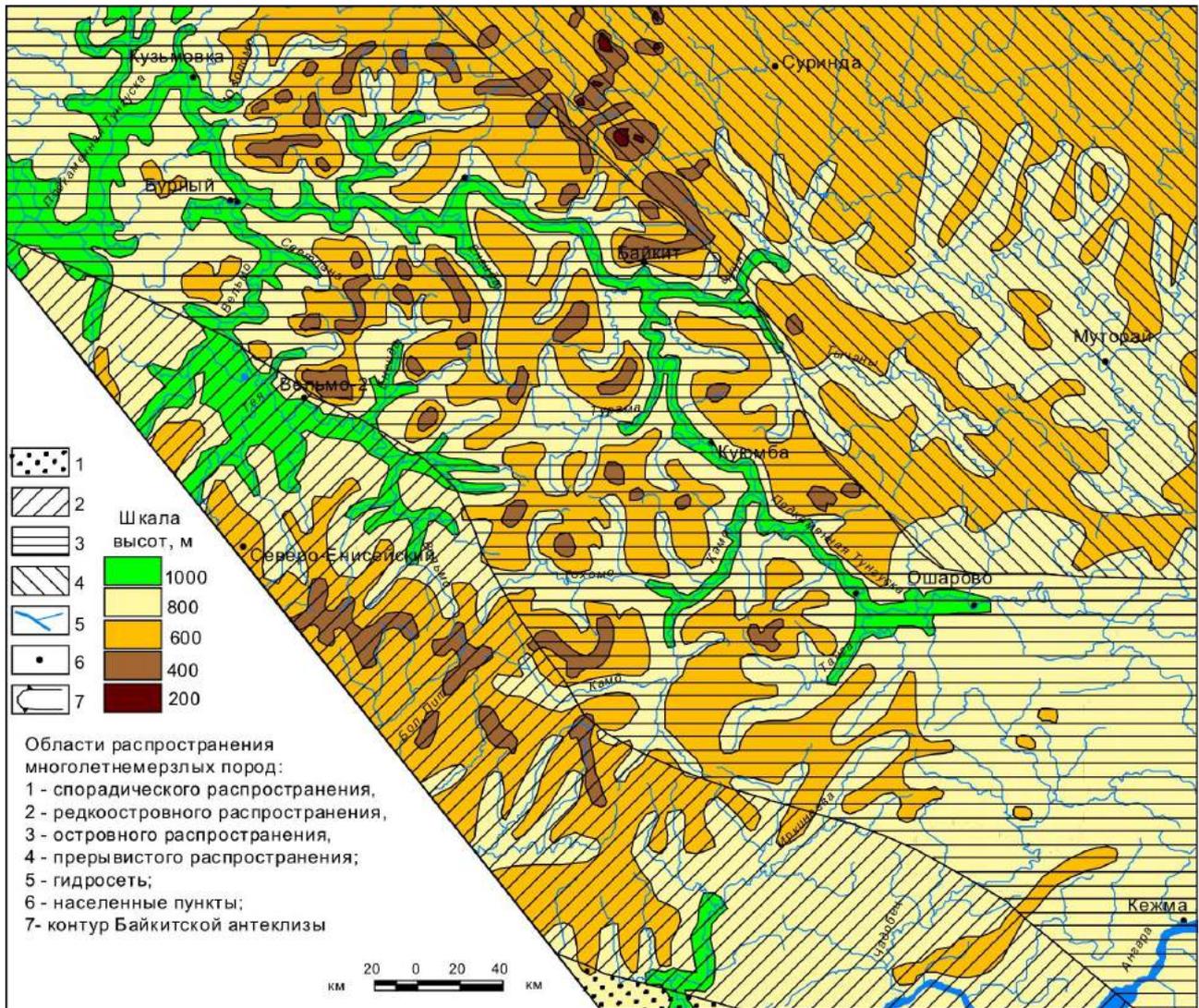
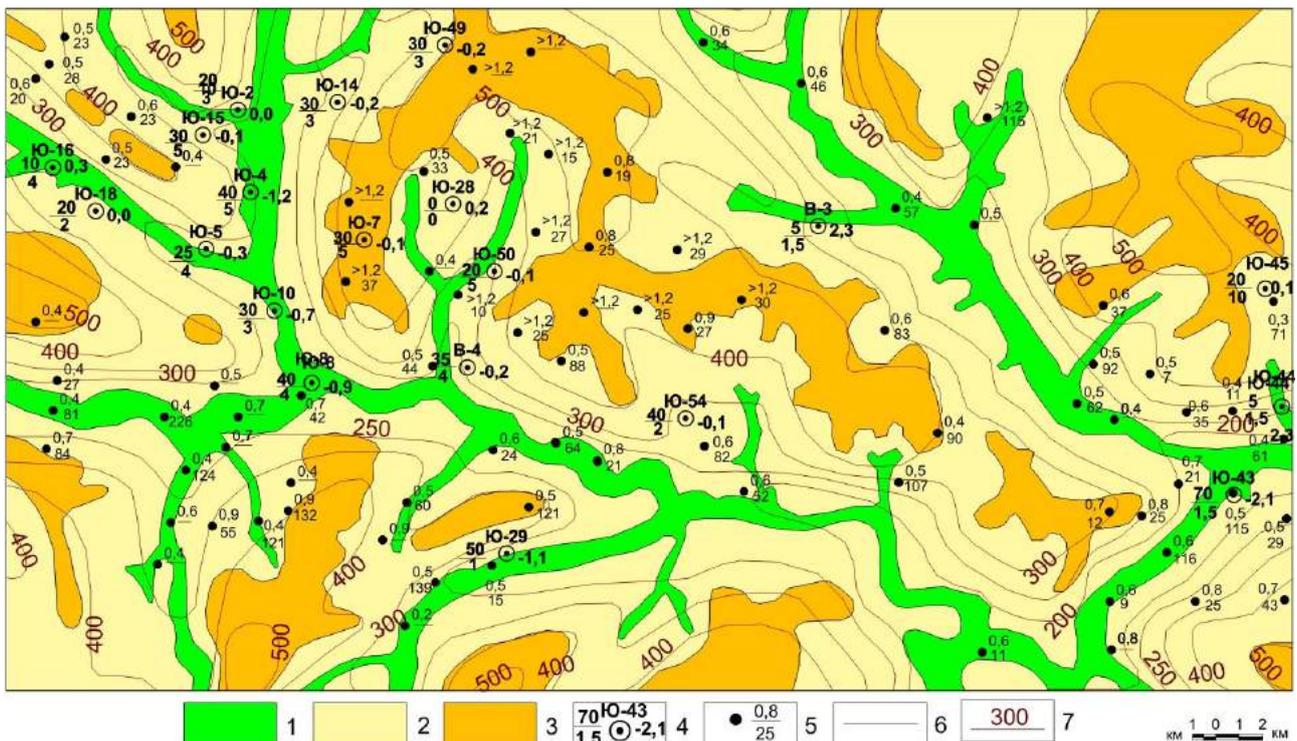


Рис. 1. Схематическая карта мерзлотного районирования юго-запада Восточной (Средней) Сибири

Нижний геокриологический пояс располагается в интервале высотных отметок до 450 м, где распространены преимущественно елово-лиственничные леса, в долинах рек – болотные мари. Средний геокриологический пояс располагается в интервале 450-800 м с массивами темнохвойных елово-пихтовых, сосново-кедрово-лиственничных, осиново-березовых лесов. Верхний геокриологический пояс (выше 800 м) – горно-гольцовая тундра, на рассматриваемой территории практически отсутствует.

В зависимости от ведущего геоморфологического фактора на территории выделяются следующие геокриологические элементы: комплексы речных долин (преобладающие отметки рельефа 200-400 м), склонов современной гидросети и водоразделов (преобладающие отметки рельефа 220-580 м), водораздельных поверхностей (преобладающие отметки рельефа 360-800 м) (рис. 2).



Геокриологические комплексы: 1 - речных долин (абс. отм. рельефа 200-400 м) с мощностью ММП 0-70, в среднем 30м; 2 - склонов современной гидросети и водоразделов (абс. отм. рельефа 220-580 м) с мощностью ММП 0-30, в среднем 20м; 3 - водораздельных поверхностей (абс. отм. рельефа 360-810 м) с мощностью ММП 0-30, в среднем 15м; 4 - скважины с температурными наблюдениями: вверху - номер, слева в числителе - мощность ММП, м, в знаменателе - мощность сезонно-талового слоя, м, справа - среднегодовая температура; 5 - геокриологическая точка наблюдения: в числителе - мощность СТС, м, в знаменателе - влажность грунтов в %; 6 - границы геокриологических комплексов; 7 - топогоризонтالي рельефа, м

Рис. 2. Геокриологические условия в центральной части Байкитского региона

Для комплекса речных долин существуют наиболее благоприятные условия для глубокого многолетнего промерзания. Мощность ММПд здесь составляет в большинстве случаев 20-40 м, в среднем 30 м. Максимальная мощность ММП установлена в долине р. Камо напротив устья р. Чавичины в скв. Юр-43, составляет 70 м (табл. 1).

В долине р. Нижнего Делингдукона, в скв. Юр-29, мощность ММП составляет 50 м; в долинах рек Тохомо, Юрубчен, Верх. Зелингдукон и др. мощность ММП около 40 м (геотермические скважины 2с, 3с и разведочные скважины Юр-4, Юр-8).

Однако в речных долинах располагаются и наиболее крупные талики. При этом наряду с поверхностными условиями теплообмена, важную роль при формировании многолетнемерзлых пород играет тектоническая обстановка.

Активная циркуляция вод в верхних горизонтах, инфильтрация поверхностных вод в водоносные горизонты, особенно на тектонически ослабленных участках, перекрытых рыхлыми аллювиальными отложениями, уменьшают мощность ММП и создают условия для существования сквозных таликов. Уменьшение мощности мерзлых пород до 10 м установлено в долинах среднего течения р. Оморо (скв. Ом-2), Малого Юрубчена (скв. Юр-16). В долине среднего течения р. Дюгунгны (скв. Юр-3) установлен сквозной талик долинного типа, где Институтом Мерзлотоведения проводились геотемпературные наблюдения.

Таблица 1

Результаты геотермических измерений в Юрубчено-Тохомской зоне

№ скважины	Абс. отм. устья скв.	Элемент рельефа	Граница мерзлых пород, м		Температура, °С на глубине	
			верхняя	нижняя	15 м	20 м
2с	320	Долина ручья	0,5	39	-2,8	-3,0
3с	240	Долина ручья	1,5	38	-3,0	-2,9
4с	360	Сред.часть склона сев. экспоз.	2,0	26	-0,4	-0,2
5с	230	Долина ручья	1,0	19	0,1	0,3
6с	256	Долина ручья	2,0	16	-0,4	0,4
7с	310	Долина ручья	0,5	23	-2,1	-2,2
Юр-2	257	Подножье склона ЮЗ экспоз.	3,0	20	-0,2	0,0
Юр-3	268	Долина ручья	0,0	0,0	1,1	1,1
Юр-4	249	Подножье склона вост. экспоз.	3,0	40	-1,3	-1,2
Юр-5	240	Подножье склона ЮЗ экспоз.	4,0	25	-0,5	-0,3
Юр-7	446	Поверхность водораздела	15 / 7	30 / 20	0 / 0	-0,1 / 0,0
Юр-8	211	Высокая пойма р.Тохомо	3,0	40	-1,7	-0,9
Юр-10	224	Подножье склона СВ экспоз.	2,0	30	-0,9	-0,7
Юр-12	494	Поверхность водораздела	-	-	0,5	0,5
Юр-14	399	Сред.часть склона СЗ экспоз.	1,0 / 2,0	30 / 15	-0,5/-0,1	-0,2 / 0,1
Юр-15	343	Склон СВ экспозиции	3,0	30	-0,1	-0,1
Юр-16	265	Подножье склона СВ экспоз.	5,0	10	0,2	0,3
Юр-18	314	Склон СВ экспозиции	2,0	20	-0,2	0,0
Юр-28	440	Поверхность водораздела	-	-	1,0/1,1	0,7 / 0,2
Юр-29	257	Подножье склона юж. экспоз.	1,0	50	-1,2	-1,1
Юр-43	218	Подножье склона СЗ экспоз.	1,5	70	-2,2	-2,1
Юр-44	250	Подножье склона вост. экспоз.	1,5	5	2,2	2,3
Юр-45	332	Придолин. часть склона ЮЗ экс.	10,0	20	0,0	-0,1
Юр-49	507	Приводоразд.часть склона СВ	3,0 / 10,0	30 / 30	0,1 / 0,2	0,0 / -0,2
Юр-50	299	Придолин. часть склона СЗ экс.	3,5	20	-0,1	-0,1
Юр-54	282	Придолин. часть склона СВ экс.	2,0	40	0,0	-0,1
Вдр-3	255	Долина ручья	1,5	5	2,2	2,3
Вдр-4	261	Придолин. часть склона Ю экс.	3,0 / 3,0	35 / 35	-0,2/-0,3	-0,1/-0,2

Для склонового типа местности характерна более однородная геокриологическая обстановка. Во всех исследованных скважинах (всего 8 скважин), пробуренных на абсолютных отметках рельефа 260-400 м, глубина многолетнего промерзания пород составляет 20-40 м. Поэтому, для склонового геокриологического комплекса делается предположение о распространении сплошного и прерывистого типа ММП.

На водораздельных поверхностях ММП имеют островной характер распространения. Меньшую мощность ММП на водоразделах или наличие там больших таликов Н.А. Вельмина [1] объясняет следующими факторами: более высокой температурой воздуха на водоразделах (в пределах зоны температурной инверсии), влиянием подземных вод снизу; наличием хорошо фильтрующих трещиноватых пород, прикрытых тонким слоем рыхлых отложений. Кроме этого, А.И. Ефимов [4] считает, что существование не мерзлых толщ горных пород обусловлено азональными факторами и условиями: эрозионными врезами, постоянством и размерами речных потоков, размерами и глубиной озер, составом пород, слагающих их дно, происходящими в породах химическими процессами, обуславливающими растворение (увеличение кавернозности) или окисление (повышение

температуры). Из четырех исследованных скважин, расположенных на водоразделах, в двух (скв. Юр-12, Юр-28) многолетнемерзлые породы отсутствуют; а в двух других, мощность ММП составляет 30 м. Однако, в скважине Юр-7 установлен талик с поверхности глубиной до 7-15 м, а в скважине Юр-49, расположенной на приводораздельном склоне (с самой высокой абсолютной отметкой 507 м), поверхностный талик составляет 3-10 м.

Сезонное промерзание и оттаивание грунтов

Сезонное промерзание и оттаивание грунтов является комплексным природным процессом, связанным со всеми компонентами физико-географической среды и геологическими условиями. Характер и динамика этого процесса определяется, с одной стороны, зональными и региональными условиями (климат, геологическое строение, неотектоника), а с другой, – местными факторами (состав грунтов, их влажность, геоморфологическое строение, снежный и растительный покров).

Промерзание грунтов на рассматриваемой территории начинается в конце сентября – начале октября с момента устойчивого перехода температуры воздуха через 0°. Наибольшей величины промерзание достигает в середине мая. Весь процесс продолжается 7-8 месяцев. Глубина промерзания в конце этого периода достигает 2 и более метров и зависит, главным образом, от мощности снежного покрова.

Оттаивание грунтов обычно начинается в середине мая – начале июня вслед за сходом снежного покрова и установлением в дневное время положительных температур воздуха и продолжается в течение 3-4 месяцев, причем сначала оттаивание происходит днем, а ночью грунты снова промерзают. С установлением средних суточных положительных температур начинается интенсивное оттаивание. Максимальное оттаивание наблюдается в июне. Сначала оно идет сравнительно одинаково на всех участках, но чем глубже оно проникает, тем больше проявляется разница в глубинах, зависящая от конкретных природных условий. Наибольшее отклонение в скорости оттаивания определяется литологическим составом грунта и его увлажнением. Наиболее интенсивно этот процесс протекает в плотных грунтах с малой влажностью, на открытых участках.

Динамика сезонно-талого слоя (СТС) и влажностной режим грунтов изучались Северной ГПП на геокриологических полигонах и опорных участках в бассейне р. Камо (в устьях рек Кумонды, Малого Юрубчена, Чавичины) в различных геоморфологических и литологических условиях. Так, на участках первой надпойменной террасы в слабооторфованных суглинках с естественной влажностью 65-71 %, оттаивание в затененном (залесенном) месте составило за июнь в среднем 0,5 м, далее в течение июля, августа – по 0,10-0,15 м и к середине сентября (к началу заморозков) составило 0,7-0,8 м. В тоже время на открытом, освещенном солнцем участке, оттаивание грунтов происходило в 1,5 раза быстрее и составило в сентябре 1,1-1,2 м. Влияние на динамику протаивания грунтов различных факторов – высоты рельефа, экспозиции склонов, дисперсности грунтов и степени его увлажнения изучено по геокриологическим исследованиям на Юрубченской площади (Копылов и др.,

1992) и по геоэкологическому картографированию на Тохомо-Камовской площади (Копылов и др., 1993). Там же приведены геокриологические схемы масштаба 1:200 000 с указанием глубин сезонно-талого слоя.

Многообразие и сложность сочетания факторов геолого-географической среды сильно влияет на динамику деятельного слоя, обуславливает чрезвычайную интенсивность глубины промерзания и протаивания грунтов на очень небольших участках, при этом нарушают зональный характер распространения сезонно мерзлых и сезонно талых толщ. Данные по измерениям сезонно-талого слоя по типам протаивания в различных геоморфологических и литологических условиях приведены в табл. 2.

Типизация сезонного промерзания и оттаивания грунтов

На рассматриваемой площади в силу ее относительно небольших размеров нет четко выраженных региональных и зональных закономерностей.

По классификации В.А. Кудрявцева [9], для территории юга Средней Сибири по средним годовым температурам выделяются следующие типы сезонного промерзания и протаивания грунтов: переходный (от 0 до $\pm 1^\circ$), полупереходный (от 1 до $\pm 2^\circ$), длительно устойчивый (от 2 до $\pm 5^\circ$), и устойчивый (от 5 до $\pm 10^\circ$).

Таблица 2

Распространение типов сезонного протаивания пород

Геоморфологический элемент	Характеристика рыхлых четвертичных отложений				Сезонное протаивание пород			
	Индекс	Генезис	Состав	Мощность м	Влажность, %		Глубина протаивания, м	Тип протаивания по влажности
					min-max	средний		
Речные долины	aQ _{IIIv}	Аллювиальные отложения поймы, нижних террас	Валунные отложения, галечники, пески, суглинки	1-5 (до 44)	10-146 60	127	0-1,2 (до 2)	Мелкое
	lbQ	Озерно-болотные отложения	Торф, оторфованные суглинки	до 5	18-763 180	195	0-1,2 (до 2)	Мелкое
Склоны современной гидросети	edQ dsQ	Элювиально-делювиальные и делювиально-солифлюкационные отложения	Суглинок с щебнем, супеси, глины	0,5-3	20-338 40	255	0,3-1,2 (до 3)	Среднее
Водораздельные пространства и склоны поверхностей выравнивания	eQ gQ dgQ	Элювиальные, гравитационные, делювиально-гравитационные отложения	Щебенистые, щебенисто-глыбовые и глыбовые отложения с суглинистым, супесчаным и песчаным заполнителем	0,5-5	7-109 30	56	0,4-1,2 (до 5)	Глубокое

В связи с отсутствием режимных наблюдений в течение года, необходимых для определения подошвы слоя годовых теплооборотов, и расчета среднегодовой температуры грунтов в слое с годовыми колебаниями, по аналогии с Институтом Мерзлотоведения (Зуй, 1990), за среднегодовую температуру пород была принята температура на глубине 20 м. Таким образом,

среднегодовая температура, по данным измерений в скважинах Юрубчено-Тохомской зоны, изменяется от -3 до +2,3°C. В соответствии с этим, рассматриваемая территория характеризуется переходным, полупереходным и длительно устойчивым типом промерзания и протаивания.

К общим закономерностям распространения СТС можно отнести распределение его глубин в соответствии с геоморфологическим строением.

В речных долинах наблюдаются наименьшие глубины СТС. В аллювиальных отложениях пойм и надпойменных террас, представленных преимущественно суглинками, супесями, песками, реже с примесью галечника, мощность СТС к концу периода оттаивания составляет 0,5-1,5 м. В озерно-болотных отложениях, представленных торфами и оторфованными суглинками, мощность СТС составляет 0,2-1,2 м. На сильно дренированных поверхностях в речных долинах мощность СТС может достигать 2-3 м. Естественная влажность грунтов в речных долинах в аллювиальных песках, супесях, суглинках колеблется от 10 до 99, в среднем 51%; в озерно-болотных суглинках и торфах естественная влажность изменяется в еще более широких пределах от 18 до 708, в среднем 177%. В целом, отложения речных долин по влажности характеризуются мелким типом протаивания.

Отложения склонов речных долин представлены элювиально-делювиально-солифлюкационными щебенистыми суглинками, супесями, глинами. Мощность СТС в них на рассматриваемой площади изменяется от 0,3 до 3 м, влажность колеблется от 18 до 170, в среднем 38%. Тип протаивания преимущественно мелкий и средний.

Отложения водоразделов и их склонов представлены элювиально-делювиальными гравийными, щебенистыми и глыбовыми образованиями с суглинистым, супесчаным и песчаным заполнителем. Характеризуются наиболее глубоким протаиванием. При этом, на водораздельных поверхностях сезонно промерзают и протаивают, как рыхлые четвертичные отложения, так и верхняя часть коренных пород. Мощность СТС составляет, в основном, 2-3 м, в отдельных местах достигает 7-15 м (скв. Юр-7). И лишь в редких случаях в понижениях и на участках верховых моховых болот мощность СТС снижается до 0,5-1 м. Влажность отложений водораздельных пространств относительно невысокая, изменяется в небольших пределах от 10 до 39, в среднем 25%. По степени влажности грунтов протаивание отложений на водоразделах преимущественно глубокое.

Температурный режим горных пород

Мерзлые горные породы возникают, развиваются и существуют в результате теплообмена через поверхность земли на таком энергетическом уровне, при котором, вода, содержащаяся в горных породах, частично или в преобладающем объеме переходит в лед [9]. Характер и условия теплообмена крайне динамичны. Толщи ММП, их возникновение, развитие, переход в талое состояние и все характеристики (распространение, залегание, состав, строение, текстура, температурный режим) непрерывно изменяются с изменением комплекса природных условий, влияющих на ход теплообмена между атмосферой и верхними слоями литосферы.

Температурное поле верхних горизонтов грунтов подразделяется на слой суточных и годовых колебаний температуры и слой сезонного промерзания и протаивания, связанный с фазовыми переходами находящейся в грунте влаги. Мощность слоя суточных колебаний температур может меняться от 0,1-0,2 м на торфяниках до 1 м на оголенных от снега и растительности участках. Как отмечают Ф.Н. Лещиков и М.М. Шац [10], общий ход изменения температуры грунта на протяжении года до глубины, примерно 2 м, приблизительно соответствует колебаниям температуры воздуха. Средняя годовая температура пород в слое годовых колебаний изменяется по глубине незначительно. Она практически равна средней годовой температуре пород в подошве сезонно мерзлого слоя.

Температура на поверхности грунтов (под почвенно-растительным слоем) на территории, колеблется около 0°C, в целом, она повышается от днищ долин к водоразделам и понижается с удалением от русла реки; минимальные значения температуры отмечаются на торфяниках.

Анализируя результаты геотемпературных измерений в скважинах Байкитского региона, по данным Института Мерзлотоведения отмечается следующее. На водоразделах и склонах изменение температуры ММП имеет безградиентный характер, тогда как в долинах температуры изменяются с геотемпературными градиентами 3-5°C на 100 м. Температурное поле осадочного чехла в пределах территории достаточно однородно. Температура пород на подошве катангской свиты на глубинах около 2 км колеблется по измерениям в глубоких скважинах от 22,6° (скв. Юр-54) до 26,3°C (скв. Юр-16).

По данным геотермических скважин, в бассейне р. Тохомо (Копылов и др., 1992ф), в верхней части разреза (до глубины 50 м), наблюдается колебание температуры пород от -3,08 до +2,96°C. Геотермический градиент (градус на 10 м) меняется следующим образом. До глубины 10 м во всех скважинах градиент имеет отрицательный знак с величинами от - 0,13 до - 0,53. В интервале 10-20 м градиент меняется от - 0,04 до +0,16. Глубже 20 м во всех скважинах градиент положительный. В интервале 20-30 м он составляет 0,04-0,32; в интервале 30-40 м составляет 0,17-0,32; в интервале 40-50 м составляет 0,06-0,28. В целом, во всех известных скважинах региона, температура пород на глубине 15-20 м (которая отождествляется со среднегодовой температурой пород) варьирует от - 3,0 до 2,3°C.

Геокриологические процессы

Наибольшее развитие на рассматриваемой территории получили **криогенные процессы**: морозное выветривание, заболачивание, процессы пучения, термокарстовые процессы, солифлюкция [5-7].

Морозное выветривание, играющее огромную роль в разрушении коренных пород и образовании рыхлых отложений на склонах и водоразделах, развито повсеместно. В результате промерзания и протаивания коренных пород формируются крупноглыбовые развалы, россыпи, каменные моря и потоки.

Заболачивание имеет специфический характер в зоне многолетней мерзлоты. Мари (так в Сибири называют болота, сложенные торфом и другими отложениями, мощность, которых изменяется от десятков сантиметров до

нескольких метров) имеют распространение особенно в долинах рек, реже встречаются водораздельные мари. В лесной зоне они покрыты мохово-травянистой растительностью с ерником или угнетенной редкостойной тайгой. Долинные мари травяно-моховые. Вследствие слабого протаивания верхняя граница многолетнемерзлых пород располагается близко от поверхности. Поэтому описываемые мари неглубоки (от 0,3-0,8 до 1-2 м), обычно имеют характерный бугристый рельеф.

Процессы пучения развиты очень широко. Сезонные и многолетние бугры пучения формируются в долинах рек на террасах и на плоских заболоченных междуречьях. Высота бугров не превышает 1 м, обычно 0,4-0,8 м. Сложены они минеральным грунтом или торфом.

Термокарстовые процессы развиты на участках, сложенных льдистыми отложениями. Ограниченное развитие термокарстовых образований на территории объясняется локальным развитием сильнольдистых отложений и их небольшой мощностью. Термокарст развит в днищах долин, на плоских междуречьях, на пластовых интрузиях траппов. Формы рельефа в виде плоских блюдец (размером до 10 м, глубиной до 2 м), канав, небольших котловин.

Солифлюкационные процессы происходят путем течения верхних слоев грунта с включенным в него обломочным материалом при избыточном насыщении его водой по водонепроницаемому или мерзлому основанию. Они протекают под действием силы тяжести совместно с трудно отделяемыми от них процессами сползания, оплывания грунта. Отмечаются на пологих склонах в виде небольших языков-наплывов грунта до 1-2 м в поперечнике. Солифлюкационные процессы в мерзлой зоне идут при малом слое сезонного протаивания (0,4-1,0 м). Одной из разновидностей криогенных образований, в формировании которых принимает участие процесс солифлюкции (наряду с деятельностью эрозии), являются делли – плоские, вытянутые вдоль склона ложбины, иногда ветвящиеся, с временным стоком. Делли часто наблюдаются в верхних частях склонов на участках геофизических профилей. Протяженность их от десятков метров до первых сотен метров.

Наледеобразование является процессом замерзания речных или подземных вод, излившихся на поверхность льда, земли вследствие естественной разгрузки подземных вод или промерзания водного тракта. На рассматриваемой территории характерны два типа наледей – грунтовые и смешанные. Они являются закономерным явлением в процессе мерзлотно-гидрогеологического развития территории, пользуются широким развитием. Формируются они за счет собственно грунтовых (надмерзлотных) вод, поступающих со склонов долин и за счет поверхностных вод. Время их образования – начало зимы (ноябрь-декабрь), они имеют незначительные размеры и исчезают вместе с ледоходом (в середине – конце мая).

Кроме криогенных процессов на территории имеют распространение другие экзогенные геологические процессы – оползни широко развитые на склонах речных террас; явления отседания склонов, развитые на склонах речных долин, сложенных скальными породами; процессы, связанные с действием поверхностных вод – плоскостной смыв, деятельностью рек и

ручьев, оврагообразование и современные карстовые процессы, которые играют незначительную роль ввиду небольших мощностей карбонатных пород. Карстовые формы приурочены к зонам контакта карбонатных толщ с некарстующими породами или к тектоническим нарушениям, представлены небольшими воронками, суходолами.

Инженерно-геокриологический прогноз развития геологических процессов при освоении территории

Особую роль в развитии криогенных процессов играет антропогенная деятельность и в частности геологоразведочные и нефтепоисковые работы – бурение скважин, проходка геофизических профилей, строительство дорог, вахтовых поселков и т.п.

Освоение территории на промплощадках скважин сопровождается нарушением покровов (снежного, травяного, мохового), что приводит к изменению теплового режима верхнего слоя грунтов. В летний сезон удаление дерново-растительного покрова повышает температуру грунтов на 0,5°C. Более существенно изменение теплообмена грунта с атмосферой происходит при вырубке древостоя, особенно, если оно сопровождается удалением почвенного покрова. В пределах промплощадок скважин, в результате хозяйственной деятельности можно ожидать возрастание сезонной аккумуляции тепла грунтами в 1,5-2 раза, соответственно увеличивается и глубина сезонного протаивания [5]. В зимний период, застройка территории сопровождается уплотнением, удалением снега, а также образованием снежных заносов, в результате чего, тепловой режим этих участков будет различным. На участках с тальми грунтами постоянная расчистка снега приводит к началу многолетнего промерзания грунтов. На участках супесчаных грунтов, наоборот, будет происходить увеличение глубин протаивания (максимально до 0,5 м).

На участках площадей буроразведочных работ Юрубчено-Тохомского нефтегазоконденстного месторождения, а также при строительстве нефтепровода «Куюмба – Тайшет» (введен в эксплуатацию 18 января 2017 г.) в результате нарушения теплового режима грунтов активизировались современные геологические процессы. По материалам дистанционного зондирования [8] территории трассы отмечается, развитие термокарста, процессов эрозии почв и грунтов и оврагообразование, приводящие к изменению ландшафта. Значительное эродирование грунтов наблюдается на многих промплощадках скважин, на участках дорог и профилей, где образовались глубокие колеи и ложбины, переходящие в овраги. Особенно сильной эрозии подвержены участки крутых склонов.

Выводы и рекомендации

Территория Байкитского региона Восточной (Средней) Сибири характеризуется преимущественно островным и прерывистым характером распространения многолетнемерзлых пород. Выполнены ландшафтно-индикационные исследования, геокриологическое картирование, геотемпературный мониторинг скважин. Построены карты мерзлотного районирования и геокриологических условий Байкитского региона. Изучены распространение ММП, температурный режим, динамика сезонного

промерзание и оттаивание грунтов. Проведена типизация сезонного промерзания и оттаивания грунтов. Рассмотрены геокриологические процессы и сделан инженерно-геокриологический прогноз развития геологических процессов при освоении территории.

На участках, где проводятся буровые и строительные работы и планируется снятие плодородного слоя, следует максимально сохранять почвенный и растительный покров. При проведении технической рекультивации необходимо тщательно соблюдать условия восстановления плодородного слоя почвы.

Библиографический список

1. Вельмина В.А. Особенности гидрогеологии мерзлой литосферы (Криогидрогеология). М., Недра, 1970.
2. Викторов С.В. Использование индикационных географических исследований в инженерной геологии. М., Недра, 1966. 120 с.
3. Викторов С.В. и др. Современное состояние геоботанических методов при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. М., ВИЭМС, ООНТИ, 1970.
4. Ефимов А.И. Некоторые особенности формирования подземных вод в пределах южной и центральной Якутии / Мат-лы по общему мерзлотоведению. М., АН СССР, 1959.
5. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.
6. 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.
7. Копылов И.С. Закономерности формирования геоэкологических и инженерно-геологических условий Байкитского нефтегазоносного региона // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 108-113.
8. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 228-238.
9. Кудрявцев В.А. Классификация типов сезонного промерзания и оттаивания грунтов / Вопросы физической географии полярных стран. М.: МГУ, 1959. Вып.2. С. 44-57.
10. Лециков Ф.Н., Шац М.М. Мерзлые породы юга Средней Сибири. Новосибирск, Наука, 1983. 169 с.
11. Луговой П.Н. Особенности геокриологических условий горных стран. М., Наука, 1970. 135 с.
12. Мерзлотно-гидрогеологические условия Восточной Сибири / В.В. Шепелев, О.Н. Толстухин, В.М. Пигузова и др. Новосибирск, Наука, 1984. 190 с.
13. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200000 (1:100000-1:500000) / ВНИИ гидрогеологии и инж. геологии; Е.С. Мельников, Н.Г. Верейский, Л.А. Островский и др. М.: Недра, 1978. 391 с.
14. Тьртиков А.П.. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грунтов. М., МГУ, 1969. 192 с.
15. Фотиев С.М., Данилова Н.С., Шевелева Н.С. Геокриологические условия Средней Сибири. М., Наука, 1974. 146 с.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮРЛИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА: КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, РАЙОНИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА

В статье рассмотрены инженерно-геологические и гидрогеологические условия территории Юрлинского муниципального округа Пермского края. Установлены основные закономерности подземных вод, дана характеристика гидрогеологических подразделений. Описаны инженерно-геологические формации, экзогенные геологические процессы, геоактивные зоны. Проведено районирование и составлены гидрогеологическая и инженерно-геологическая карты.

Ключевые слова: инженерная геология, гидрогеология, экзогенные геологические процессы, геодинамические активные зоны, подземные воды, формации и комплексы пород, гидрогеологическая и инженерно-геологическая карты, Юрлинский район, Пермский край.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE YURLINSKIY MUNICIPAL DISTRICT: MAPPING, ZONING, ASSESSMENT

The article discusses the engineering-geological and hydrogeological conditions of the territory of the Yurlinsky municipal district of the Perm Territory. The basic patterns of groundwater are established, the characteristic of hydrogeological units is given. Engineering geological formations, exogenous geological processes, geoactive zones are described. Zoning was carried out and hydrogeological and engineering-geological maps were compiled.

Key words: engineering geology, hydrogeology, exogenous geological processes, geodynamic active zones, groundwater, rock formations and complexes, hydrogeological and engineering-geological maps, Yurlinsky district, Perm Territory.

Введение

Юрлинский муниципальный округ (МО) расположен в северо-западной части Пермского края, ранее входил в состав бывшего Коми-Пермяцкого автономного округа. Площадь района – 3803,2 км².

Цель работы – характеристика инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории Юрлинского МО для целей общего природопользования и комплексного территориального планирования района.

Территория изучена мелкомасштабными и среднемасштабными геологическими, инженерно-геологическими и гидрогеологическими съемками, отдельными тематическими работами. С целью поисков нефти и газа проводились геолого-геофизические исследования и структурно-поисковое бурение, пробурено около 100 структурных скважин и 1 глубокая скважина.

Природные и техногенные условия Юрлинского МО изложены в работах [1, 4, 6-14, 17-23, 25]. Ниже приводится характеристика инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории по материалам среднемасштабного картографирования (в которых автор принимал непосредственное участие) с обновленной информацией по состоянию геологической среды. Важное значение имеет оценка геодинамической активности района, которая является ведущим геологическим фактором состояния геологической среды и всех ее компонентов [5, 8, 16, 22].

Геодинамическая (неотектоническая) активность

В тектоническом отношении территория Юрлинского МО расположена полностью в пределах крупной надпорядковой тектонической структуры – северной части Волго-Уральской антеклизы, в пределах структур первого порядка – южной части Камского свода и северной части Верхнекамской впадины [21].

Юрлинский МО по ОСР-215-С относится к территориям 5-балльной сейсмической опасности. По картам неотектонической активности и геодинамических активных зон Пермского края масштаба 1: 500 000 (Копылов и др., 2004ф) [4], в пределах Коми-Пермяцкого округа установлено 7 крупных геодинамических активных зон: Чернинская, Веслянская, Верхнекамская, Косинская, Кондасская, Пограничная, Иньвинская. Части двух из них – Косинской и Пограничной находятся в пределах территории Юрлинского МО.

По дешифрированию современных космических снимков на территории Юрлинского МО выделяется большое количество линеаментов разного ранга, отождествляемых с тектоническими нарушениями. Выделяются фрагменты 4 крупных линейных субмеридиональных и 1 северо-западный и 1 северо-восточный линеамент. Многие из них контролируются древними глубинными тектоническими разломами выделенным по геофизическим данным (Кассин и др., 1985ф) и высокой плотностью разломов земной коры, линеаментов и мегатрещин по материалам аэрокосмогеологических исследований. В местах пересечений крупных линеаментов формируются геодинамические активные зоны и участки. Выделяется 9 таких участков: 1) Верх-Косинский (площадь 87 км²), 2) Чусский (площадь 47 км²), 3) Мысский (площадь 49 км²), 4) Деткинский (площадь 60 км²), 5) Юрлинский (площадь 132 км²), 6) Усть-Зулинский (площадь 90 км²), 7) Половинский (площадь 48 км²), 8) Борский (площадь 100 км²), 9) Усть-Пышшинский (площадь 87 км²) (рис. 1).

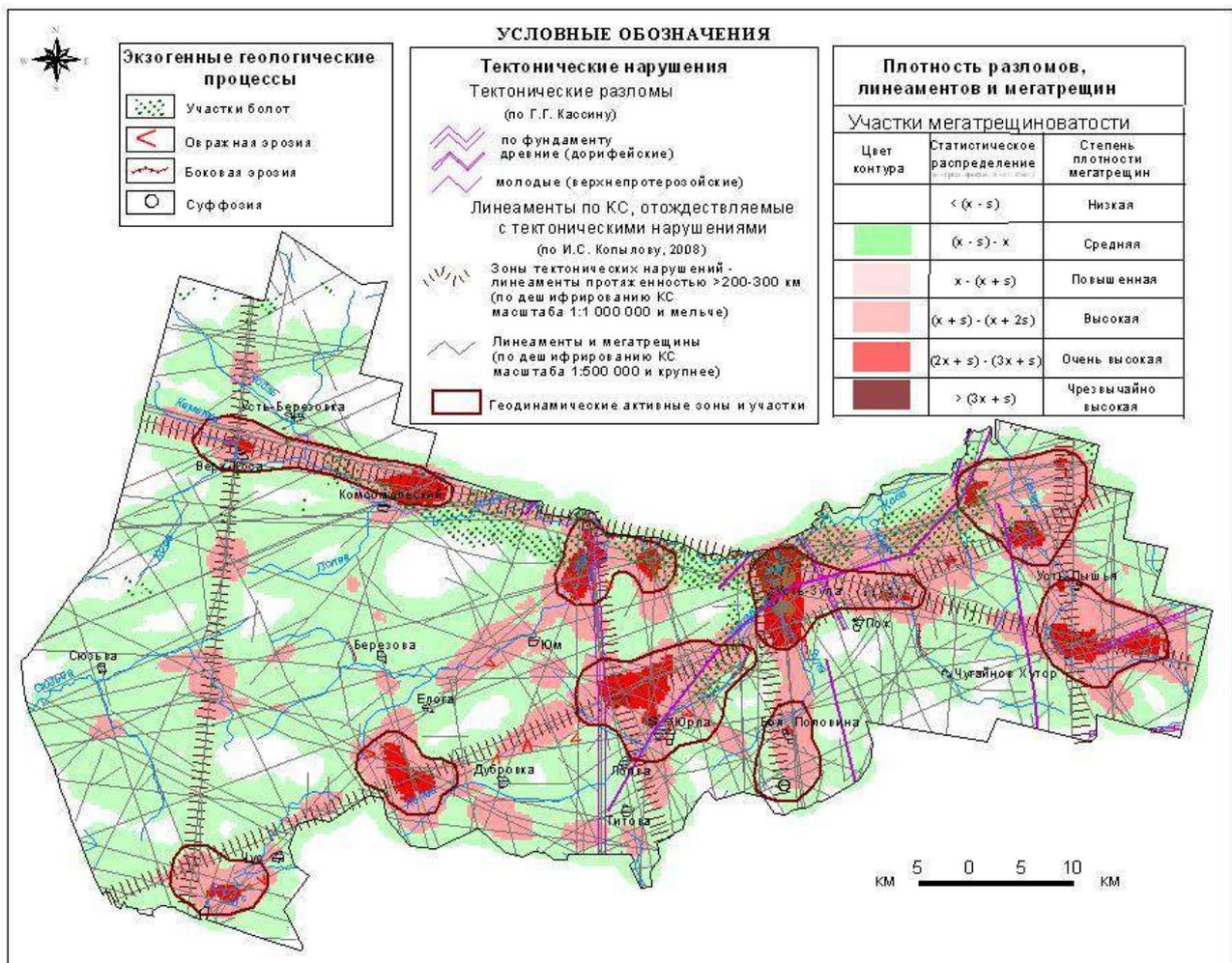


Рис. 1. Карта геодинамических активных зон и экзогенных геологических процессов Юрлинского округа

Гидрогеологические условия

В соответствии с «Перечнем бассейнов подземных вод территории СССР для ведения Государственного водного кадастра» и «Методическими основами гидрогеологического районирования территории СССР, М, ВСЕГИНГЕО, 1990» [24], территория Юрлинского МО расположена в пределах Восточно-Европейской системы бассейнов пластовых, блоково-пластовых и жильно-блоковых вод; в пределах Восточно-Русского сложного бассейна пластовых и блоково-пластовых безнапорных и напорных вод (бассейн подземных вод первого порядка); в пределах Камско-Вятского бассейна пластовых и блоково-пластовых напорных вод (бассейн подземных вод второго порядка). По более детальному районированию (Копылов, Алексеева, 2003ф) территория расположена в пределах Верхнекамской системы бассейнов. Большую часть территории (западную, северную и центральную части) занимает Косинский бассейн (блок) подземных вод (3-3Г-3в), юго-восточную часть территории занимает участок Обвинско-Иньвенского бассейна (блок) подземных вод (3-3Г-3г).

Ниже приводится краткая характеристика основных гидрогеологических

подразделений зоны активного водообмена, имеющих распространение по площади с выходом на поверхность и имеющих практическое значение. Наименования гидрогеологических подразделений даются в соответствии с принципами гидрогеологической стратификации (ВСЕГИНГЕО, 1998, 1999) и обновленной серийной легендой государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 для Пермской серии листов (Копылов, Алексеева, 2002ф, 2003ф) [12], а также в соответствии с новой схемой ОСШ (2005). Распространение их показано на гидрогеологической карте (рис. 4).

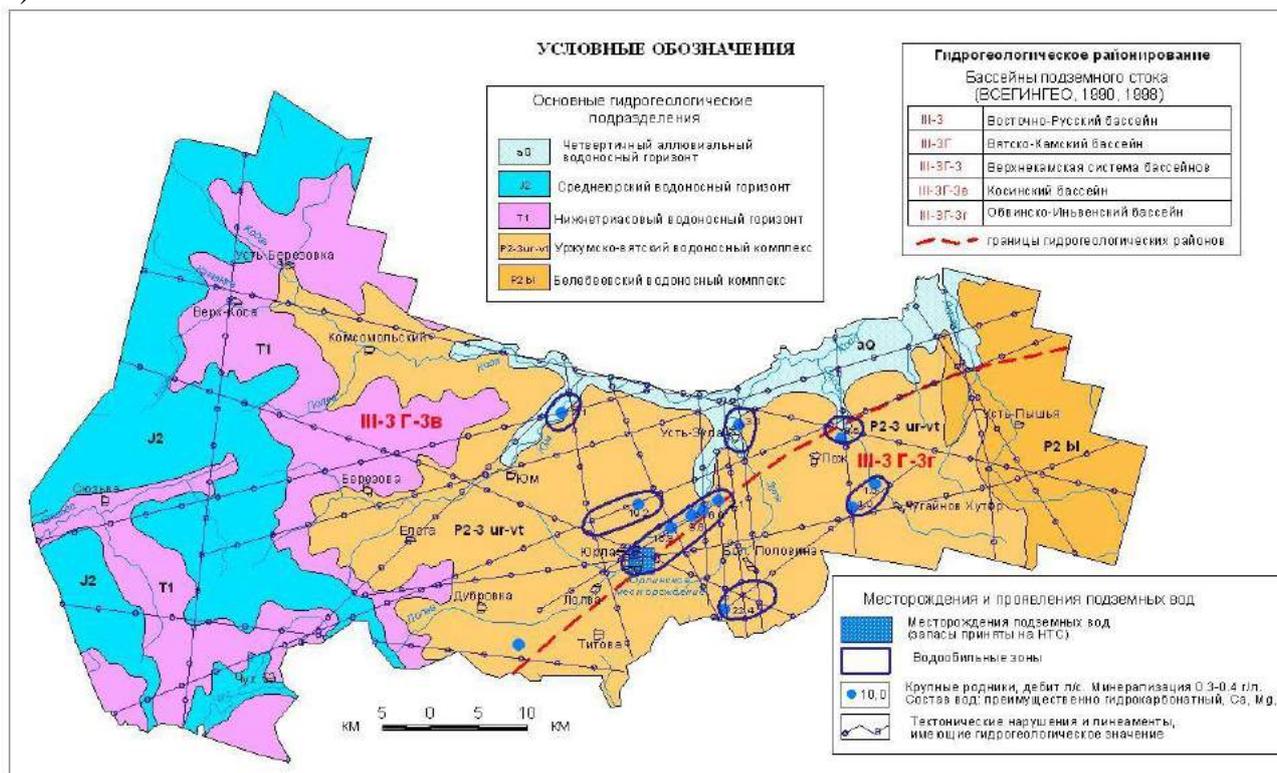


Рис. 4. Гидрогеологическая карта Юрлинского округа

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (aQ_{IV}).

Распространён в долинах современных рек. Толщина его находится обычно в пределах 5-15 м, достигая максимума в долине р. Косы. В верхней части разреза обычно преобладают глинистые породы (глины, суглинки и супеси), в нижней – обломочные осадки (пески, гравий, галечники). Последние являются основными водовмещающими породами. Водоупорами служат коренные породы, на которых залегает аллювий. Коэффициенты фильтрации нижней части аллювия имеют значения в пределах первого десятка м/сут.

Аллювиальные отложения содержат грунтовые безнапорные воды, глубины залегания которых определяются поверхностью террас над урезом воды и колеблются от 0 до 10 м. Водообильность этих отложений неравномерная, что связано с различным гранулометрическим составом и толщиной. Дебиты родников обычно не превышают 0,2-0,3 л/с (до 3 л/с), скважин - 0,3-1 л/с, при понижениях 1-7 м. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные, натриево-кальциевые, магниевые-кальциевые, пресные,

с минерализацией 0,1-3 в среднем 0,15 г/л.

Питание подземных вод аллювия малых рек осуществляется за счет атмосферных осадков и притока из коренных отложений. Воды аллювиального горизонта используются для водоснабжения - эксплуатируется при помощи колодцев и немногочисленных одиночных скважин. Из-за низкого гипсометрического положения помимо болотного загрязнения (Na, Cl, SO₄, NO₃) велика вероятность попадания в него разного рода сточных вод. Из-за гидравлической связи вод горизонта с поверхностными водами, которые часто загрязнены, сооружать водозаборы в пределах данного горизонта не рекомендуется.

Среднеюрский водоносный горизонт (J₂). Развита в западной части района. Сложен песками с линзами гравия и гальки, песчаниками и глинами с прослоями алевролитов, мощностью до 25 м и более. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриево-магниевые-кальциевые с минерализацией 0,01-0,4 г/л. Водообильность отложений слабая. Используется для местного водоснабжения колодцами и малодебитными родниками.

Нижнетриасовый водоносный горизонт (T₁). Распространён восточнее средне-верхнеюрского водоносного горизонта в бассейне р. Сюзьвы, в верховьях р. Косы. Сложен глинистыми породами с прослоями песчаников и алевролитов, мощностью до 20 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриевые и кальциевые с минерализацией 0,02-0,4 г/л. Водообильность отложений слабая. Используется для местного водоснабжения колодцами и малодебитными родниками.

Уржумско-вятский водоносный комплекс (P_{2ur} - P_{3vt}). Ранее выделялся, как татарский водоносный комплекс. Уржумско-вятский водоносный комплекс приурочен к отложениям вятского яруса верхней перми и уржумского яруса средней перми. Имеет наиболее широкое распространение в Юрлинском районе, занимая всю центральную часть с севера на юг шириной до 50-60 км. Мощность комплекса 100-150 до 200 м. Представлен красноцветной песчано-глинистой толщей с преимущественно песчаниковым (>50%) типом разреза с подчинёнными известняками, конгломератами, аргиллитами. Толщина водонасыщенных слоев, прослоев и линз обычно составляет 1-5 м, редко достигает 10-15 м и более.

По фильтрационным свойствам комплекс крайне неоднороден. Наиболее проницаемые пласты залегают выше местного эрозионного вреза, где формируют родниковый сток, характеризующийся нередко крупными по дебиту родниками (5-20 л/с и более). Ниже этой условной поверхности фильтрационная способность пород быстро падает. Водообильность отложений определяется структурно-тектоническими и неотектоническими условиями (с которыми связаны значительные водообильные зоны) и литологией. Существенное влияние на водообильность пород оказывают положительные тектонические структуры. Большинство водообильных зон расположено в пределах валов и локальных поднятий. Водообильные зоны приурочены к узколокальным участкам (к блокам) структур, испытывающим новейшие тектонические движения, за пределами таких зон обводненность пород фоновая

(Иконников, Ревин, Копылов и др., 1981ф). Практически все водообильные зоны приурочены к узлам пересечения крупных линейных элементов, отождествляемых с зонами тектонических нарушений (Копылов, 2006ф) [15]. Выделено 7 водообильных зон.

По химическому составу воды комплекса преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и натриевые, реже хлоридно-гидрокарбонатные и сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом и минерализацией преимущественно 0,1-0,5 г/л. Иногда наблюдаются подтоки минерализованных вод.

Подземные воды комплекса широко используются для водоснабжения сельских населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов. С 1987 г. в Юрлинском районе, введено в эксплуатацию Юрлинское месторождение подземных вод (расположено в 0,5 км на ЮЗ и в 1,4 км на СЗ от с. Юрла). Эксплуатационные запасы (прошедшие государственную экспертизу, составляют по категории В – 1,5; по категории С₁ – 0,26; всего – 1,76 тыс. м³/сут.

Белебеевский водоносный комплекс (P_{2bl}). Приурочен к белебеевской свите казанского яруса. Распространён в восточной части территории. Отложения представлены песчаниками, конгломератами, алевролитами, аргиллитами, с линзами известняков, мергелей; но до глубины 100-150 м преобладает глинистый тип разрез (глин >50%) Общая мощность 100-200 м. Характерно спорадическое распространение подземных вод. Подземные воды обычно гидрокарбонатные со смешанным катионным составом и минерализацией 0,2-0,4 г/л. Воды могут быть использованы эксплуатацией одиночных скважин производительностью до 1-2 л/с.

Инженерно-геологические условия

По инженерно-геологическому районированию Юрлинский МО расположен в пределах Восточно-Европейского региона первого порядка, в пределах Волго-Уральского региона второго порядка, в пределах двух таксонов третьего порядка – инженерно-геологических областей, в которых выделяется несколько инженерно-геологических районов и участков [2, 21, 22].

Северо-восточная часть территории расположена в пределах области аккумулятивной равнины Северного Прикамья (А-I-a), относится к району слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины (А-I-a-4). Включает два инженерно-геологических участка первого порядка: Нижнесюролский (4/2) и Нижнелопанский (4/3).

Большая часть территории расположена в пределах области денудационной равнины Среднего Прикамья (А-I-б) и занимает два инженерно-геологических района: район умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности (А-I-б-5), включающий пять инженерно-геологических участков первого порядка: Каменский (5/1), Сюзьвинский (5/2), Кадзинский (5/3), Юмский (5/4), Верхнезулинский (5/5) и район умеренных сводовых поднятий Верхнекондаских Увалов (А-I-б-6), включающий Верхнелопанский инженерно-геологический участок первого порядка (6/1) (рис. 2).

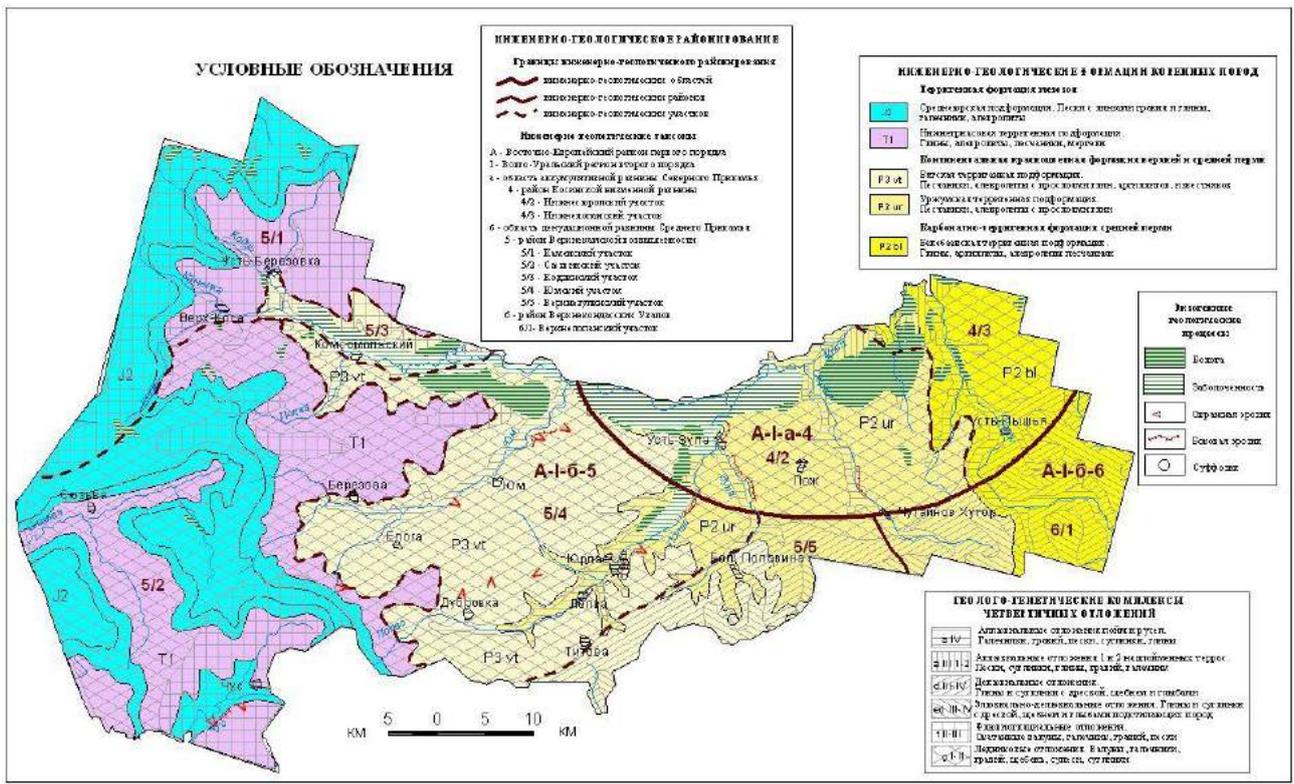


Рис. 2. Инженерно-геологическая карта Юрлинского округа

Инженерно-геологические формации.

На территории Юрлинского МО имеют распространение три инженерно-геологические формации.

В восточной части территории развита карбонатно-терригенная формация средней перми, представленная белебеевскими отложениями - глинами, алевролитами, аргиллитами, песчаниками с прослоями мергелей и известняков общей мощностью 300-500 м.

В центральной части территории имеет преимущественное распространение континентальная красноцветная формация верхней и средней перми, представленная вятскими и уржумскими отложениями - глинами, алевролитами и песчаниками с подчиненными прослоями аргиллитов, мергелей и известняков (преимущественно в низах разреза) с общим увеличением мощности (и уменьшением карбонатности) с запада на восток от 100 до 400 м.

В западной части территории развита терригенная формация мезозоя, характеризующаяся невыдержанным в пространстве литологическим составом нижнетриасовых отложений (преимущественно глины с прослоями алевролитов и песчаников мощностью 9-70 м) и среднеюрских отложений (глины, аргиллиты, брекчии аргиллитов, песчаники и гравелиты мощностью 20-70 м).

По физическим свойствам глинистые и опесчаненные породы весьма неоднородны. Глины карбонатные и аргиллитоподобные имеющие наибольшее распространение, имеют твердую и полутвердую консистенцию, число пластичности глин от 7 до 44 %, характеризуются высокой плотностью (плотность от 1,8 до 2,3 г/см³), которая увеличивается с глубиной, модуль

общей деформации изменяется от 130 до $300 \cdot 10^5$ Па. Песчаники мелко- и среднезернистые с глинисто-известковым цементом, часто косослоистые, различные по плотности и крепости. Объемная масса скелета до $2,5 \text{ г/см}^3$, естественная влажность 5-11 %, водопоглощение 3-10 %, временное сопротивление раздавливанию неветрелых разностей до $800 \cdot 10^5$ Па, модуль общей деформации от 50 до $400 \cdot 10^5$ Па. Глины подвержены интенсивному выветриванию, что проявляется на их физических свойствах – уменьшается плотность, возрастает пористость, влажность, ускоряется размокание; мощность зоны выветривания колеблется от 5 до 10 м. Алевролиты выветриваются медленнее, мощность зоны выветривания в них не превышает 3-4 м, у песчаников еще меньше – 0,3-0,4 м. На участках повышенной тектонической трещиноватости глубина зоны выветривания для всех литологических разностей возрастает.

Из геолого-генетических (стратиграфо-генетических) комплексов на рассматриваемой территории наиболее широко распространены ледниковые, отложения, представленные в основном суглинками, реже супесями, темными плотными вязкими неслоистыми глинами с включением галек и мелких валунов, валунными суглинками мощностью 3-5 м. Моренные суглинки обладают высокой плотностью и находятся в твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции. Они являются устойчивыми с низкой и средней степенью сжимаемости грунтами, являются практически водоупором.

В северной части территории, в долине р. Косы развиты комплексы биогенные торфяных отложений, которые характеризуются высокой влажностью, высокой пористостью, очень высокой сжимаемостью и поэтому могут привести к значительным неравномерным осадкам возводимых сооружений.

В северо-западной и юго-западной части территории распространены флювиогляциальные отложения, представленные в основном полевошпатово-кварцевыми песками светло-желтыми, различной зернистости. В юго-восточной части района распространены делювиальные и элювиально-делювиальные отложения – глины, суглинки, пески, щебень. Повсеместно, в долинах крупных и средних рек развиты аллювиальные песчано-глинистые отложения. Для отложений характерен большой диапазон физико-механических свойств. Несущая способность, физико-механические свойства грунтов зависит от литологического состава, от фациальной принадлежности, возраста и глубины их залегания, степени обводненности, очень сильно меняются. По гранулометрическому составу – это суглинки от легких до тяжелых. В естественном состоянии суглинки имеют полутвердую или тугопластичную консистенцию, а по степени насыщенности пор водой относятся к очень влажным грунтам, пористость их достаточно высокая. В целом, отложения пригодны для различных видов строительства, допустимая нагрузка составляет $2,5 \cdot 10^5$ Па. Породы на склонах находятся в неустойчивом положении.

На территории широко развиты две группы природных геологических процессов – эндогенные и экзогенные. Из эндогенных процессов важнейшими

являются современные тектонические движения, определяющие неотектонические условия и сейсмичность. Основные геологические факторы (геодинамически активные и сейсмоопасные зоны, крупные тектонические нарушения, региональные поля интенсивных геологических процессов), влияющие на экологические условия природной среды территории показаны на рис. 1 и 3.

Экзогенные геологические процессы.

Из экзогенных геологических процессов (ЭГП) наибольшее распространение на рассматриваемой территории получили: процессы заболачивания, просадки, связанные с суффозионными процессами и эрозионные процессы. Процессы заболачивания имеют очень широкое распространение особенно в северной части района, в долине р. Косы, в низовьях рр. Лопвы, Лопан, Кадзь, в верховьях рр. Косы, Чуса, Сюзьвы и др., где они распространены на слабопроницаемых ледниковых и флювиогляциальных отложениях. Размеры заболоченных участков достигают от нескольких десятков - до 100-200 км². Бассейны малых рек заболочены более чем на 30%. Поймы рек заболочены, изобилуют, особенно в нижнем течении, старицами. По условиям питания болота района относятся к верховым, переходным и низинным. Абсолютные отметки их распространения имеют широкий диапазон от 140 м до 280 м. Питание верховых болот происходит, в основном, за счет инфильтрации атмосферных осадков, низинных преимущественно за счет подземных и поверхностных вод, болота переходного типа питаются как подземными водами, так и атмосферными осадками. Причиной заболачивания является преобладание атмосферных осадков над испарением, высокий уровень грунтовых вод и плохой дренаж междуречий. Процессы образования болот неразрывно связаны с торфообразованием. Заболачивание служит угрозой лесных и сельскохозяйственных угодий.

Овражная эрозия развита, как склоновая, так и боковая речная эрозия, особенно в полосе распространения верхнепермских терригенных отложений. По степени густоты овражной расчлененности, которая характеризует суммарную протяженность оврагов на 1 км² площади (Байдин и др., 1978ф), рассматриваемая территория относится среднезаовраженным – с густотой овражной расчлененности от 0,005 до 0,01 км/км². Заовраженные участки располагаются в наиболее освоенных в хозяйственном отношении территориях и связаны с отсутствием растительного покрова либо с неотектоническими процессами. Оврагообразование служит угрозой для жилых, хозяйственных построек, лесных и сельскохозяйственных угодий.

В южной части территории отмечено проявление суффозии в виде небольших суффозионных воронок. В целом, все экзогенные геологические процессы развиты преимущественно в геодинамических активных зонах (рис. 1, 3).

Заключение

Выполнен анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории Юрлинского муниципального округа Пермского края. Установлены основные закономерности распространения подземных вод,

водоносных комплексов и горизонтов подземных вод. Описаны инженерно-геологические формации, геолого-генетические комплексы экзогенные геологические процессы. Установлены геоактивные зоны, определяющие инженерно-геологические и гидрогеологические условия. Проведено районирование и составлены гидрогеологическая и инженерно-геологическая карты.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Под редакцией А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977.
3. 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. С. 146.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
6. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2012. № 12. С. 145-149.
7. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.
8. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
9. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
11. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2012. № 2. 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*. 2011. № 1. С. 26-37.
14. 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.
15. 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.
16. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.

17. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47.
18. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 4 (17). С. 39-46.
19. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.
20. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Л.А.Островский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова. М.: Недра, 1990. 240 с.
25. Пермский край. Юрлинский муниципальный район. Юрлинское сельское поселение. Генеральный план. Пояснительная записка (обосновывающие материалы). Т.1. ПГТУ, Пермь 2013, 151 с. http://yurlinskoe.permarea.ru/upload/pages/36473/dat_1389859218485.doc.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОПРОВОДОВ

Проведен инженерно-геологический анализ по материалам инженерно-геологических и аэрокосмогеологических изысканий территории проектируемой трассы газопровода «Каменный Лог - Пермь» в центральной части Пермского края. В результате инженерно-геологического районирования территория трассы разделена на 17 инженерно-геологических участков, которые ранжированы на 4 класса по степени инженерно-геологической сложности. Примерно 40 % территории находится в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах пересечения трассы газопровода с крупными тектоническими линейaments, что сказывается на интенсивности проявления экзогенных процессов и ухудшение физико-механических свойств грунтов.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, инженерно-геологические и аэрокосмогеологические изыскания, трасса газопровода, Пермский край.

I.S. Kopylov¹, N.P. Melchakova²

¹Perm State University, Perm, Russia

² LLC «PermProjectExploration », Perm, Russia

ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT AND ZONING OF THE CENTRAL PART OF THE PERM REGION FOR THE DESIGN OF GAS PIPELINES

An engineering-geological analysis was carried out based on materials from engineering-geological and aerospace-geological surveys of the territory of the designed route of the Kamenny Log - Perm gas pipeline in the central part of the Perm Territory. As a result of engineering-geological zoning, the route territory is divided into 17 engineering-geological sections, which are ranked in 4 classes according to the degree of engineering-geological complexity. About 40% of the territory is in adverse engineering and geological conditions. The most dangerous sections are observed at the intersection of the pipeline route with large tectonic lineaments, which affects the intensity of exogenous processes and the deterioration of the physical and mechanical properties of soils.

Key words: engineering-geological conditions, engineering-geological and aerospace-geological surveys, gas pipeline route, Perm region.

Введение

В центральной части Пермского края располагается система газопроводов различных типов (магистральных, межпромысловых и др.) протяженностью несколько сот километров, которая в настоящее время интенсивно развивается.

В ближайшее время проектируется строительство новой ветки газопровода. Для проектирования, строительства и дальнейшей безопасной эксплуатации газопроводов, необходимо проведение комплексного изучения инженерно-геологических условий, регионального и детального (специального) инженерно-геологического районирования.

Объектом изучения является геологическая среда в районе трассы газопровода «Каменный Лог - Пермь» (Пермский район Пермского края), предметом - закономерности и особенности формирования инженерно-геологических условий трассы газопровода.

Цель работы: комплексная оценка инженерно-геологических условий и районирование территории трассы газопровода «Каменный Лог - Пермь (Осенцы)».

Основные задачи: анализ и оценка инженерно-геологических условий участка трассы газопровода на основе проведенных изысканий; районирование по степени сложности инженерно-геологических условий; оценка влияния тектонической трещиноватости на физико-механические свойства грунтов.

Методика исследований, инженерно-геологическая изученность:

- 1) анализ материалов инженерных изысканий по трассе газопровода;
- 2) инженерно-аэрокосмогеологический анализ территории, включающий дешифрирование космоснимков;
- 3) комплексный анализ и оценка инженерно-геологических условий;
- 4) оценка и районирование по степени сложности инженерно-геологических условий (выбор и оценка факторных признаков, бальная оценка классификационного показателя, расчет коэффициента корреляции и оценка тесноты корреляционной связи, составление карты районирования).

Инженерно-геологическая изученность территории в целом недостаточная. Проводились различные геолого-геофизические исследования, в основном – с середины XX – начала XXI вв. К основным исследованиям можно отнести государственную геологическую и гидрогеологическую съемку масштаба 1:200 000 листа О-40-XXI, геоэкологические и инженерно-геологические исследования и картографирование масштаба 1:200 000-1:500 000 (ФГУП Геокарта-Пермь, Сылвинская ГГП ПГНИУ – Денисов, Черткова и др., 1991ф; Ведерников и др., 2000ф; Копылов, 2001ф; Копылов, Коноплев и др., 2008ф и др.) [1, 2, 13], изысканий различных объектов.

Инженерно-геологические изыскания на объекте: «Строительство газопровода попутного нефтяного газа «Каменный Лог - Пермь» (в рамках реконструкции системы транспорта газа)» проведены геологическим отделом ООО «ПермПроектИзыскания» в марте-апреле 2013 г. Инженерно-геологические изыскания проводилась в соответствии с требованиями технического задания, сведениями о природных условиях района работ, СНиП 11-02-96 [20], СП 11-105-97 и других действующих нормативных документов. Основные виды работ: рекогносцировочное и маршрутное обследование, буровые и горнопроходческие работы, опробование грунтов и воды, лабораторные работы [22].

Для оценки геодинамической активности территории были использованы материалы аэрокосмогеологических исследований, выполненных И.С. Копыловым для ООО «Газпром Трансгаз Чайковский», дополнительно были проведены детальное дешифрирование космических снимков трассы, линеаментно-геодинамический анализ. Комплекс аэрокосмогеологических исследований и комплексного анализа (АКГИ) выполнен по методикам [4, 6-8, 16, 17]. В результате этих исследований по повышенной плотности тектонических линеаментов были выделены геодинамические активные участки, которые отличаются различными физико-механическими свойствами грунтов.

Детальное инженерно-геологическое районирование выполнено по методике В.В.Середина [19]. Методика районирования основывается на бальной оценке классификационного признака. Её особенностью, является то, что неизвестен классификационный показатель (Кр); неизвестны граничные значения (Кр); но известны численные значения факторных признаков в каждой подобласти исследуемой территории.

Природно-геологические факторы формирования инженерно-геологических условий

Участок изысканий расположен в Пермском районе Пермского края (рис. 1).

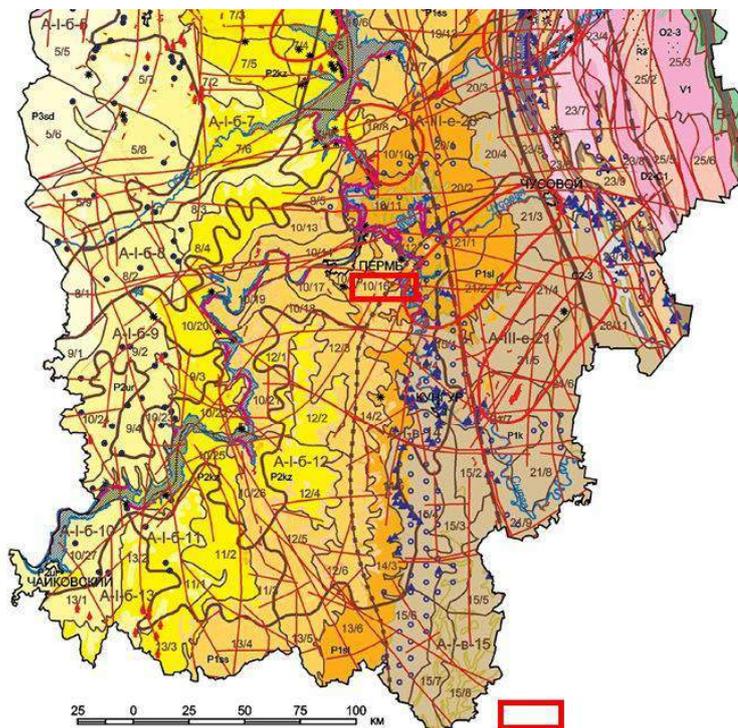


Рис. 1. Район исследований на инженерно-геологической карте Пермского края [11, 14]

По физико-географическому районированию территория расположена в пределах Предуральской равнины и характеризуется холисто-увалистым рельефом, на левом берегу р. Кама.

Климат района континентальный, с холодной продолжительной зимой, теплым, но сравнительно коротким летом, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, а также почвы овражно-балочного комплекса.

Гидрографическая сеть исследуемой территории относится к бассейну р. Камы и Камского водохранилища. Участок изысканий находится в долинах притоков р. Камы рек Сылвы и Мулянки. Всего трасса газопровода пересекает одиннадцать водотоков (р. Мулянка, р. Сыра, р. Черная, р. Ветлан, р. Петрищевка, р. Каменка, р. Бертешиха, р. Малая Бертешиха, р. Медведка, р. Буртымка, р. Бабинка), из них 6 относятся к бассейну реки Сыра (приток первого порядка р. Сылвы) в том числе сама р. Сыра, 5 водотоков относятся к бассейну р. Мулянки.

В геологическом строении района в верхней части разреза принимают участие преимущественно красноцветные отложения шешминской свиты уфимского яруса нижнего отдела пермской системы, в меньшей степени – соликамской свиты и локально – неогена. Они перекрывают отложения кунгурского яруса, выходя на поверхность. Коренные породы перекрыты различным по мощности (3-10 и более м) чехлом четвертичных отложений. Рыхлые отложения представлены четвертичными аллювиальными, делювиальными, элювиально-делювиальными, полигенетическими и элювиальными глинистыми образованиями.

В тектоническом отношении территория расположена на восточной окраине Восточно-Европейской (Русской) платформы, в пределах Волго-Уральской антеклизы, на границе двух крупных тектонических структур Пермского свода и Бымско-Кунгурской впадины. Пермский свод – это крупная брахиформная антиклинальная структура, ориентированная в северо-восточном простирании. В центральной части структуры на земную поверхность выступают кунгурские и уфимские отложения. В осадочном чехле Пермский свод более отчетливо выделяется в девонских и каменноугольных отложениях. Строение Пермского свода осложнено структурами последующих порядков, наиболее крупными из которых являются Краснокамский и Лобановский валы [12, 18]. На территории по геолого-геофизическим данным выделено большое количество тектонических нарушений (рис. 2).

Современная геодинамика и неотектоника

В соответствии с картами А, В, С общего сейсмического районирования РФ (ОСР-2015) интенсивность сейсмического воздействия (сейсмичность района) согласно 7 баллов.

На территории по геолого-геофизическим данным выделено большое количество тектонических нарушений. По дешифрированию космических снимков масштаба 1:100 000-1:200 000 (И.С. Копылов, 2015) выделены тектонические линеаменты различных направлений, при этом, наиболее четко на снимках выражена серия северо-восточных, субмеридиональных и субширотных линеаментов. По протяженности они ранжированы на 4 градации - региональные (более 100 км), зональные (50-100), локальные (25-50), короткие (5-25 и менее) км. Проведена оценка геодинамической активности района,

выделены участки с низкой, средней, повышенной, высокой, очень высокой и чрезвычайно высокой плотностью линеаментов (рис. 3).

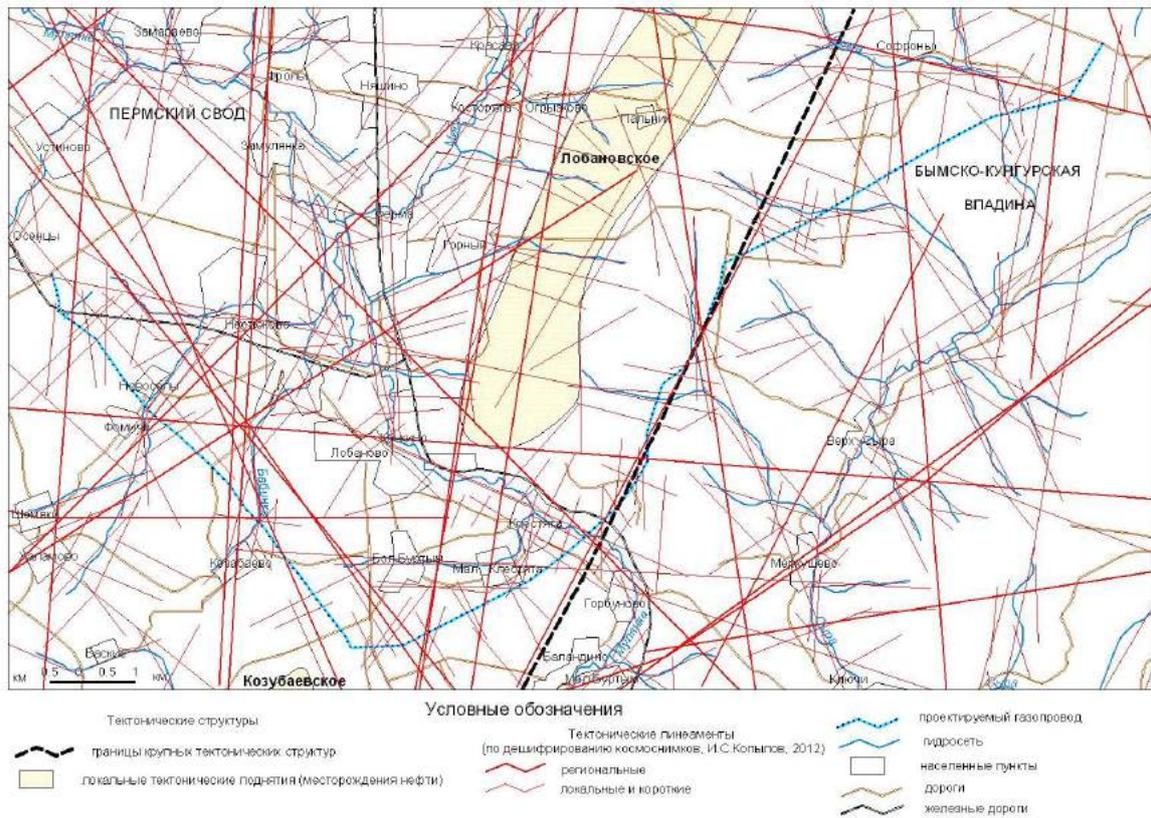


Рис. 2. Тектоническая схема района трассы газопровода [8, 12]

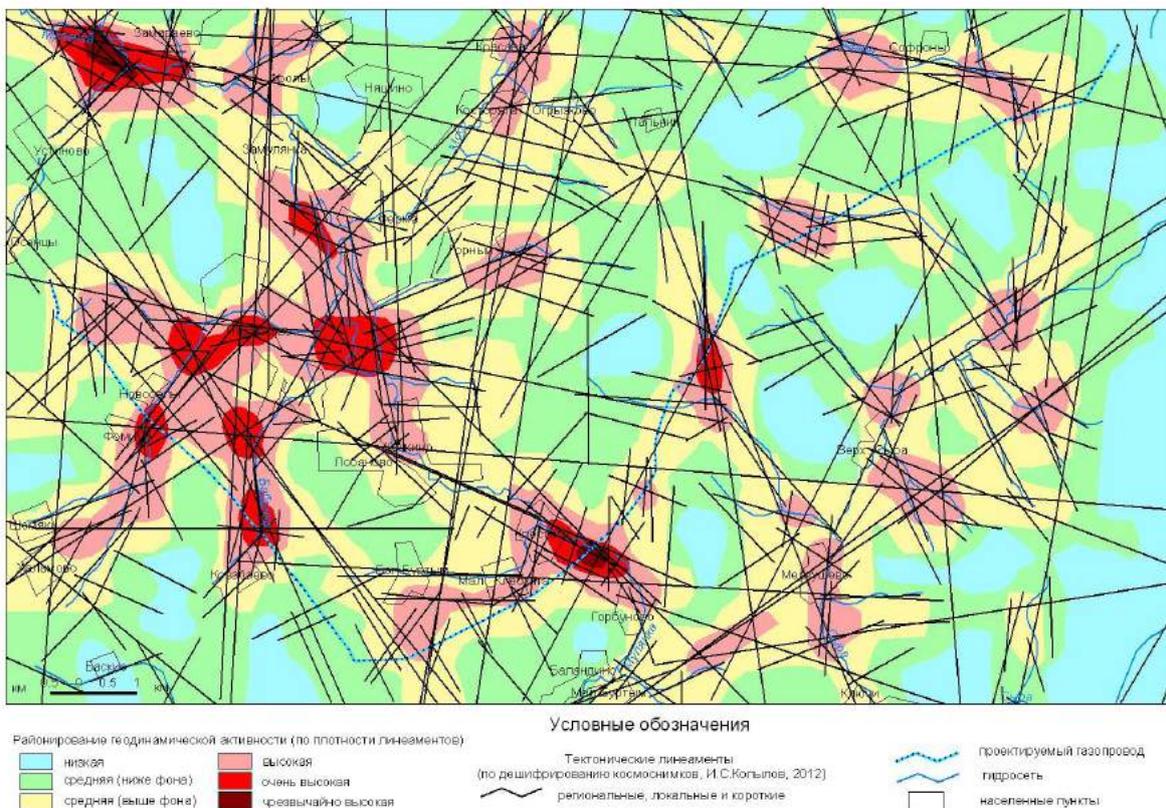


Рис. 3. Карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон района трассы газопровода

Наиболее тектонически ослабленными являются геодинамические зоны и участки на границах неотектонических блоковых структур, и их осевых линиях, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение линейных элементов и мегатрещин, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и повышенная неотектоническая активность [8].

По *гидрогеологическому районированию* территория расположена в пределах Восточно-Русского (Камско-Вятского) артезианского бассейна, относится к Камской гидрогеологической области трещинно-грунтовых и трещинно-пластовых вод [9, 10]. На поверхности в зоне свободного водообмена распространены четвертичный и шешминский водоносные комплексы.

Четвертичный аллювиальный водоносный горизонт четвертичного водоносного комплекса (aQ_{IV}). Распространён в долинах современных рек. Его мощность находится в пределах 5-15 м, достигая 35 м в долине р. Камы. Химический состав подземных вод преимущественно гидрокарбонатный кальциевый, магниевый-кальциевый, реже натриевый с минерализацией 0,1-3,0 в среднем 0,15 г/дм³.

Шешминский водоносный комплекс (P_{1ss}). Приурочен к шешминскому горизонту уфимского яруса. Мощность комплекса от 20-30 до 320-410 м. Сложен переслаивающимися и выклинивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами, с линзами известняков, мергелей. Характерна загипсованность. Химический состав выше эрозионного вреза преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,2-0,5 г/дм³, ниже эрозионного вреза преобладают сульфат-содержащие кальциевые, натриево-кальциевые, кальциевые-натриевые воды с минерализацией от 1,5 до 14,2 г/дм³.

По химическим анализам [22] подземные воды не агрессивны по отношению к бетону нормальной проницаемости (марки W4) и к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании; среднеагрессивны – к металлическим конструкциям.

Инженерно-геологические условия

По *инженерно-геологическому районированию* территория исследований (Пермский район) расположена в пределах Восточно-Европейской платформы (регион I порядка), Волго-Уральского региона (II порядка), области денудационной равнины Среднего Прикамья, района Среднекамской низменной равнины. Трасса газопровода проходит по 2 инженерно-геологическим участкам I порядка [3, 12] (рис. 1).

На территории распространена *карбонатно-терригенная формация нижней перми*. В верхней части разреза принимают участие преимущественно красноцветные отложения шешминской свиты уфимского яруса нижнего отдела пермской системы.

Породы карбонатно-терригенной формации уфимского яруса нижней перми представлены терригенными осадками мощностью от 50 до 400 м. В основании залегают песчаники, выше по разрезу переслаивающиеся с

алевролитами, верхнюю часть разреза образуют глины и аргиллиты с прослоями известняков. Преобладают в разрезе глины и алевролиты. Глины карбонатные, аргиллитоподобные твердой и полутвердой консистенции, характеризуются высокой плотностью, которая увеличивается с глубиной.

Из геолого-генетических (стратиграфо-генетических) комплексов на территории распространены следующие основные комплексы [2, 12].

Комплекс аллювиальных отложений представлен суглинком серым, светло-коричневым, темно-коричневым от твердой до текучей консистенции, с линзами (до 2 см) песка мелкого, средней крупности, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава хорошо окатанных.

Комплекс делювиальных и элювильно-делювиальных отложений представлен глиной коричневой, темно-коричневой, темно-бурой от твердой до текучей консистенции, участками с галькой до 10-25%, с линзами глины гравелистой (гравия и гальки 25-35%) полутвердой, местами с примесью органических веществ, с линзами песка коричневого мелкого до 2 см. Участками встречается суглинок гравелистый (гравия и гальки 30-35%).

Комплекс элювильных отложений представлен суглинком коричневым полутвердой консистенции (сильновыветрелый аргиллит), с тонкими прослоями песчаника серого мелкозернистого рыхлого, с включением дресвы аргиллита до 10%.

Комплекс техногенных грунтов представлен насыпным грунтом. Встречен в основном на участках переходов трассы через дороги и представлен: щебенистым грунтом с суглинистым полутвердым заполнителем (заполнителя 30%) и суглинком тяжелым пылеватым тугопластичным.

В процессе инженерных изысканий района (по данным бурения 132 скважин, 320 проб грунтов) [22] грунтовые условия были изучены на глубину до 15 м. В соответствии с полевым описанием грунтов, лабораторными данными, ГОСТ 20522-2012 и классификацией по ГОСТ 25100-2011, выделены 11 инженерно-геологических элементов (ИГЭ): ИГЭ-1б – насыпной грунт: щебенистый грунт (tQ); ИГЭ-1в – насыпной грунт: суглинок тугопластичный (tQ); ИГЭ-1 – суглинок текучепластичный и текучий (aQ_{IV}); ИГЭ-2 – суглинок мягкопластичный (aQ_{IV}); ИГЭ-3 – суглинок твердый и полутвердый (aQ_{IV}); ИГЭ-3а – суглинок тугопластичный (aQ_{IV}); ИГЭ-4 – глина мягкопластичная (dQ_{IV}); ИГЭ-4а – глина текучепластичная и текучая (aQ_{IV}); ИГЭ-5 – глина тугопластичная (dQ_{IV}); ИГЭ-6 – глина твердая и полутвердая (dQ_{IV}); ИГЭ-7а – суглинок полутвердый (eQ).

На территории установлены *экзогенные геологические процессы (ЭГП)*, среди которых следует отметить подтопление территории на участках прохождения трассы газопровода по долинам рек и в логах, речную эрозию, оползневые процессы, а также пучинистость грунтов в зоне сезонного промерзания.

Подтопление развивается вследствие подъема уровня первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта, который испытывает существенные сезонные и многолетние колебания, обусловлено превышением приходных статей водного баланса над расходными под влиянием комплекса

природных и техногенных факторов [11, 14]. Факторами *эрозионной деятельности рек* является: гидрологический режим реки, который определяется условиями питания и продольный профиль реки. Интенсивность речной эрозии возрастает в периоды половодий и паводков, т.к. при этом возрастают и водная масса, и скорость ее перемещения.

В пределах участка изысканий грунты могут проявлять *пучинистые свойства* в зоне сезонного промерзания. С учетом всех отрицательных температур за год нормативная глубина промерзания насыпных грунтов составляет 2,7 м, глинистых грунтов - 1,9 м. По степени морозоопасности, согласно [21], до глубины промерзания глинистые мягкопластичные, текучепластичные и текучие грунты от сильнопучинистых до чрезмерно пучинистых, твердые, полутвердые и тугопластичные от слабопучинистых до сильнопучинистых.

Районирование и оценка инженерно-геологических условий по степени сложности

Методика районирования, основана на бальной оценке классификационного признака [19] инженерно-геологических факторов [3, 5, 11, 14].

Факторные признаки.

Для системы «газопровод - геологическая среда» результаты выбора и бальной оценки факторных признаков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты выбора и бальной оценки факторных признаков

Наименование факторных признаков	Инд. экс. при знака	Весовой коэффициент (ранг)	Бальная оценка факторных признаков			
			1	2	3	4
Консистенция глин. грунтов	А	1	Показатель текучести, I_L , д.е.			
			Твердая Полутвердая	Тугопластичная	Мягкопластичная	Текучепластичная Текучая
Пучинистость грунтов	Б	2	Степень пучинистости, ε_{fn} , %			
			$\varepsilon_{fn} < 1,0$ Непучинистый $1,0 \leq \varepsilon_{fn} \leq 3,5$ Слабопучинистый	$3,5 < \varepsilon_{fn} \leq 7,0$ Среднепучинистый	$7,0 < \varepsilon_{fn} \leq 10,0$ Сильнопучинистый	$\varepsilon_{fn} > 10,0$ Чрезмернопучинистый
Эндогенные процессы	В	3	Тектоническая трещиноватость, баллы			
			Низкая Средняя (ниже фона)	Средняя (выше фона)	Высокая	Очень высокая Чрезвычайно высокая
Экзогенные процессы	Г	4	Отсутствие или наличие экзогенных процессов (подтопление, речная эрозия, оползневые процессы)			
			Отсутствуют экзогенные процессы	Действует один процесс	Действуют два процесса	Действуют три процесса

Территория изысканий сложена в основном глинистыми грунтами, поэтому *первым* факторным признаком выбран показатель текучести глинистых грунтов. Грунты с твердой и полутвердой консистенцией являются наиболее выгодным основанием, чем текучепластичной и текучей, так как менее подвержены деформациям.

Вторым по значимости факторным признаком выбрана пучинистость грунтов, так как в пределах участка изысканий грунты могут проявлять пучинистые свойства в зоне сезонного промерзания.

Третьим факторным признаком являются эндогенные геологические процессы (геодинамическая активность и трещиноватость), в пределах которых развиваются ЭГП с различной интенсивностью. По плотности тектонической трещиноватости территория подразделяется на участки с различной степенью геодинамической активности. Данные по плотности тектонической трещиноватости выражены в баллах в зависимости от среднего арифметического и стандартного отклонения (ед. изм. – количество протяженности линеаментов в км на ед. площади – км²).

В результате корреляционного анализа [15] выявлена связь между показателями физико-механических свойств грунтов и тектонической трещиноватостью. Для грунтов ИГЭ-1 было выявлено, что наблюдаются взаимосвязи между плотностью тектонической трещиноватости и влажностью грунтов ($r_p=0,45 > r_T$), влажностью грунтов на границе текучести ($r_p=0,46 > r_T$), влажностью на границе раскатывания ($r_p=0,57 > r_T$), модулем деформации ($r_p=0,62 > r_T$). Для грунтов ИГЭ-2 выявлены, взаимосвязи между плотностью тектонической трещиноватости и влажностью грунтов ($r_p=0,51 > r_T$), влажностью на границе раскатывания ($r_p=0,46 > r_T$), показателем текучести ($r_p=0,44 > r_T$), плотностью грунтов ($r_p=-0,48 > r_T$).

Зависимость влияния некоторых физико-механических свойств грунтов (влажность) от плотности линеаментов показана на рис. 4.

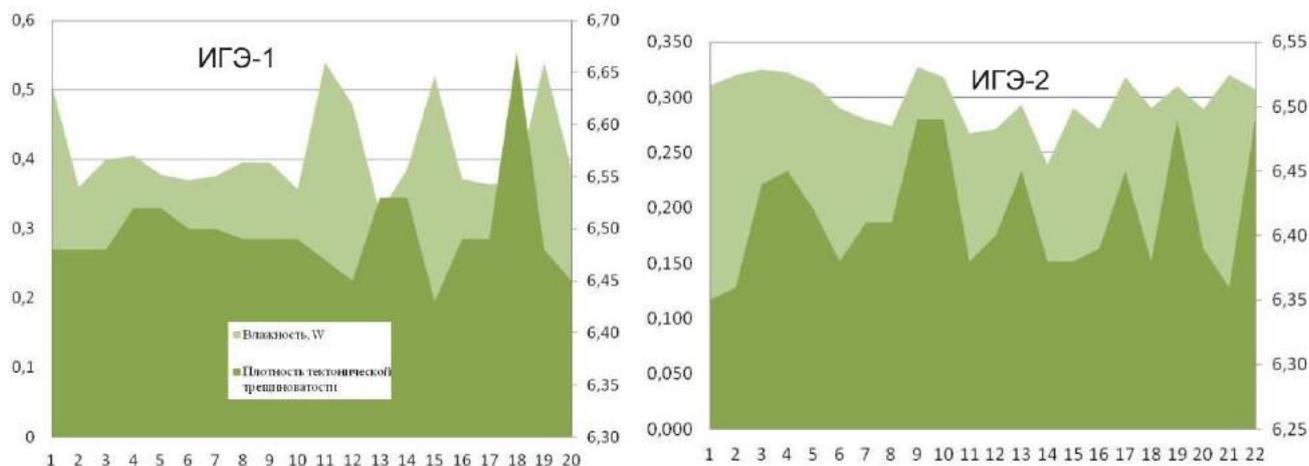


Рис.4. График зависимости показателей влажности от плотности тектонической трещиноватости грунтов

На графике видно, что большему показателю влажности соответствует больший балл плотности линеаментов. Это свидетельствует о том, что тектоническая трещиноватость грунтов негативно влияет на изменение физико-механических свойств грунтов, тем самым увеличивая опасность участков на трассе газопровода.

Четвертым факторным признаком обозначены ЭГП (речная эрозия, подтопление, оползневые процессы). Отсутствие каких-либо процессов является наиболее благоприятным условием для строительства и эксплуатации газопровода.

В качестве классификационного показателя используется критерий $K_6 = K_p$, этот критерий рассчитывается по следующей зависимости:

$$K_6 = 1 \cdot A + 2 \cdot B + 3 \cdot I + 4 \cdot G, \text{ где: } 1, 2, 3, 4 - \text{весовые коэффициенты (ранг)}$$

A, B, I, G – факторные признаки

Обоснование граничных значений классификационного показателя $K_6 = K_p$. Считается, что если все факторные признаки имеют один балл, то сооружение находится в весьма выгодных условиях. В этом случае значения классификационного показателя будут минимальные: $K_p = K_6 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 = 10$ баллов.

При $K_p = K_6 = 10-20$ - сооружение находится в благоприятных инженерно-геологических условиях.

При $K_6 = K_p = 20-30$ - сооружение находится в неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

При $K_p = K_6 = 4 \cdot 1 + 4 \cdot 2 + 4 \cdot 3 + 4 \cdot 4 = 40$ - сооружение будет находиться в чрезвычайно неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

Модель районирования.

В соответствии с условиями работы системы «газопровод - природная среда» предложена следующая модель районирования (табл. 1).

Таблица 2

Модель районирования

Наименование таксона	Оценка условий	Значение K_p
I	Благоприятные	<10
II	Условно благоприятные	10-20
III	Неблагоприятные	20-30
IV	Весьма неблагоприятные	>30

Расчетная схема фактического материала для районирования по степени инженерно-геологической сложности приведена на рис. 5.

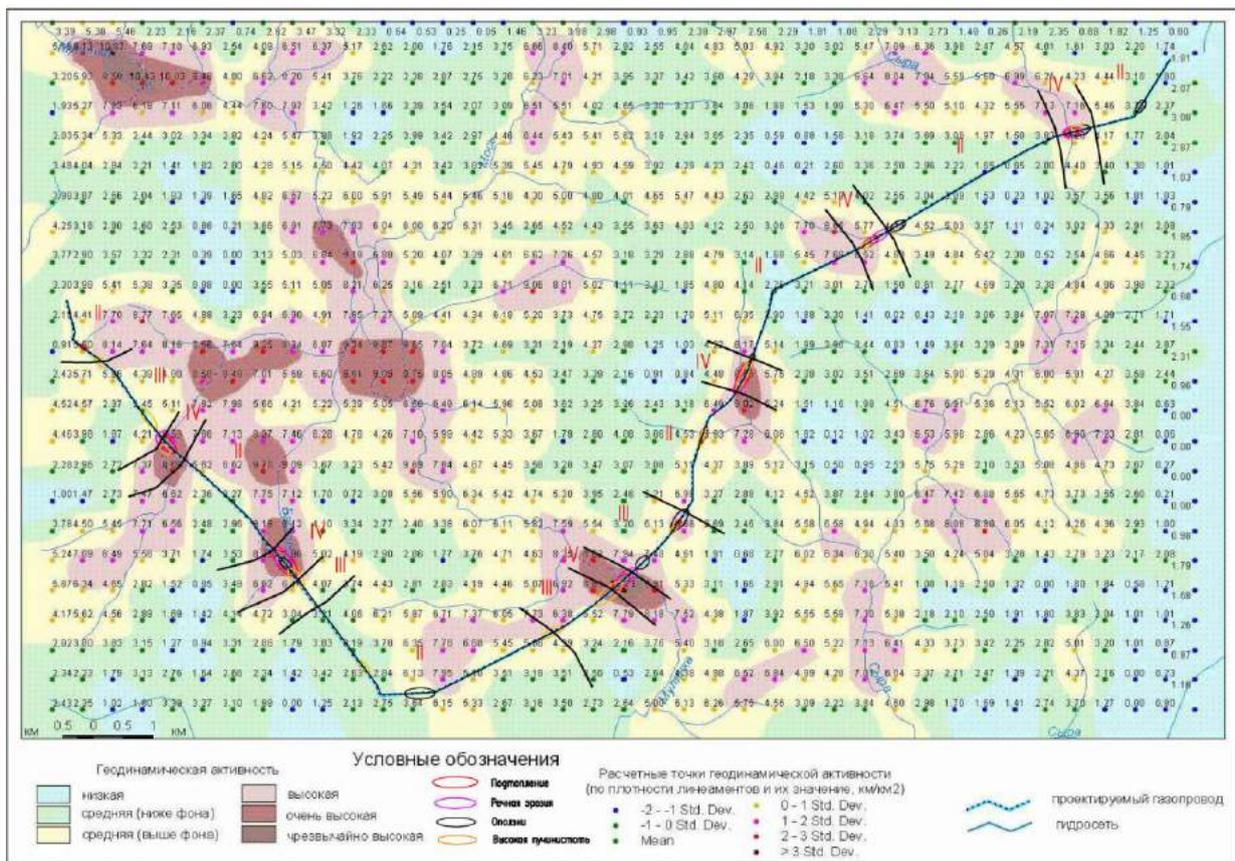


Рис. 5. Расчетная схема фактического материала для районирования по степени инженерно-геологической сложности

По полученным инженерно-геологическим данным выделены следующие таксоны:

I - таксон характеризуемый благоприятными условиями, по трассе не выявлен;

II - таксон характеризуется условно благоприятными условиями, по трассе выявлено 7 участков. Участки сложены глинистыми грунтами от твердой до тугопластичной консистенции (редко мягкопластичной), экзогенные процессы в основном не развиты (на 2 участках отмечено подтопление и возможно образование оползневых процессов), низкая и средняя (ниже фона) геодинимическая активность;

III - таксон характеризуется неблагоприятными условиями, по трассе выявлено 4 участка. Участки сложены глинистыми грунтами в основном мягкопластичной консистенции (встречается тугопластичная и текучая), из экзогенных процессов наблюдаются подтопление территории и возможно образование оползней, участки обладают средней (выше фона) и высокой геодинимической активностью;

IV - таксон характеризуется чрезвычайно неблагоприятными условиями, по трассе выявлено 6 участков. Участки сложены глинистыми грунтами текучепластичной и текучей консистенции (встречается мягкопластичная), выявлено наличие всех экзогенных процессов, такие как речная эрозия, подтопление территории и оползневые процессы, геодинимическая активность от высокой до чрезвычайно высокой.

Таким образом, в результате инженерно-геологического районирования территория проектируемой трассы разделена на 17 инженерно-геологических участков, которые ранжированы на 4 класса по степени инженерно-геологической сложности (рис. 6).

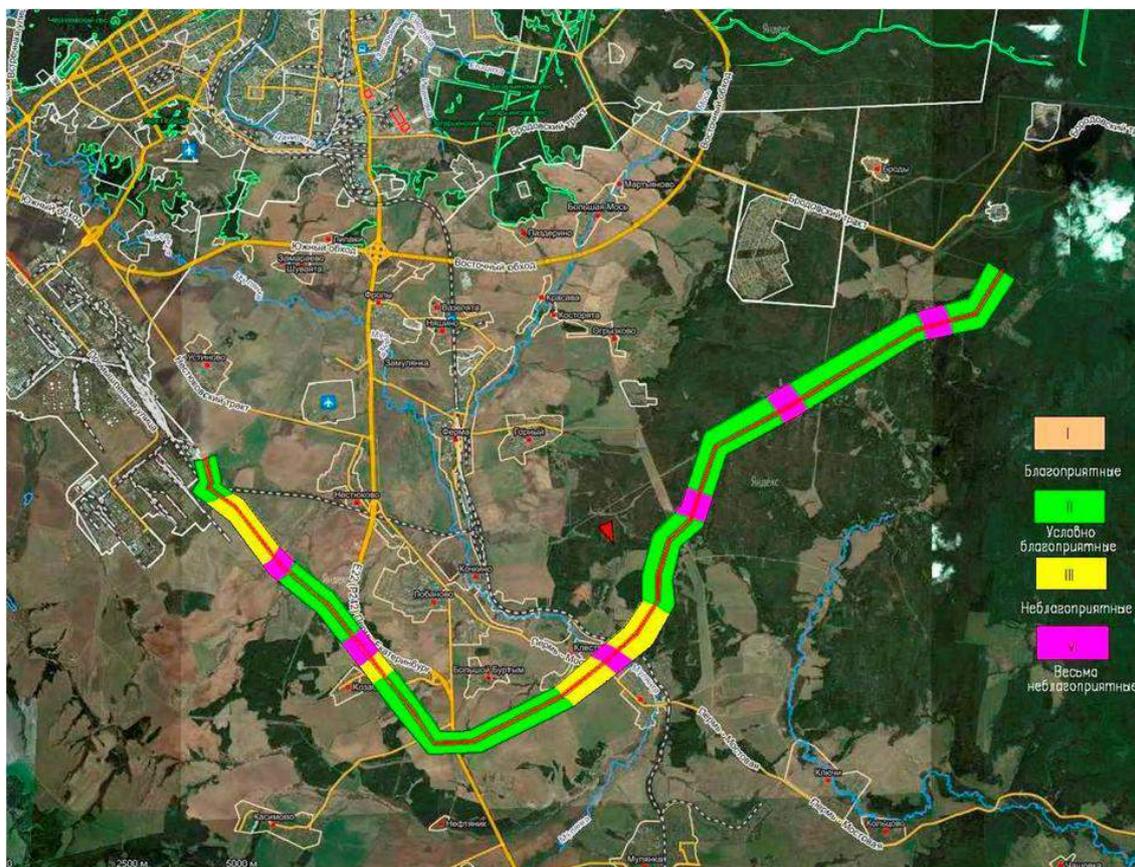


Рис. 6. Карта инженерно-геологического районирования трассы газопровода

Заключение

В результате инженерно-геологического районирования территория проектируемой трассы разделена на 17 инженерно-геологических участков, которые ранжированы на 4 класса по степени инженерно-геологической сложности. Примерно 40 % территории находится в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах пересечения трассы газопровода с крупными региональными линеаментами, что сказывается на интенсивности проявления экзогенных процессов, а следовательно на изменение физико-механических свойств грунтов.

Установлена зависимость влияния некоторых физико-механических свойств грунтов от плотности линеаментов, характеризующих геодинамическую активность территории, что свидетельствует о том, что в геодинамически активных зонах с высокой тектонической трещиноватостью (высокой плотностью линеаментов) свойства грунтов ухудшаются.

На основе проведенных исследований можно предложить некоторые рекомендации по проведению мероприятий для повышения безопасности

строительства и эксплуатации газопровода:

- при строительстве на установленных неблагоприятных инженерно-геологических участках следует уменьшить расстояние между бетонными опорами;

- при пересечении водотоков в теле насыпей должны быть предусмотрены водопропускные сооружения;

- при прокладке трубопроводов по направлению уклона местности свыше 20% следует предусмотреть устройство противэрозионных экранов и перемычек, как из естественного грунта, так и из искусственных материалов, для отвода поверхностных вод от трассы газопровода;

- в средне-, сильно- и чрезвычайно пучинистых грунтах следует предусматривать глубину прокладки газопровода, как правило, ниже глубины промерзания;

- следует предусмотреть мероприятия по отводу воды от траншеи газопровода, не допускать обводнения и заболачивания трассы;

- при эксплуатации газопровода уделить особое внимание (вести мониторинг) участкам с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями; внеплановый обход трассы газопровода следует производить после обильных дождей, подъема грунтовых вод и уровня воды в реках.

Библиографический список

1. Государственная геологическая карта (карта дочетвертичных отложений). Масштаб 1:200 000. Пермская серия. О-40-XXI. (Кунгур). Авторы: М.И. Денисов, А.А. Болотов. Редактор В.П. Горский. ВСЕГИНГЕО, Л., 1991.

2. Государственная геологическая карта (карта четвертичных отложений). Масштаб 1:200 000. Пермская серия. О-40-XXI. (Кунгур). Автор И.И. Черткова. Редактор В.П. Горский. ВСЕГИНГЕО, Л., 1991.

3. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т. 1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1978.

4. 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. С. 146.

5. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.

6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

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

10. 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.

11. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
12. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
13. 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.
14. 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.
15. Мельчакова Н.П. Инженерно-геологические условия и районирование центральной части Пермского края для проектирования газопроводов // *Геология в развивающемся мире*. Пермь: ПГНИУ, 2015. С. 90-93.
16. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75.
17. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 5-6. С. 76-77.
18. Неганов В.М., Родионовский В.И., Зотеев М.С. Геологическое строение Пермского Прикамья по данным геолого-геофизических исследований // *Геофизика. Специальный выпуск*. 2000. С.11-32.
19. Середин В.В. Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии Пермь: Пермский гос. ун-т, 2011. 120 с.
20. СНиП 11-02-96 - Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
21. СП 22.13330.2011 - Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
22. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Строительство газопровода попутного нефтяного газа (в рамках реконструкции системы транспорта газа)». ООО «ПермПроектИзыскания. Пермь, 2013.

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ
(НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ)**

В статье рассматриваются вопросы методологии формирования информационно-аналитической системы как элемента информационного пространства недропользователя, для решения инженерно-геологических задач. Описываются преимущества использования реляционных баз данных в инженерной геологии совместно с геоинформационными системами. Раскрываются возможности управления природно-технической системой «месторождение» на основе информационно-аналитической модели на всех этапах жизненного цикла территории.

Ключевые слова: инженерная геология, геоинформационное моделирование, информационно-аналитическая система, база данных.

P.A. Krasilnikov

Perm State University, Perm, Russia

**INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR SOLVING
ENGINEERING AND GEOLOGICAL PROBLEMS OF SUBSOIL USE
(AT ALL STAGES OF THE LIFE DEPOSIT CYCLE)**

The article discusses the methodology of forming an information-analytical system as an element of the subsurface user's information space for solving engineering and geological problems. The advantages of using relational databases in engineering geology together with geographic information systems are described. The possibilities of managing the natural-technical system "field" are revealed on the basis of an information-analytical model at all stages of the life cycle of the territory.

Keywords: engineering geology, geoinformation modeling, information and analytical system, database.

Введение

В последние годы уже ни у кого не вызывает сомнения утверждение о том, что информация является одним из самых ценных ресурсов. Отсутствие оперативной, достоверной и полной информации об инженерно-геологической среде, зачастую может привести к возникновению аварийных ситуаций. Автор считает, что большинство аварийных ситуаций возникающих при эксплуатации зданий и сооружений различного назначения связано с отсутствием полной и оперативной информацией в системе «сооружение – геологическая среда». Именно оперативная, то есть своевременная информация, доступная для анализа и прогнозирования изменений происходящий в геологической среде является базой для принятия своевременных мер. Поэтому, все больше и

больше исследователей приходит к тому, что создание и ведение информационных ресурсов в области геологии и инженерной геологии является необходимым условием оперативного и обоснованного принятия управленческих решений.

Уже неоднократно отмечалось, что в пределах крупных горнопромышленных районов необходимо вести и поддерживать информационную систему геологической среды, создаются специализированные горно-геологические информационные системы (ГГИС) на основе различных программных продуктов (Mineframe, Micromine, Minescape, Geomix, K-MINE и др.) Однако, их назначение сводится к решению производственных горнодобывающих задач, т. е. предназначено для горных инженеров, геологов и маркшейдеров. Вопросы инженерной геологии не рассматриваются и не решаются. Многие исследователи (инженер-геологи) считают, что инженерно-геологические базы данных необходимо вести на основе геоинформационных систем.

Постановка проблемы

Необходимость и возможность использования геоинформационных систем для решения инженерно-геологических задач, в настоящее время уже не вызывает ни у кого сомнений. В работах [1-7] в качестве основного инструмента накопления и структурирования инженерно-геологической информации выступают ГИС-системы. Автор считает, что геоинформационные системы идеально подходят для информационно-картографического моделирования и решения задач в плоскости карты, но плохо приспособлены для построения геологических разрезов и моделирования глубинной изменчивости территории. Это связано, прежде всего, с тем, что структура классических геоинформационных систем позволяет хранить информацию только в плоскости карты, по принципу «одна строка – одна запись – один объект на карте», что не применимо для работы в условиях открытой природной системы. В этом случае, «дополнительная» (количественная и качественная) информация, хранящаяся в атрибутивной таблице, может характеризовать объекты только в плоскости и не позволяет хранить информацию о глубинном строении. Накопление и структурирование инженерно-геологических данных полученных в разные временные периоды для одной и той же точки пространства (скважин), средствами ГИС, также вызывает затруднения. Например, мониторинговые наблюдения за режимом подземных вод или повторное опробование грунтового массива достаточно сложно хранить в реляционной (атрибутивной) таблице ГИС, так как появляется большое количество столбцов, которые плохо организуемы между собой (уровень, хим. состав, дата опробования). Поэтому *целью работы* ставилось – разработка методологии формирования информационно-аналитических систем для принятия управленческих решений по обеспечению безаварийной эксплуатации подземных и наземных сооружений на всех этапах жизненного цикла территории.

Разработка методологии формирования горно-геологических информационно-аналитических систем

Решение проблемы по разработке методологии формирования горно-геологических информационно-аналитических систем для недропользования, автор видит в создании реляционной ГИС, в которой могут быть реализованы связи по принципу «один – ко многим», «многие – ко многим». Однако, классические, настольные ГИС, пока не могут реализовать эту связь. Поэтому, наиболее оптимальным, является вариант хранения пространственной информации в виде связанных таблиц (реляционные базы данных), интерактивно связанной с геоинформационными системами. Эта связь позволит содержать разворачиваемую информацию о глубинном строении в точке или полигоне на плане и качественно визуализировать имеющуюся информацию и использовать все инструментальные возможности ГИС-систем для обработки и анализа имеющихся данных.

Автор, в работах других исследований, иногда сталкивается с подменой понятий. В некоторых работах, под реляционной базой данных понимается реляционная (атрибутивная) таблица ГИС. Однако, реляционная таблица ГИС и реляционная база данных это принципиально разные понятия.

Реляционные базы данных существуют уже около 30 лет. Такая база данных представляет собой совокупность электронных таблиц. Можно выполнять запросы, которые возвращают наборы данных, получаемых из одной или нескольких таблиц. В рамках одного запроса данные получаются из нескольких таблиц путем их соединения, чаще всего для соединения используются те же колонки, которые определяют отношения между таблицами. Доступ к реляционным базам данных осуществляется через реляционные системы управления базами данных.

Использование же только реляционной базы данных тоже имеет ряд ограничений и неудобств. Так, в таблице удобно хранить информацию для дискретных объектов, но невозможно для полигонов и полилиний. Таким объектами могут стать: тектонические разломы, участки развития различных экзогенных процессов и другие характеристики инженерно-геологических условий территории. В этом случае, в ГИС можно и необходимо хранить информацию характерную для полигональных и линейных объектов, характеризующих топографическую и инженерно-геологическую ситуацию территории исследования.

Кроме того, инструментарии ГИС неплохо справляются с 3D визуализацией данных, поэтому использование ГИС, связанной с реляционной базой данных, позволит хранить и анализировать информацию в трехмерном пространстве, что соответствует принципам организации природной системы.

При таком подходе, ГИС могут стать хорошей инструментальной базой, позволяющей не только геостатистически обрабатывать большие объемы пространственных данных, но и визуализировать их в 3D виде. Кроме того, уже не вызывает сомнения утверждение о том, что подготовка результирующего картографического материала в ГИС-системах очень удобна и может обеспечить соответствие всем требованиям, предъявляемым к цифровому

картографическому материалу.

Проведя всесторонний анализ, автором были выделены и разработаны принципы создания инженерно-геологических базы данных, которые опубликованы в работе [6].

Однако сама база данных предназначена для накопления, хранения и структурирования информации, а для принятия решений, необходимо проводить всесторонний анализ и синтез этой информации в зависимости от поставленных задач. Для этого необходимы инструменты, позволяющие проводить различного рода расчеты и давать прогнозные оценки. Таким образом, к имеющейся информации необходимо добавить аналитические возможности, реализованные с использованием различных программных средств. В итоге, мы будем иметь информационно-аналитическую систему.

История развития информационно-аналитических систем (ИАС) неразрывно связана с развитием электронно-вычислительных средств.

Одним из наиболее полных определений этого термина дано О.В. Пьянковым. Он считает, что ИАС – технологическое обеспечение индивидуальной и коллективной аналитической деятельности, представляющее собой комплекс аппаратных, программных средств, позволяющее в соответствии с определенным методологическим и организационным обеспечением эффективно обрабатывать информацию с целью повышения качества имеющихся и приобретения новых знаний, а также принятия оптимальных управленческих решений [8].

В настоящее время, под информационно-аналитической системой, понимают совокупность структурированной информации по предмету исследования, аппаратных средств и различных программных решений позволяющих осуществлять ввод, хранение, анализ данных и их вывод в необходимые пользователю форматы.

Таким образом, можно выделить следующие стадии создания инженерно-геологической информационно-аналитической системы:

- создание реляционной базы данных инженерно-геологической информации территории на основе синтеза и систематизации всех имеющихся данных;
- создание геоинформационно-картографической системы геологической среды;
- выбор или создание дополнительного программного обеспечения для реализации различного рода расчетов.

Концептуальная модель создания и функционирования такой системы представлена на рис. 1.

По своему характеру такая информационно-аналитическая система должна быть всесторонней и включать всю имеющуюся информацию, полученную на разных стадиях инженерно-геологических работ такую как: характеристика четвертичных и дочетвертичных отложений, геоморфологические и гидрогеологические условия, физико-механические свойства грунтового массива, экзогенные процессы и т.д. Тогда, на основе этой информации возможно решение широкого класса различных задач. На

основании этого очевидно преимущество использования принципа централизованной архитектуры. Для него является характерным наличие единой базы данных и удаленного интерактивного режима работы с ней из любого объекта сети, то есть база данных разворачивается на центральном сервере, а всем заинтересованным лицам раздается доступ с ограниченными возможностями клиентских мест. Использование этого принципа дает возможность работать с базой данных в режиме реального времени нескольким специалистам: геологам, гидрогеологам, проектировщикам и другим, что позволяет в любой момент получать только актуальную информацию, исключает возможность двойного ввода и позволяет осуществлять, дополнительный контроль вводимой информации от всех пользователей.



Рис.1. Концептуальная модель функционирования информационно-аналитической системы для решения инженерно-геологических задач

Для решения инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых необходимо обладать не только инженерно-геологической информацией, но и горно-геологической: горно-геологические условия, параметры горных работ и т.д. Все это будет оказывать существенной влияния на инженерно-геологические условия территории, поэтому создание информационно-аналитической системы инженерно-геологических информации невозможно в отрыве от информационных ресурсов остальных служб предприятия. Поэтому стоит задача объединения всех информационных ресурсов недропользователя в одну систему.

Анализ литературы по предмету исследования показал, что в настоящее время активно пропагандируется идея о создании единой информационной базы данных недропользователя, способной обеспечить информацией все

службы предприятия на основе единой ГГИС, созданной на основе реляционной базы данной или на какой-то другой платформе. Однако, по мнению автора, такой подход невозможен, поскольку нет универсального программного решения, которое смогло бы удовлетворить потребности всех специалистов недропользователя на всех этапах жизненного цикла месторождения. Если пытаться создавать единую реляционную базу данных, содержащую всю информацию доступную и необходимую недропользователю, то структура такой базы данных будет очень сложна, что приведет к проблемам в организации рабочих мест, а также к проблемам проектирования, создания и оптимизаций базы данных в динамично-меняющейся природно-технической системы «Месторождения». Использование же программного обеспечения такого как Surpack, Micromine, Minescape и др. тоже не принесет результата, поскольку оно является узкоспециализированным и не сможет охватить все возникающие задачи. Геологам, маркшейдерам, гидрогеологам, инженер-геологам, экологам, горнякам – всем необходимы информационные ресурсы для решения производственных задач. По мнению автора, решением является создание информационного пространства недропользователя – как совокупность имеющихся баз данных созданных на основе различных программных продуктах (рис. 2). Под совокупностью понимается реализация возможности использования информации из смежных баз данных. Для этого отдельные базы данных должны соответствовать стандартам хранения пространственных и других типов данных. При таком подходе каждая база данных будет являться компонентом горно-геологической системы предприятия, использовать всю имеющуюся информацию, обеспечивая функциональность всей природно-технической системы.



Рис. 2. Структура формирования информационного пространства недропользователя

Заключение

Информационно-аналитическая система для решения инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых должна содержать информацию по всем компонентам природно-технической системы и быть частью информационного пространства недропользователя. Такой информационный ресурс позволит решать широкий класс различных задач. Кроме того, необходимо реализовать возможность работать с информацией в режиме реального времени многим специалистам: геологам, маркшедерам, гидрогеологам, инженер – геологам, экологам и другим, что позволит в любой момент времени получать только актуальную информацию.

Такая информационно-аналитическая система состоит из трех взаимосвязанных блоков: реляционная база данных; геоинформационная база данных, аналитические инструменты для реализации различных расчетов и прогнозных оценок.

Хотелось бы отметить, что создание такого информационного ресурса целесообразно вести с момента получения первой информации (геологоразведочной). А к моменту завершения разработки проектной документации информационно-аналитическая система уже создана. Таким образом, на стадии строительства и эксплуатации все изменения в зафиксированный в геологической среде, в характеристиках наземных объектов и параметрах горных работ вносятся в нашу модель. Дальнейшие мониторинговые наблюдения за компонентами природной среды также вносятся в информационную базу данных, на основе которой осуществляется моделирование и дается прогнозная оценка геологической среды. Блок-схема функционирования информационно-аналитической системы представлена на рис. 3.



Рис. 3. Блок-схема функционирования информационной среды для управления природно-технической системой

Автор считает, что такие информационные модели территории необходимо вести на весь период разработки месторождений, и даже после его рекультивации, что позволит в любой момент времени получить качественную информацию о состоянии горных пород на осваиваемой территории, на основе которой можно оперативно принимать управленческие решения по внедрению своевременных мер для обеспечения безаварийной эксплуатации всех компонентов природно-технической системы «Месторождение».

Библиографический список

1. Аверкина Т.И., Правикова Н.В. О создании ГИС "Мировой опыт изысканий и строительства в пределах различных типов инженерно-геологических структур" // *Инженерная геология*. 2014. № 2. С. 64-68.

2. Захаров М.С., Кобзев А.Г. *Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии. Учебное пособие*. Санкт-Петербург: изд-во «Лань» 2017. 116 с.

3. Козловский С.В. Принципиальная структура геоинформационной системы для решения задач инженерно-геологических изысканий // *Инженерные изыскания*. 2010. № 5. С. 12-16.

4. 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.

5. Константинов Ю.А. Использование геоинформационных систем при изучении инженерной геологии // В сборнике: *Основные проблемы естественных и математических наук Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции*. 2015. С. 89-92.

6. Красильников П.А. Принципы формирования инженерно-геологических баз данных при разработке месторождений полезных ископаемых // *Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 5 (71). № 3*. 2019. С. 345-357.

7. Осипов В.И., Миронов О.К., Беляев В.Л. Постоянно действующая ГИС геологической среды как инструмент для обоснования градостроительного проектирования объектов инфраструктуры (на примере г. Москвы) // *Информационные системы и логистика в строительстве (<https://cyberleninka.ru/article/v/postoyanno-deystviyuschaya-gis-geologicheskoy-sredy-kak-instrument-dlya-obosnovaniya-gradostroitel'nogo-proektirovaniya-obektov>)*.

8. Пьянков С.В. Информационно-Аналитическая Система: Назначение, Роль, Свойства // *Информационная безопасность регионов*. 2014. № 1 (14). С. 21-26.

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ДЛЯ ЗДАНИЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ГОРОДА АФУЛА, ИЗРАИЛЬ

Дана характеристика инженерно-геологических условий территории индустриальной зоны города Афула, Израиль. Изучены инженерно геологические элементы на участке объекта строительства электростанции. Выполнена оценка инженерно-геологических условий территории строительства электростанции для выбора оптимальных фундаментов для зданий электростанции.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия территории строительства электростанции, инженерно геологические элементы, свайный фундамент, плитный фундамент, мелко заглублённый фундамент, город Афула, Израиль.

R. Makarenko
Israel Klar ltd, The State of Israel

EVALUATION OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS FOR SELECTING OPTIMAL FOUNDATIONS FOR POWER PLANT BUILDINGS IN AFULA, ISRAEL

The characteristic of engineering and geological conditions of the territory of the industrial zone of the town of Afula, Israel, is given. The purpose of this research is to estimate the geotechnical conditions of the planned site for power plant, for selection of optimal foundation for the planned building. The purpose of this article will be identify geo-eng features in the area of the planned object.

Keywords: geotechnical conditions of the territory of the construction of the power plant, geo-eng-element, pilefoundation, slabfoundation, shallow foundation, Afula, Israel.

Введение

Целью исследований является оценка инженерно-геологических условий территории строительства электростанции для выбора оптимальных фундаментов зданий. Актуальность инженерно-геологических исследований связана с планированием компанией Сименс строительства электростанции (ЭС) в индустриальной зоне города Афула Израиль.

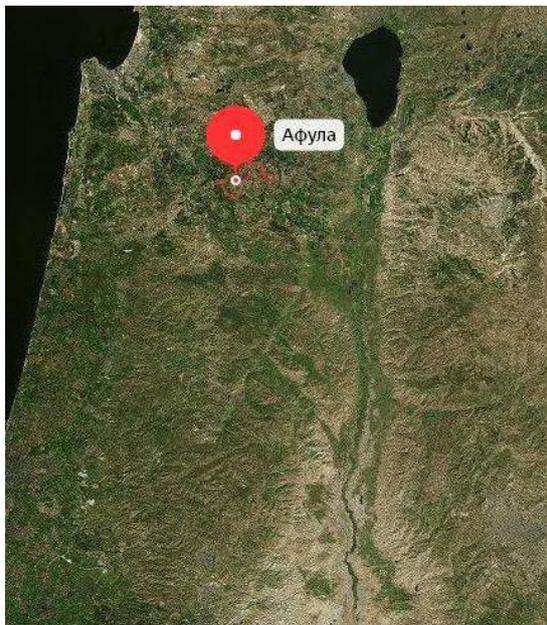
Задачи исследований:

- изучить общие инженерно-геологические условия района;
- выделить инженерно-геологические элементы на площадке строительства;
- выбрать тип фундамента для строительства зданий, оценить степень пригодности фундамента;

- сравнить альтернативные типы фундамента;
- оценить влияние изменений, которые могут быть вызваны строительством на окружающую среду и устойчивость существующих зданий, в том числе сейсмических воздействий;
- определить области альтернативного земельного участка, если это применимо;
- предоставить необходимую информацию для правильного и экономического планирования работы;
- предоставить проектную информацию, необходимую для расчета фундамента, склонов и т. д.

Основная задача исследований - выделение инженерно геологические элементы на участке планируемого объекта.

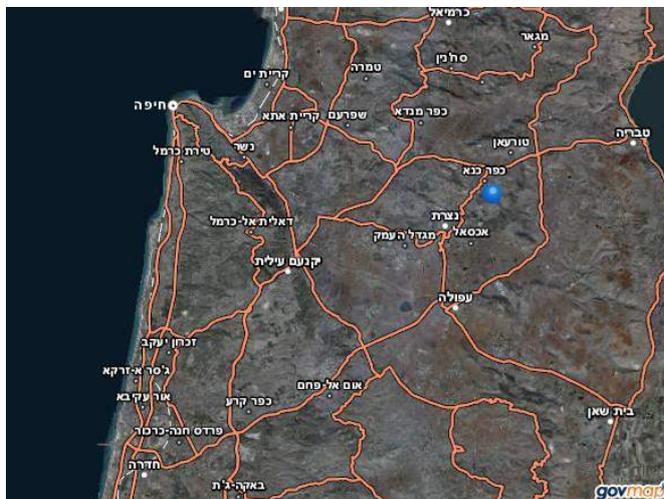
Объектом исследования является северная часть Израиля в муниципальной зоне города Афула в индустриальной зоне Алон Тавор (рис. 1, 2) [10]. Площадка исследований находится на участке с координатами 726080/234860 (новые израильские координаты).



a



b



c



d

Рис. 1. Обзорные карты района (а, b, с) и площадка под строительство (d)

Методы исследований, являются стандартными: при выявлении инженерных геологических элементов, проверки на срез и выявления несущих способностей грунтов.

В практическом плане рассмотрены ряд решений: какой тип фундамента выбрать (как в инженерном плане так и экономическом) - плитный или свайный. Рассмотрены качество и инженерные свойства как плитных так и свайных фундаментов, и выбран самый оптимальный как в инженерном так и в экономическом плане.

Общие геологические условия

Район исследований расположен на восточной стороне нижней Галилеи в районе плоскогорья с единичными поднятиями. Высота отдельных поднятий варьируется от 300-450 м над уровнем моря. Площадка изысканий находится на абсолютной отметке +240,0 м [3].

Район находится в пределах Средиземноморско-Трансазиатского сейсмического пояса, в геоактивной зоне регионального уровня [7, 9], но в удалении от активных тектонических разломов и от участков тектонической активности. Площадка изысканий находится примерно в 30 км от Сирийско-Африканского разлома, который проходит вдоль всей восточной границы Израиля. Его общее положение с севера на юг (рис. 2, 3) [6].

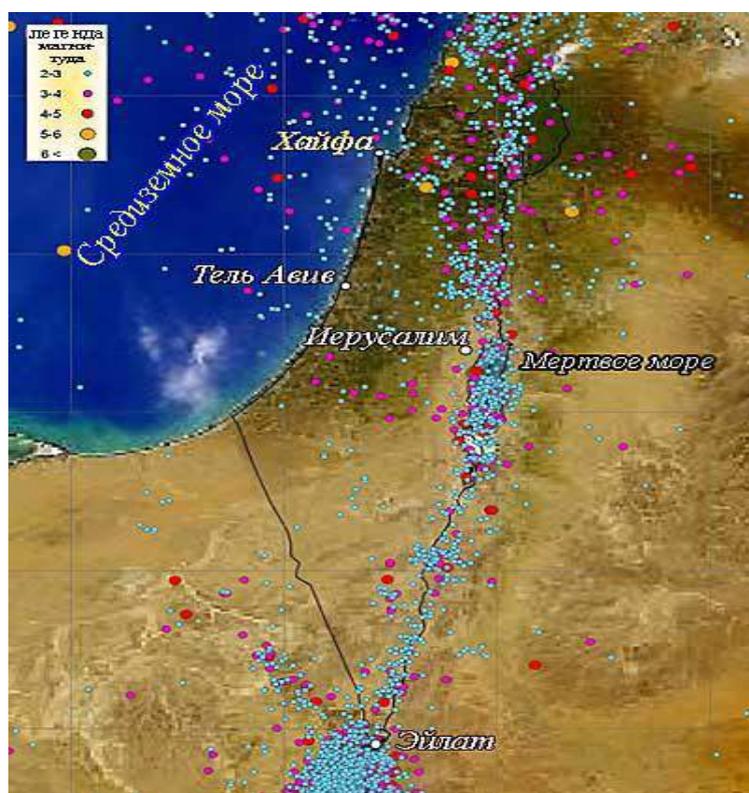


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений. Израиль, 1900-2003гг



Рис. 3. Сирийско-Африканский разлом (снимок из космоса)

Геологические условия исследуемой территории обусловлены распространением осадочных пород, представленных известняками нижнего и среднего эоцена формации Тимрат и базальтовых покровов нижнего и среднего миоцена, частично перекрытых четвертичными аллювиальными отложениями (рис. 4).



Рис. 2. Геологическая карта объекта

Результаты исследований

Более точные данные о геологическом строении и глубине залегания пород, были выяснены с помощью бурения 10 исследовательских скважин. Бурение данных скважин проводилось при помощи буровой установки с отбором керна в мае 2015 г. (рис. 5) [3, 10].

Для дальнейшего определения характеристик были сделаны два разреза по скважинам, разрез А-А и В-В (рис. 6).

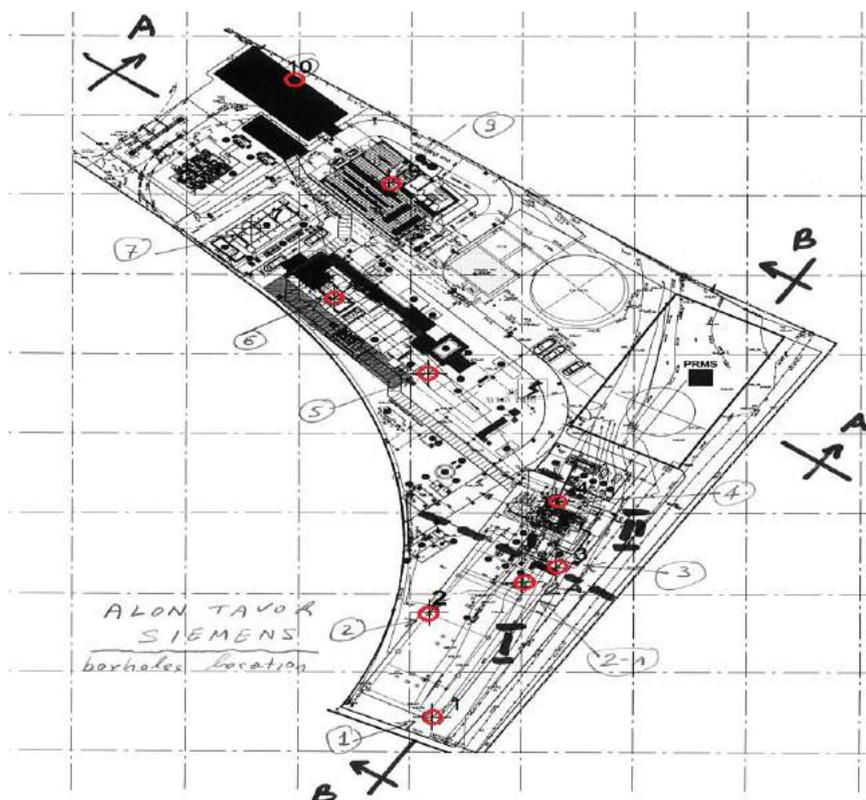


Рис. 5. Местоположение скважин

Характеристика инженерно-геологических элементов

Глина – на данной территории характеризуется как мягко пластичная, изменяется в световой гамме от коричневого до красно коричневого. Глина в Скв. 1-2-2А пробуренных в южной части объекта характеризуется как жирные глины до жирных с обломками базальта, найдены с 0.0м до глубины 6.0м. данный участок характеризуется как самый низкий на данном объекте (+240м над уровнем моря) [3, 8].

Также в СКВ 3-4 была найдена красно коричневая жирная глина под пластами базальта на глубине с 15,0м до 16,0м. глины до 6,0м являются аллювиальными отложениями **q** [8].

Базальт – на данной территории характеризуется как твердый, серый базальт, частично разрушен с мелким материалом. Был установлен в СКВ 3-10 с глубины 0,0 м до 23,0м. Базальт относится к нижнему и среднему миоцену **βm** [8].

Известняк – на данной территории относится к твердому белому до серо белого сильно до средне трещиноватому известняку. Данный известняк был

изучен в СКВ 5-10 с глубин 10,0 м и до 23,0 м. Известняк относится к формации Тимрат нижний средний эоцен et [10].

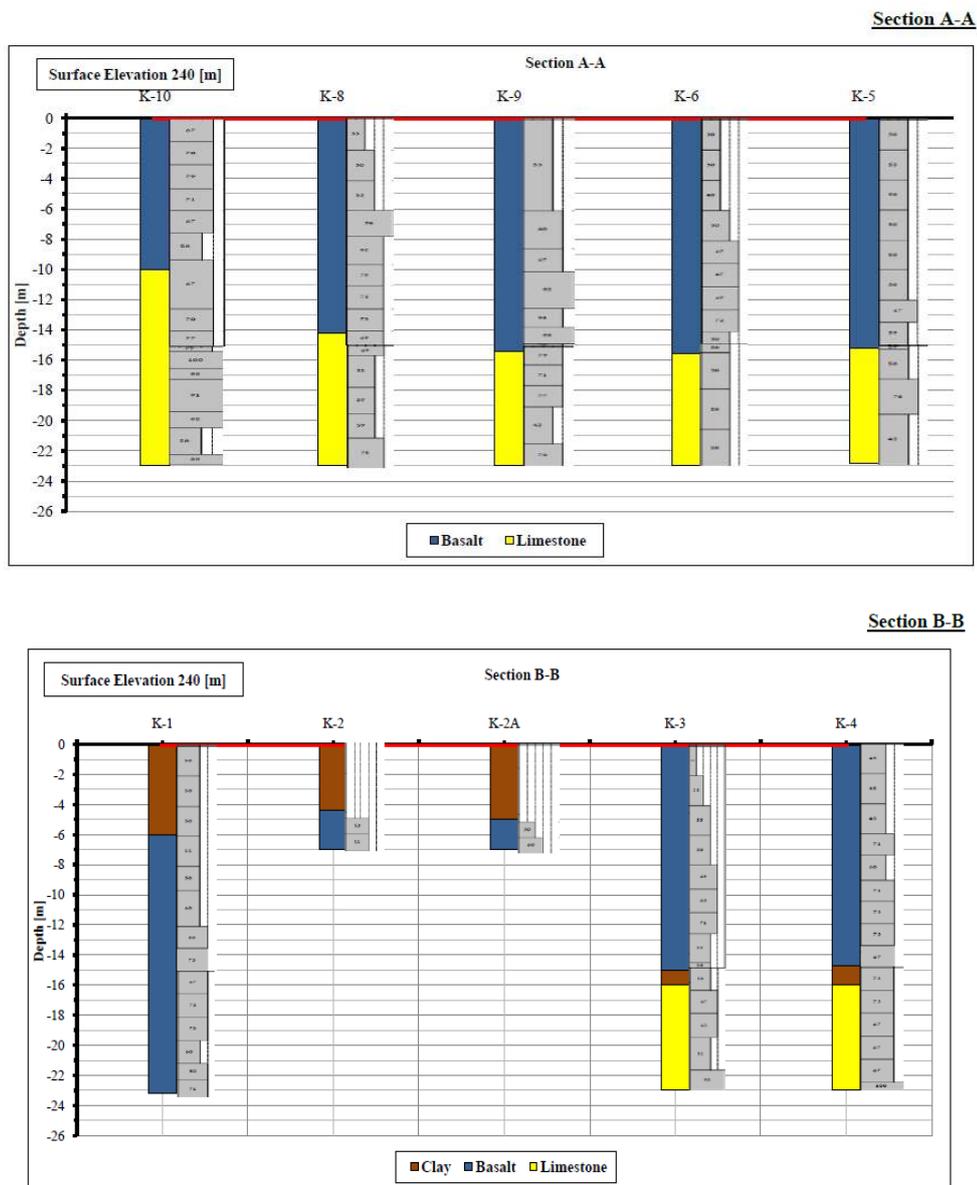


Рис. 6. Геологические разрезы по скважинам

Определение нормативных и расчетных характеристик грунтов

Для определения инженерных характеристик были проведены следующие проверки.

Динамическое испытание CBR (определение калифорнийского числа).

Динамический коэффициент CBR - это сложный показатель несущей способности, который зависит от прочности, формы зерен, морозоустойчивости и шероховатости отдельных зерен [5] (рис. 7).

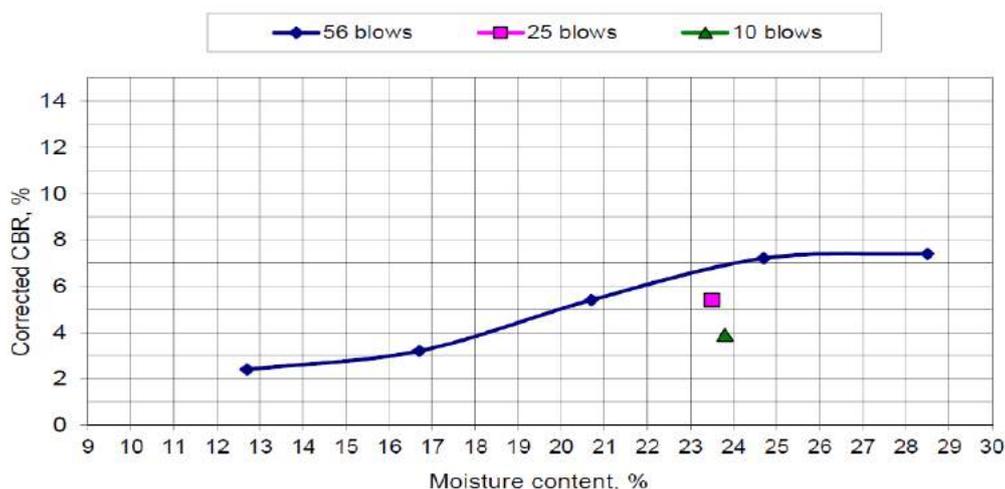


Рис. 7. Результаты динамического испытания

Метод исследования прочности материалов на растяжение

Рассматривается плоская деформация кругового цилиндра при различных системах статически эквивалентных нагрузок.

Метод исследования прочности материалов на растяжение

Номер скв	Глубина отбора пробы, (м)	описание	Диаметр, (см)	Толщина, (см)	Вода, %	Сухой вес пробы, (Кг\м ³)
		известняк				

Время теста до разрыва 2.03 мин.

Сила до растяжения до разрыва 12.59 МПа.

Прочность при сжатии керна при свободном боковом расширении.

Предел прочности на сжатие есть пороговая величина постоянного (для статического предела прочности) или, соответственно, переменного (для динамического предела прочности), превышая который механическое напряжение в результате разрушит пробу [5].

Для определения мах разрешенных нагрузок было сделано 14 проверок на сжатие 7 для базальтов и 7 для известняков.

Мелко-заглублённые (плавающие) плитные фундаменты применяются для всех видов построек. Они имеют большую площадь опоры, а следовательно и большую несущую способность в целом, однако конструкция плиты при этом испытывает колоссальные нагрузки (изгибающие моменты) в нижних слоях плиты под конструкциями, передающими на нее сосредоточенную нагрузку и в верхних слоях плиты на разгруженных участках [2, 8].

Для мелко-заглублённых плит весьма актуальна проблема набухания на пластичных грунтах, вернее деформаций плиты связанных с ним. Дело в том, что при процессах набухания, грунта в нижней части плиты происходят очень серьезные деформации, плиту просто «разрывают на части» силы сдвигов грунта, выгибы плиты по периметру и существенные прогибы по центру. При этом на подошве фундамента неминуемо появление трещин, причем их размер

увеличивается с каждым циклом увлажнения и высыхания. Процесс появления трещин невозможно исключить, можно только уменьшить раскрытие трещин путем сверхплотного армирования, и устройства демпфирующих слоев. В образовавшиеся трещины может попасть вода при этом процесс разрушения железобетона ускорится. Поэтому в неблагоприятных условиях надежность и долговечность плавающих плитных фундаментов у меня вызывают большие сомнения.

Свайный фундамент железобетонные сваи - изделия, при создании которых применяется тяжёлый бетон. Нагрузка передаётся за счёт бокового трения поверхности свай об уплотнённый грунт. Практически все возводимые сегодня фундаменты используют сваи, поскольку это значительно упрочняет и повышает качество сооружения. Железобетонные сваи - изделия, при создании которых применяется тяжёлый бетон. Нагрузка передаётся за счёт бокового трения поверхности свай об уплотнённый грунт. Практически все возводимые сегодня фундаменты используют сваи, поскольку это значительно упрочняет и повышает качество сооружения [2, 8].

Свайный фундамент является самым оптимальным во всех отношениях, ввиду его гибкости. А то есть можно адаптировать геологическим условиям мягкие или твердые породы.

Обсуждение результатов

В практическом применении и в связи с полученными инженерными характеристиками от проведенных лабораторных работ можно выбрать между двумя видами фундамента глубокого заложения и не глубокого заложения то есть плитный фундамент. По данным результатов полученных при оценке данного объекта и по данным инженерных геологических условий можно назвать самым оптимальным фундаментом свайный, так как на данном участке присутствует глина в верхних слоях. При этом отмечается, что плитный фундамент также можно применять но это потребует больших объемов земляных работ что в свою очередь приводит к удорожанию самого проекта. Свайный фундамент не смотря на определенную трудоемкость, решает ряд проблем, которых плитный фундамент не в силах решить. Например, свайный фундамент работает на боковом трении, то есть он проходит проблематичный слой глины и основывается на трении от скальных пород. Так же при возможном землетрясении свайный фундамент намного надежнее, чем плитный из-за распределения нагрузок.

Выводы

Рассмотрены инженерно-геологические условия района и площадки под строительство электростанции компанией Сименс на севере Израиля. Данная площадка изучена в геологическом плане, в тектоническом, сейсмическом, гидрогеологическом. Инженерном геологические условия этой территории были изучены полевыми изысканиями и лабораторными испытаниями на основе которых были выделены и охарактеризованы инженерно геологические элементы. Так же была рассмотрены возможности строительства различных типов фундамента. На основании данных инженерных характеристик был выбран свайный тип фундамента, как самый оптимальный вариант.

Библиографический список

1. Аврахам Вершавский. *Инженерная экономика*. 40 с.
2. Donald G. Newman-Civil Engineering Problems and Solutions Дональд Ньюман-*Инженерные проблемы и решения*. 52 с.
3. Ицхак Штерн. *Геоморфология Израиля*. 4 с.
4. *Израильский стандарт 1378 Свайный фундамент пневмоударным методом (1994)* 20 с.
5. *Израильский стандарт 940 Геотехнические конструкции: геотехника и фундамент (2008)*.
6. *Израильский стандарт 413 Дизайн для сейсмостойкости строений (2013)*.
7. Копылов И.С. *Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
8. Шауль Данкман. *Геология для инженера*. 238с.
9. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. *Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040*.
10. www.govmap.co.il. *Государственный сайт Израиля по картам*.

ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ СТРОЕНИЯ ВОДОЗАЩИТНОЙ ТОЛЩИ

В статье представлены результаты подземных геофизических работ, проводимые на руднике БКПРУ-4, с целью детализации аномалий строения водозащитной толщи. Стандартный комплекс подземных геофизических исследований включает в себя проведение электроразведочных и сейсморазведочных работ. По результатам электроразведочных работ на участках выявленных аномалий проводится детализация строения горного массива сейсморазведочными методами. По результатам наблюдений, даются рекомендации по планированию дальнейших горных работ на участке.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождения калийных солей, сейсморазведка, электроразведка, подземные условия, водозащитная толща, г.Березники, Пермский край.

S.V. Martynov

Public Joint Stock Company «Uralkali», Berezniki, Perm region, Russia

EXAMPLE OF GROUND GEOPHYSICAL WORK ON VERKHNEKAMSK POTASSIUM SALTS FOR DETECTION OF ABNORMALITIES OF THE STRUCTURE WATERPROOF STRATUM

The article presents the results of ground geophysical surveys conducted at the Mine Bereznikovsky Potash Production Administration-4 in order to detail the structure of the waterproof stratum anomalies. Standard complex of underground geophysical research involves performing electro and seismic surveys. As a result of electrical exploration in areas identified anomalies carried out detailing the structure of the rock mass seismic methods. According to the results of observations, recommendations are made for planning future mining operations in the area.

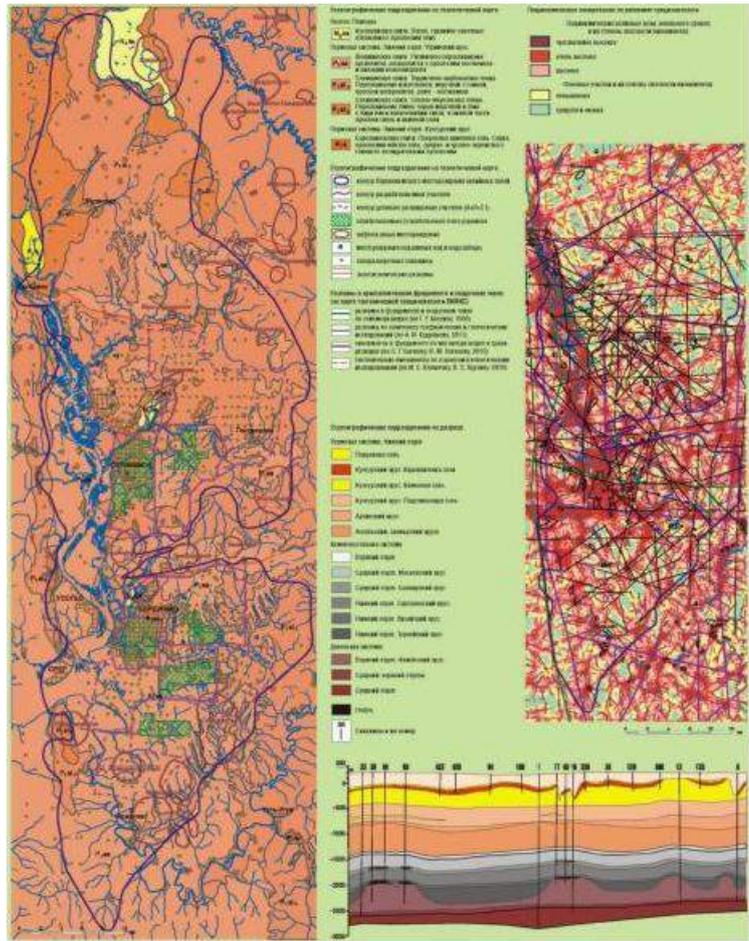
Keywords: Verkhnekamsk potassium salts, seismic, electrical exploration, groundwater conditions, the waterproof stratum, Berezniki, Perm region.

Введение

Верхнекамский соленосный бассейн расположен в пределах Предуральяского краевого прогиба и ограничен с запада Русской платформой, а с востока – Западно-Уральской зоной складчатости. В пределах бассейна в 1925 г. открыто крупнейшее в мире Верхнекамское месторождение калийных солей (ВКМКС). Месторождение представляет собой многопластовую залежь, вытянутую в меридиональном направлении и делится на три обособленные части: северную, центральную и южную (рис. 1).



а



б

Рис.1. Схематическое положение (а) [16] и геологические условия Верхнекамского месторождения калийных солей (б) [6]

Верхнекамское месторождение характеризуется повышенной сейсмичностью, аномально высокими значениями скоростей современных вертикальных движений дневной поверхности, ограничено активными на современном этапе тектогенеза глубинными разломами. Новейшая тектоника и геодинамика (геодинамические активные зоны, разрывные дислокации и структуры) в совокупности с соляным карстом и техногенезом определяют основные факторы инженерно-геологических и горно-геологических условий (особенно прочностные свойства водозащитной толщи пород, обусловленные повышенной степенью трещиноватости) ведения добычных работ на калийных рудниках ВКМКС [3-10].

Геологические особенности, определяющие основные элементы геофизических исследований – это строение верхней части разреза, глубина залегания исследуемых толщ, геометрия границ литологических комплексов и их мощность, структура продуктивных отложений, закономерности изменения физических параметров горных пород во вмещающих и продуктивных отложениях.

Геолого-геофизическая модель ВКМКС оказывает определяющее влияние на параметры методик наблюдений.

Для решения задач геофизический комплекс работ включает гравиметрические, электрометрические и сейсмоакустические методы, а также систему сейсмологического контроля процессов разрушения. Методы применяются в наземных, подземных и наземно-подземных модификациях.

Выбор комплекса базируется на основных принципах комплексирования геофизических исследований и конкретизируется в зависимости от решаемой задачи.

Из различных методик работ, входящих в состав комплекса геофизических исследований, применяемого в подземных условиях ВКМКС, в данной статье рассмотрен комплекс геофизических работ, включающий в себя электроразведочные и сейсморазведочные наблюдения. Целью электроразведочных наблюдений является выявление аномальных особенностей исследуемой части горного массива, а по результатам сейсморазведочных работ получают точные данные о пространственном положении выявленной аномалии, её размерах, природе и влиянии на разрабатываемый массив [1, 10].

Геофизические исследования являются частью комплексных геологических исследований, направленных на обеспечение безопасности горных работ на рудниках ПАО «Уралкалий».

Геофизическое обеспечение рудников осуществляется отделом геофизических исследований управления геологии ПАО «Уралкалий» с привлечением специализированных организаций, научных и проектных институтов [5].

Задачи геофизических работ, проводимых на рудниках ПАО «Уралкалий»

Основными задачами геофизических исследований являются:

- выявление аномальных особенностей строения и состава ВЗТ (выделение скоростных, низкоомных, высокоомных и корреляционных аномалий);
- определение пространственного положения геофизических аномалий;
- оценка и контроль изменения состояния ВЗТ под воздействием горных работ [1, 12].

Электроразведочные исследования следует применять для решения следующих задач:

- изучение геологических особенностей строения и физического состояния геологической среды, представляющих опасность для ведения горно-технических работ с помощью электромагнитных полей;
- выявления на фоне регионального изменения электрических свойств надсолевых отложений локальных аномальных зон, связанных с особенностями геологического строения исследуемых участков (наличие тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости, зон активного водообмена, замещения пород и др.)
- качественная оценка физического состояния солевых отложений по локальным изменениям кажущихся сопротивлений и естественной

поляризации, выявленных при подземных работах методами электропрофилеирования;

- решение инженерно-геологических и гидрогеологических задач на территории городских застроек и промышленных площадках

- выявление карстовых пустот в теле солеотвалов, контроль целостности противofильтрационных экранов рассолосборников и др;

Шахтные электроразведочные исследования представляют рекогносцировочный метод перед сейсморазведочными наблюдениями и применяются для выделения зон с аномальными значениями удельного сопротивления [2].

На сегодняшний день на ВКМКС шахтные сейсмоакустические исследования в основном направлены на решение следующих задач:

- картирование геологических неоднородностей ВЗТ, и, в первую очередь, малоамплитудных тектонических нарушений, зон замещения и газонасыщенных участков;

- дистанционный прогноз физико-механических свойств горного массива;

- определение техногенного влияния на разрабатываемый массив [3, 13].

Методика проведения комплекса геофизических работ в подземной выработке рудника БКПРУ-4

По результатам проведённых ранее электроразведочных работ методом электропрофилеирования был получен разрез кажущихся сопротивлений (рис. 2.), на котором выделялся участок с превышением параметров поля от среднего значения кажущегося сопротивления составляет 2-4 раза (пикет 125-130). Так как это увеличение значений, возможно было связано с повышенной трещиноватостью, пористостью и газоносностью пород, в заключении рекомендовалось выполнить детализационные работы методом сейсморазведки [11].

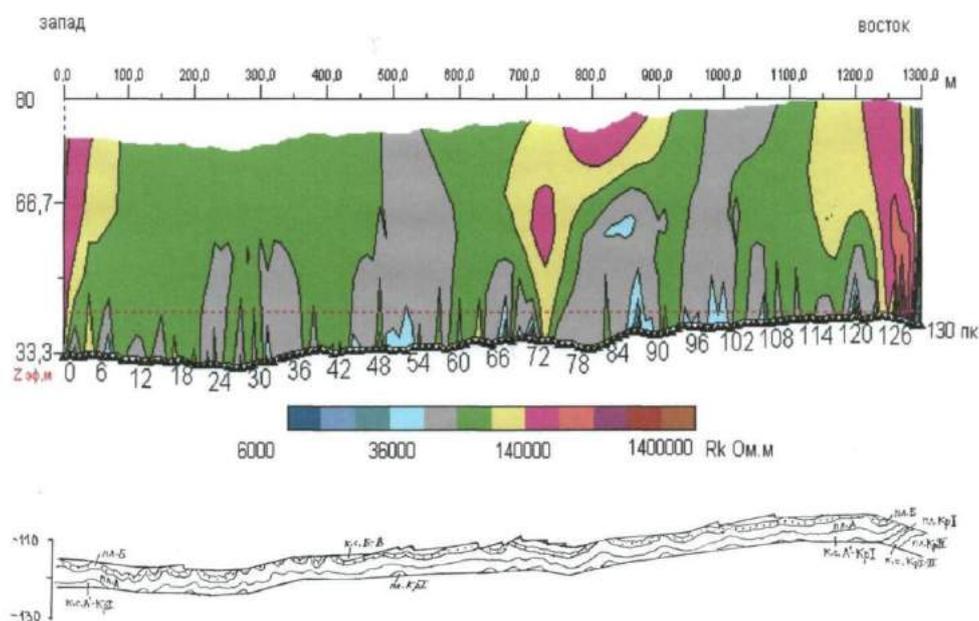


Рис. 2. Разрез кажущихся сопротивлений по профилю [11]

Шахтные полевые сейсморазведочные исследования.

Район работ. 4-5 юго-восточная панель (рис.3.), 3 восточный блок, разведочные транспортный и конвейерный штреки, пласт АБ - Кр.П. Привязка сейсморазведочного и электроразведочного профилей: 0 пикет сейсморазведочного профиля совпадает с 101 пикетом электроразведочного профиля.

Основная цель сейсморазведочных работ – оценка строения и свойств горного массива по результатам профилирования методом ОГТ в вертикальной и в горизонтальной плоскости.

Шахтные полевые исследования. Полевые работы проводились отделом геофизических исследований ПАО «Уралкалий». Наблюдения выполнены в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Наблюдения в горизонтальной плоскости проведены в целях уточнения выявленной ранее границы распространения зоны замещения между разведочными выработками 2-го и 3-го восточных блоков 4-5 ЮВП.

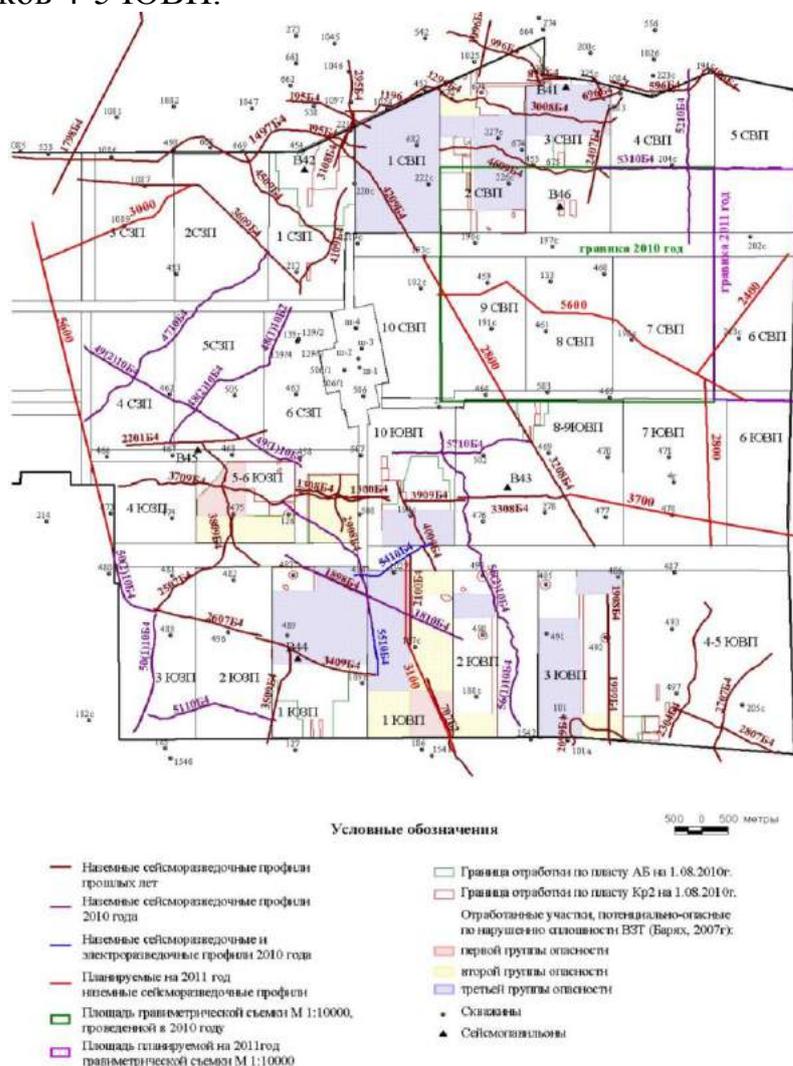
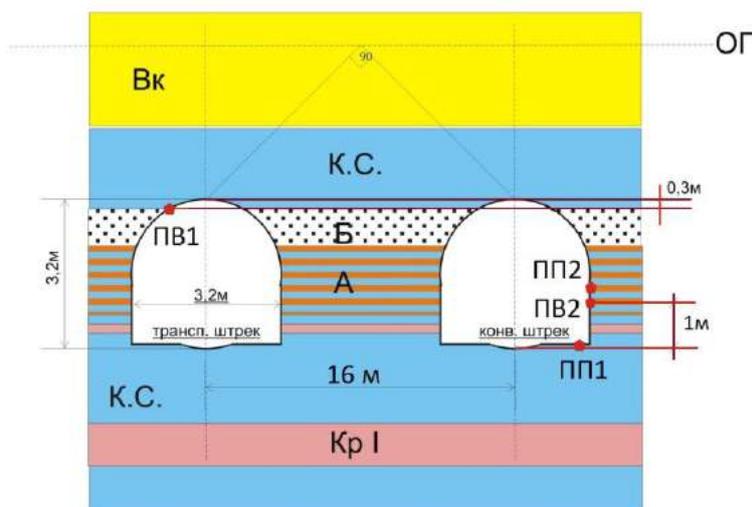


Рис 3. Схема выполненных и планируемых геофизических исследований на шахтном поле БКПРУ-4

В первом случае применялось непродольное профилирование, вынос ПВ относительно линии наблюдений - 16 метров. Возбуждение проводилось в кровлю северного (транспортного) штрека у северной стенки, а ПП находились на почве южного (конвейерного) штрека у южной стенки. Во втором случае возбуждение проводилось в южную стенку южного (конвейерного) штрека, а регистрация в горизонтальном направлении на стенке. Линии наблюдений для обоих методов совпадают по координатам и имеют протяжённость 606 метров (рис. 4).



- а) ПВ 1 - ПП 1 – непродольное профилирование; б) ПВ 2 - ПП 2 – просвечивание отражёнными волнами в горизонтальной плоскости. Кр1, А и Б калийные пласты сильвинитовой зоны; КС - каменная соль; Вк – пласт в карналлитовой зоны; ОГ - отражающий горизонт

Рис. 4. Профильные системы наблюдения:

Центральный тип системы наблюдений для профилирования МОГТ в вертикальной плоскости имел следующие пространственные параметры:

- количество активных каналов $N = 64$;
- шаг ПП ($dX_{пп}$) = 2 м;
- шаг ПВ ($dX_{пв}$) = 2 м;
- минимальное удаление ПВ-ПП (L_{min}) = 0 м;
- максимальное удаление ПВ-ПП (L_{max}) = 126 м;
- номинальная кратность $n = 32$.

При проведении просвечивания отражёнными волнами в горизонтальной плоскости применялась система наблюдений также с центральным расположением ПВ, но с уменьшенными пространственными параметрами:

- количество активных каналов $N = 64$;
- шаг ПП ($dX_{пп}$) = 1 м;
- шаг ПВ ($dX_{пв}$) = 1 м;
- минимальное удаление ПВ-ПП (L_{min}) = 0 м;
- максимальное удаление ПВ-ПП (L_{max}) = 63 м;
- номинальная кратность $n = 32$.

Объём выполненных исследований составил в первом случае 1621 64-канальных сейсмограмм, а во втором - 3242 64-канальных сейсмограмм. На

каждом пункте возбуждения количество накоплений составило - 16. При регистрации выбраны следующие параметры:

- первоначальное усиление 36 дБ;
- ФНЧ - 2500 Гц;
- ФВЧ - ОК
- длина записи - 102,4 мс (1024 дискрет);
- шаг дискретизации канала $dt = 0,1$ мс.

Интерпретация данных и их обсуждение

На временном разрезе (рис. 5) выделяется ряд наиболее динамически выраженных осей синфазности - отражающих горизонтов (ОГ). Согласно результатам скоростного анализа и геологоразведочным данным они приурочены к кровле пластов: Е (ОГ Ек), покровной каменной соли - ПКС (ОГ ПКСк), к подошве ПКС (ОГ ПКСп), ППк - кровля переходной пачки, Гипс* - гипсовая пачка в соляно-мергельной толще.

По особенностям волновой картины скоростной характеристики и распределению интенсивности сейсмической записи, представленной на динамическом разрезе выделяется один непротяжённый участок. Пространственно он приурочен к интервалу ОГ ПКСк - ППк. На уровне ОГ ПКСк его координаты находятся в пределах пикетов 210-290, а на уровне ОГ ППк - пикетов 200-290. Его проявление в сейсмической записи характеризуется нарушением регулярности в прослеживании отражающих горизонтов, относительным понижением интенсивности сигналов и значений скоростной характеристики. В плане данный участок совпадает с переходом профильной линии с уровня пласта АБ на пласт Кр.П.

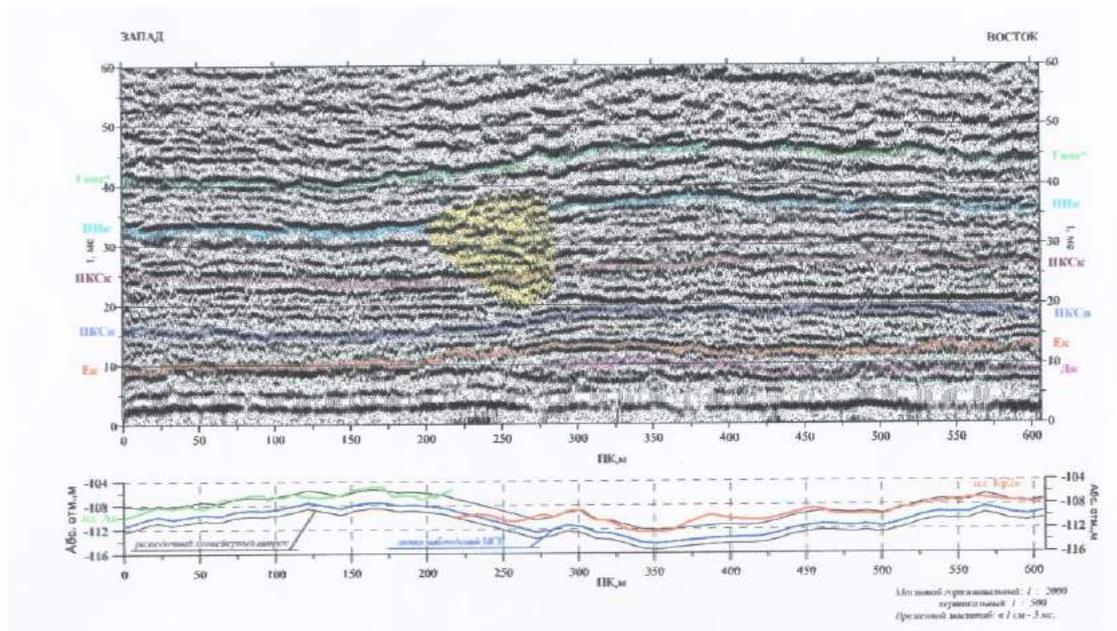


Рис. 5. Временной разрез МОГТ [15]

По набору перечисленных изменений параметров сейсмической записи, согласованность которых представлена наибольшими значениями в разрезе комплексного параметра, выделяется восточная часть рассматриваемой

аномальной зоны. Это указывает на вероятность ухудшения физико-механических свойств горного массива в её пределах.

По количественной оценке отмеченных особенностей сейсмического волнового поля, представленной на скоростном разрезе существенных изменений в интервале продуктивных пластов не наблюдается. Наиболее значимые изменения приурочены к вышележающим пластам ВЗТ. Дифференциация по интервальным скоростям в переходной пачке и примыкающей к ней части соляно-мергельной толщи (ПКСк - Гипс*) в пределах пикетов 300-400 достигает 300-350 м/с.

Отсутствие выраженной складчатости и других признаков тектонических осложнений в плоскости наблюдений, а также характер сейсмической записи в пределах выделяемой зоны указывают на её литологическую природу. Однако, локальное падение скоростей до 350 м/с может говорить о снижении прочностных свойств слагающих рассматриваемый интервал пород. При совместном рассмотрении представленных результатов шахтных сейсмоакустических исследований и проведённых ранее наземных сейсморазведочных наблюдений, проекции профильных линий которых пересекаются на пикетах 460м и 370м соответственно, с учётом масштабности наблюдений и оцениваемых интервалов разреза, отмечается качественная согласованность в изменениях скоростей для данного участка 4-5 ЮВП.

Отметим, что выявленное осложнение шахтного волнового поля, по своим признакам не сопоставляется с осложнениями, отмеченными на южных шахтных профилях 1-го и 2-го восточных блоков. На данный момент оно представляется локальным и не отождествляется с предполагаемой зоной, пересекающей район работ с юго-востока на северо-запад в направлении скважины №493.

В этой связи, целесообразно проведение дополнительных малоглубинных сейсморазведочных работ в непосредственной близости от выделяемой аномальной зоны, с целью уточнения её природы и пространственного положения [15].

Интерпретация данных полученных методом сейсмического просвечивания отражёнными волнами. На основании проведенных исследований методом сейсмического просвечивания отражёнными волнами получен традиционный набор данных, отражающих строение и состояние горного массива в горизонтальной плоскости межштрекового пространства южнее разведочного конвейерного штрека 3-го восточного блока.

Необходимым условием формирования в горизонтальной плоскости межштрекового пространства полей отражённых волн является достаточная акустическая контрастность различных участков горного массива в лучевом направлении распространения волн. На полученном временном разрезе МСП (рис. б) данная контрастность проявляется в виде непротяжённых, неуверенно коррелируемых осей синфазности отражённых сигналов.

На основании априорных геологических данных и результатов скоростного анализа выделяемые отражения пространственно приурочены к

областям пересечения горизонтальной плоскостью просвечивания борта складки на уровне пласта АБ и кровли пласта Кр.П.

Данная складка предположительно располагается южнее профильной линии метода сейсмического просвечивания и имеет параллельное ей простирание. В подобных условиях, при пересечении горизонтальной плоскостью просвечивания борта складки под небольшим углом, т. е. в местах наибольшего угла падения складки, возможно формирование отражённых сигналов с достаточной для их регистрации амплитудой.

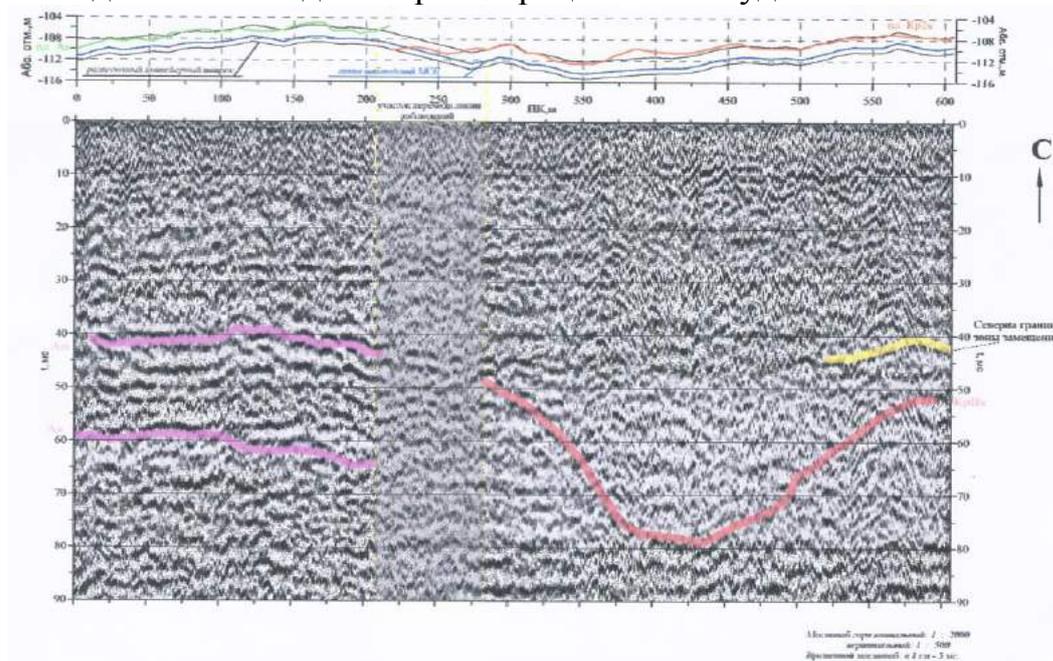


Рис. 6. Временной разрез МСП отражёнными волнами [15]

Таким образом, изображение отражающих горизонтов на представленном сейсмогеологическом разрезе соответствует положению бортов складки в плоскости просвечивания на уровне пласта АБ для первой половины и пласта Кр.П - второй половины профиля.

По интенсивности сейсмической записи динамический временной разрез условно делится на две части, граница которых проходит немногим восточнее перехода штрека с пласта АБ на Кр.П (пикет 280). Меньшими значениями амплитуд регистрируемых сигналов характеризуется восточная часть разреза, которая соответствует наблюдениям на уровне пласта Кр.П. Это может быть обусловлено несколькими факторами: большей удалённостью ОГ Кр.П от линии наблюдений; меньшей акустической контрастностью границы; падением упругих волн на ОГ под большим углом; свойствами слагающих пласт пород.

Распространение вскрытой в разведочном штреке 3-го восточного блока зоны замещения по пласту Кр.П в горизонтальной плоскости целиком в волновом поле метода сейсмического просвечивания однозначно не проявилось. Возможная причина этому - либо малый размер зоны, либо невозможность регистрации отражённых волн из-за несоответствия пространственного положения границ литологического замещения параметрам системы регистрации.

Результаты проведённых наблюдений методом сейсмического просвечивания отражёнными волнами из разведочного штрека 3-го восточного блока позволяют предположить дальнейшее распространение данной зоны замещения между разведочными штреками 2-го и 3-го восточных блоков 4-5 ЮВП. Прогнозное положение её северной границы в горизонтальной плоскости целика находится в интервале пикетов 525-600 рассматриваемого профиля на удалении 70-100 метров от разведочного штрека 3-го восточного блока и 450-480 метров от штрека 2-го блока соответственно.

Распределение высоких значений комплексного параметра, рассчитанного для прогноза ослабленных участков разреза, не согласовано и не имеет чёткой локализации. Это указывает на выдержанность горных пород по прочностным свойствам в пределах плоскости просвечивания.

Аномальность комплексного параметра в рамках интерпретационной модели зоны замещения приурочена к двум участкам просвечивания. Первый из них характеризуется большей согласованностью повышенных значений параметра, которые находятся в интервале пикетов 110-225 и времён 25-75 мс. Второй возможно обусловлен влиянием ранее выявленной зоны замещения, северная граница распространения которой по результатам проведённых исследований уточнена.

На основании комплексного анализа атрибутов сейсмической записи в пределах глубинности исследований методом сейсмического просвечивания ухудшения прочностных свойств горных пород в плоскости просвечивания не прогнозируется. Возможны литологические изменения в интервале пласта АБ в пределах участка с координатами пикетов 110-225 на удалении до 100 метров от штрека [15].

Заключение

По результатам исследований следует ряд основных выводов:

- общая структура сейсмической записи на временном разрезе указывает на достаточную выдержанность основных отражающих горизонтов. Однако локальное падение скоростей свидетельствует о снижении прочностных свойств слагающих рассматриваемый интервал пород;

- целесообразно проведение дополнительных малоглубинных сейсморазведочных работ в непосредственной близости от выделяемой аномальной зоны, для уточнения её природы и пространственного положения;

- распространение зоны замещения по пласту Кр.ІІ в горизонтальной плоскости целика однозначно не проявилось. Прогнозное положение северной границы зоны замещения в горизонтальной плоскости целика с определённой долей вероятности находится в интервале пикетов 525-600 рассматриваемого профиля на удалении 70-100 метров от разведочного штрека 3-го восточного блока и 450-480 метров от штрека 2-го блока соответственно;

- возможны литологические изменения в интервале пласта АБ в пределах участка с координатами пикетов 110-225 на удалении до 100 м от штрека [15].

На основании комплексного анализа атрибутов сейсмической записи в пределах глубины исследований методом сейсмического просвечивания

ухудшения прочностных свойств горных пород в плоскости просвечивания не прогнозируется.

Библиографический список

1. Инструкция по геологическому обслуживанию калийных рудников ОАО «Уралкалий». ОАО «Уралкалий», Березники, 2013.
2. Инструкция по шахтной электроразведке. Горный институт Уральского отделения РАН, Пермь 2008.
3. 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. С. 146.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. 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.
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. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь, ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
11. Отчёт по результатам геофизических работ, проведённых 4-5 ЮВП рудника БКПРУ-4, ОАО «Уралкалий», Управление по подземным и буровым геологоразведочным работам. Березники, 2010.
12. Положение об отделе геофизических исследований управления геологии дирекции главного инженера ОАО «Уралкалий». 2012.
13. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ. Екатеринбург, УрО РАН. 1996. 165 с.
14. Санфиоров И.А., Бабкин А.И. Инструкция по шахтной сейсморазведке (применительно к условиям Верхнекамского месторождения калийных солей). Пермь, ГИ УрО РАН. 2008.
15. Цифровая обработка и интерпретация шахтных сейсмических данных БКПРУ-4, 4-5 ЮВП, 3 восточный блок. Пермь, ГИ УрО РАН. 2011.
16. URL http://s.properm.ru/photos/0/3/29/516dfc6569876_normal_700.jpg?1434594208 (дата доступа 26.01.2016).

К.С. Порозков

Пермский государственный научный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТРАССЫ
НЕФТЕПРОВОДА КУЮМБА-ТАЙШЕТ (СЕВЕРНЫЙ УЧАСТОК)
ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Приводятся данные оценки инженерно-геологических и геокриологических условий района трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет. Выделены локальные активные геодинамические зоны, влияющие на эксплуатацию нефтепровода.

Ключевые слова: нефтепровод, инженерно-геологические и геокриологические условия, аэрокосмогеологические исследования, Восточная Сибирь.

K.S. Porozkov

Perm State University, Perm, Russia

**ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE KUYUMBA-
TAYSHET OIL PIPELINE ROUTE (NORTHERN SECTION)
ACCORDING TO AEROSPACE**

The data of the assessment of the engineering-geological and geocryological conditions of the district of the Kuyumba-Tayshet pipeline are presented. Local active geodynamic zones are identified that affect the operation of the pipeline.

Key words: oil pipeline, geotechnical and geocryological conditions, aerospace geological research, Eastern Siberia.

Введение

Магистральный нефтепровод Куюмба - Тайшет в экономике Восточной Сибири и Дальнего Востока России имеет стратегическое значение. Он позволит подключить к трубопроводной системе Восточная Сибирь - Тихий океан крупные Юрубчено-Тохомское и Куюмбинское нефтегазовые месторождения, расположенные в центральной части Красноярского края. Протяженность нефтепровода составляет 719 км. В административном отношении исследуемый участок (протяженностью 200 км) расположен на территории Эвенкийского МР Красноярского края РФ. Начало трассы находится в 115 км ЮВ пос. Байкит, в 6 км СЗ пос. Усть-Камо, расположенного в устье р. Камо, левого притока р. Подкаменная Тунгуска (рис. 1а).

Природные и геологические условия

Район расположен на Среднесибирском плоскогорье, на левобережье р. Подкаменная Тунгуска, в бассейнах рр. Камо, Терь и др. Характеризуется сложным, преимущественно горным рельефом и большим разнообразием климатических, геотермических, неотектонических, мерзлотно-гидрогеологических, инженерно-геологических и др. условий (рис. 1б, 1в).

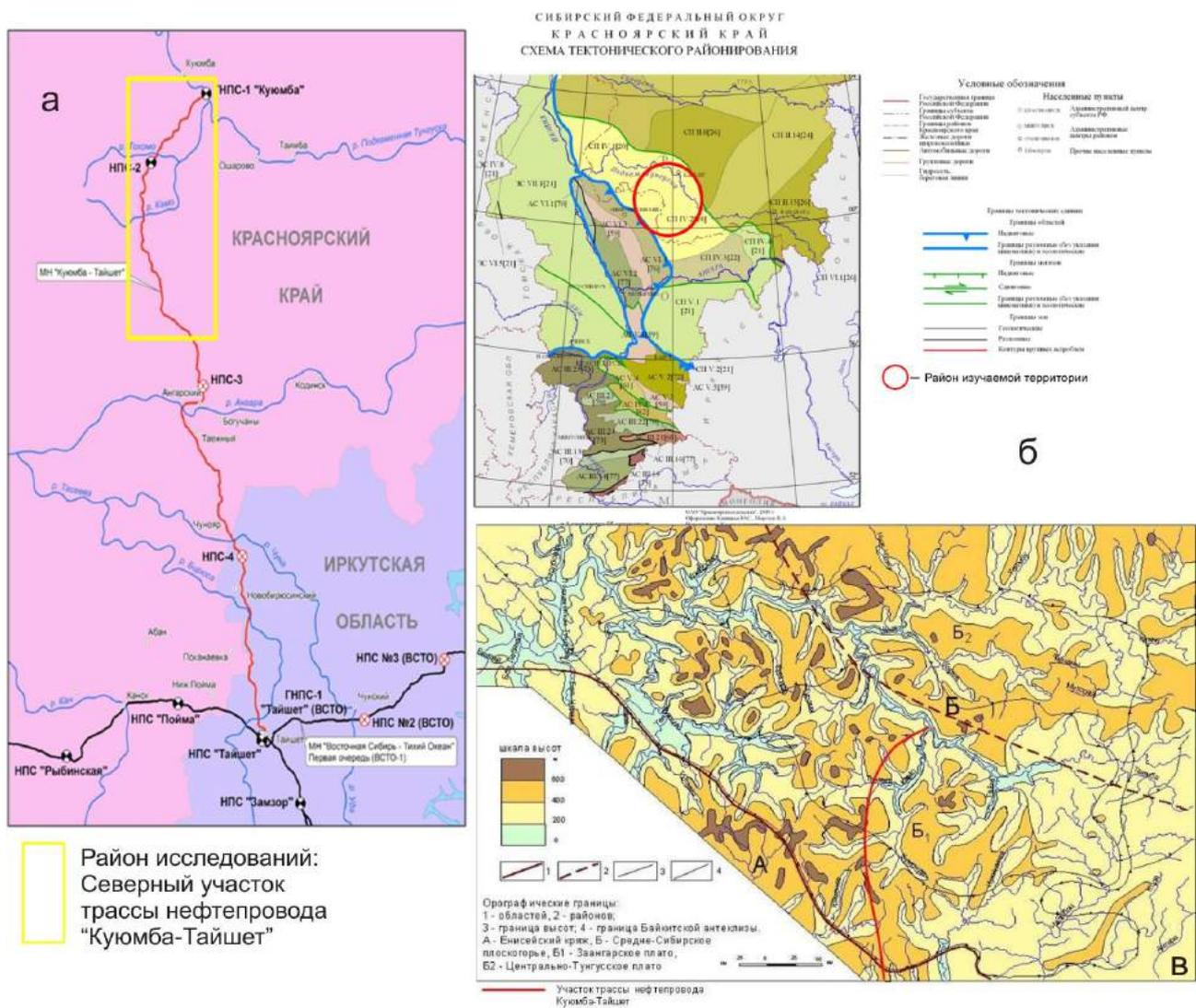


Рис. 1. Обзорная схема и природно-геологические условия района исследований (а – административная карта [16], б – тектоническая схема [17], в – орографическая карта [2])

В тектоническом отношении район находится в пределах Камовского свода Байkitской антеклизы. В верхней части земной коры залегают карбонатные и терригенные породы среднего и верхнего кембрия и ордовика с интрузиями долеритов триасового возраста и многочисленными тектоническими нарушениями. Среди геологических и геокриологических процессов и явлений, негативно влияющих на инженерно-геологическую обстановку, выявлены процессы заболачивания и затопления, морозное пучение дисперсных грунтов, солифлюкция, термоэрозия, термокарст, наледообразование. Мерзлота островного характера. Мощность многолетнемерзлых пород (ММП) составляет 2-50 м. Грунты преимущественно биогенные (торф), делювиальные (суглинки) и элювиально-делювиальные (суглинки, супеси, пески) с большим диапазоном физико-механических свойств [1-4, 5, 12].

Методика и результаты исследований

В комплексе инженерных изысканий были выполнены инженерно-аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) с использованием методик и материалов [2-15]. При подготовке полевых работ и в процессе рекогносцировочного обследования были использованы космические снимки, с помощью которых выявлялись участки, наиболее неблагоприятные с точки зрения развития опасных инженерно-геологических и геокриологических процессов.

Дешифрирование проводилось в стадийной последовательности от мелкого масштаба – к крупному. При обработке данных дешифрирования применялись различные компьютерные технологии, одной из основных являлось определение плотности линеаментов. Обработка линеаментов, расчет их плотности производился в Arc Map (Spatial Analyst Tools, Line Density).

В результате дешифрирования космоснимков автором было выделено 243 прямолинейных тектонических линеаментов различных направлений (рис. 2).

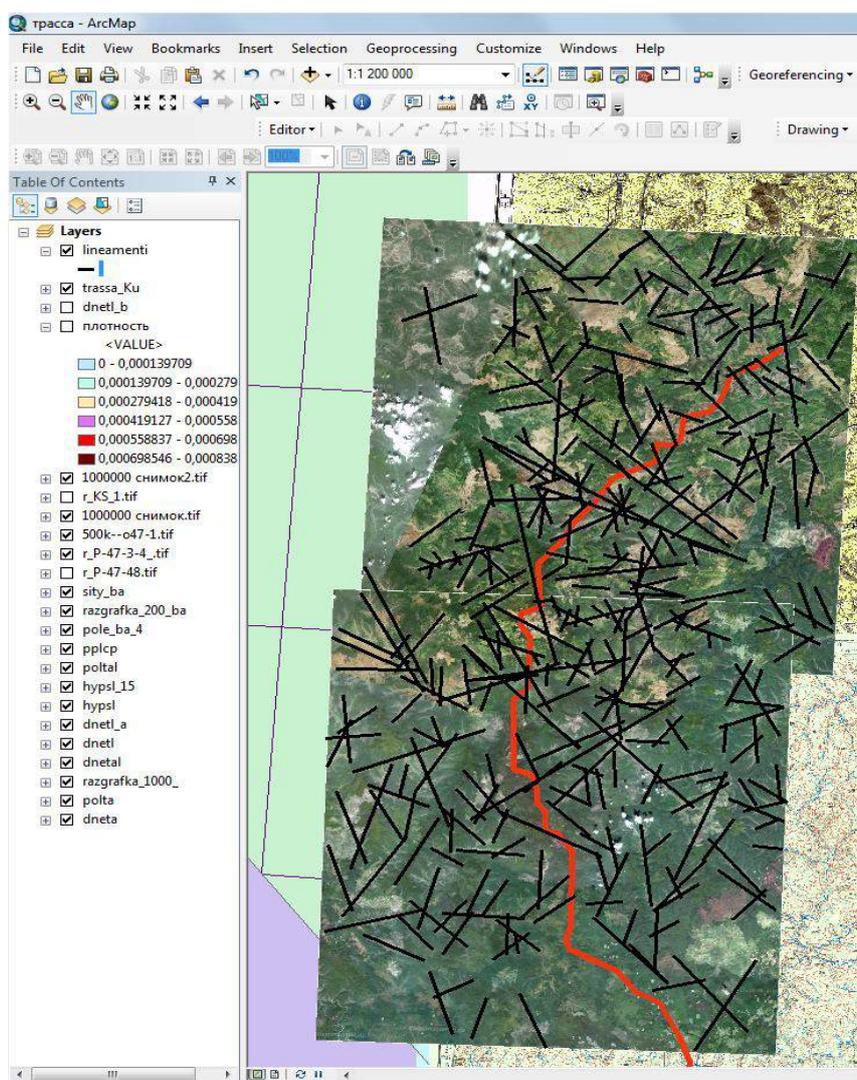


Рис. 2. Карта дешифрирования линеаментов исследуемого участка на левобережье р. Подкаменная Тунгуска (рабочее окно программы Arc Map)

По результатам региональных АКГИ построена карта оценки неотектонической активности и геодинамического риска трассы нефтепровода «Куюмба-Тайшет». На ней проведено геодинамическое (неотектоническое) районирование по степени неотектонической активности [12].

На основе критериев оценки геодинамической опасности и риска в коридоре трассы магистрального нефтепровода выделено 10 геодинамических активных зон. Они представляют собой потенциально опасные аварийные участки.

Районирование по степени сложности инженерно-геологических условий

В результате анализа инженерно-геологических и геокриологических условий района трассы нефтепровода и комплексной оценки с учетом влияния современной геодинамики на грунтовые условия установлено, что по уровню ответственности характеризуемой экономическими, социальными и экологическими последствиями в случае отказов, проектируемый магистральный нефтепровод относится к I уровню ответственности (повышенный) (ГОСТ 27751-88).

При проведении инженерно-геологического районирования участка трассы нефтепровода с учетом балльной оценки факторных признаков инженерно-геологических условий по полученным данным можно выделить следующие таксоны:

I - таксон характеризуется благоприятными условиями. По территории участков не выявлено.

II - таксон характеризуется условно благоприятными условиями, по территории выявлено 22 участка. Рельеф – плоский, верхняя и средняя части склона и водораздел. Участки сложены глинистыми грунтами туго- и мягкопластичной консистенции. Наблюдается образование оврагов и заболачивание. Степень геодинамической активности от средней (2 балл) до высокой (4 балл) характеризующаяся отдельными короткими линеаментами.

III - таксон характеризуется условно неблагоприятными условиями, по территории выявлено 14 участков. Рельеф – нижняя часть склона и переходы через водотоки. Участки сложены преимущественно глинистыми грунтами текучепластичной консистенции и торфом. В непосредственной близости наблюдается образование оврагов, оползневые процессы, речная эрозия и заболачивание. Степень геодинамической активности – высокая (4 балл) и очень высокая (5 балл), так же в районе пикета №5 наблюдается чрезвычайно высокая степень геодинамической активности.

Таким образом, в результате инженерно-геологического районирования территория трассы нефтегазопровода Куюмба-Тайшет разделена на 9 инженерно-геологических участков, которые ранжированы на 3 класса по степени инженерно-геологической сложности (рис. 3, табл. 1).

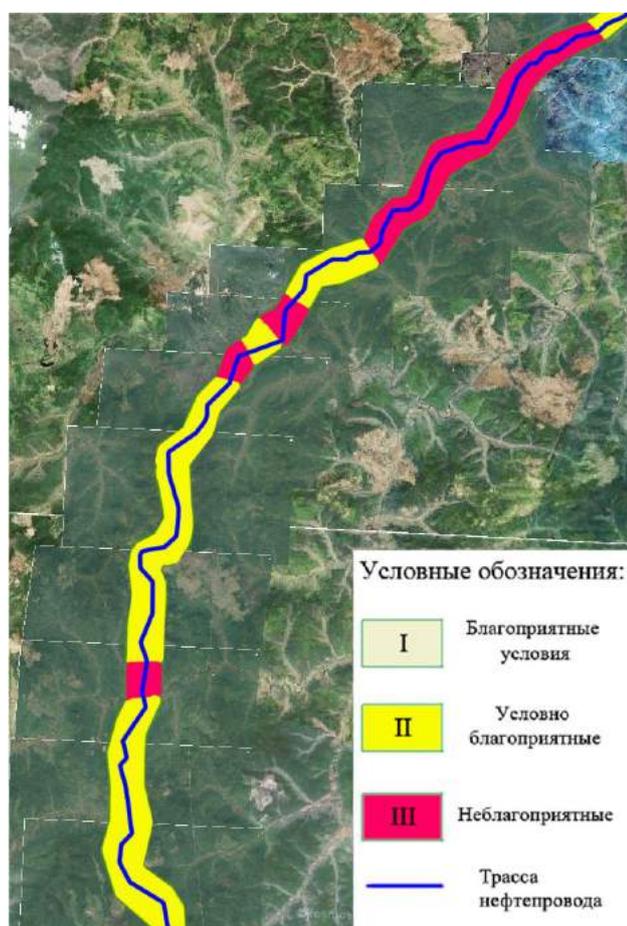


Рис. 3. Карта районирования трассы нефтепровода по степени инженерно-геологической сложности [12]

Заключение

Установлено, что примерно 40% территории трассы нефтепровода находится в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах переходов трассы нефтепровода через водотоки. Также в непосредственной близости наблюдается образование оврагов, что негативно влияет на нефтепровод.

Сделан вывод, что в результате техногенного освоения территории, строительства и эксплуатации сооружений в районах развития ММП, а также в результате глобальных климатических изменений происходит изменение теплового режима, что влечет за собой деградацию ММП: изменение площадей развития, глубины залегания кровли, изменение температуры грунтов и т.д. Поэтому, прокладку трубопроводов на болотах и обводненных участках рекомендуется производить преимущественно в зимнее время после замерзания верхнего торфяного покрова. Особое внимание при эксплуатации нефтепровода следует уделять участкам геоактивных зон.

Инженерно-геологическая оценка трассы нефтепровода

№ участка	№ пикета	Инженерно-геологическая характеристика				Инженерно-геологическая оценка	
		Рельеф	Грунты	Плотность линеаментов	ЭГП	Кр	Таксон
1	1	Плоский	Глинистые тугопластичные, торф	Повышенная	Образование оврагов и заболачивание	17	II
2	2-12	Сильно-расчлененный	Торф, глинистые текучепластичные	Высокая	Образование оврагов и заболачивание	20-26	III
3	13-15	Слабо расчлененный	Глинистые тугопластичные	Высокая	Образование оврагов и заболачивание	14-17	II
4	16	Сильно-расчлененный	Глинистые грунты текучепластичные торф	Очень высокая	Образование оврагов и заболачивание	21	III
5	17	Сильно-расчлененный	Глинистые грунты тугопластичные	Высокая	Образование оврагов и заболачивание	14	II
6	18	Средне расчлененный	Глинистые грунты текучепластичные торф	Высокая	Образование оврагов, заболачивание, речная эрозия	19	III
7	19-28	Сильно-расчлененный	Глинистые грунты туго- и мягкопластичные	Повышенная	Образование оврагов	8-17	II
8	29	Слабо расчлененный	Глинистые грунты текучепластичные торф	Очень высокая	Образование оврагов, заболачивание, речная эрозия	21	III
9	30-36	Сильно-расчлененный	Глинистые грунты мягкопластичные	Высокая	Образование оврагов	14-17	II

Библиографический список

1. Инженерная геология СССР. Т. III. Восточная Сибирь. М.: МГУ, 1977.
2. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 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. Закономерности формирования геоэкологических и инженерно-геологических условий Байкитского нефтегазоносного региона // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 108-113.
5. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
6. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.

7. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2016. № 7-2. С. 241-246.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Копылов И.С., Ковин О.Н., Нахесбик С. *Изучение инженерно-геодинамических условий аэрокосмическими методами для проектирования крупных линейных сооружений России (Алтай) и Китая (провинция Синьцзянь) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала.* 2019. № 2 (39). С. 428-434.

12. Копылов И.С., Порозков К.С. *Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов.* 2019. С. 228-238.

13. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. *Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика.* 2005. № 1. С. 75.

14. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. *Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.* № 5-6. 2005. С 76-78.

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

16. <https://energybase.ru>

17. <https://vsegei.ru/ru/info/Информационные ресурсы ВСЕГЕИ>.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕССОВЫХ ПОРОД В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приводится история изучения лессовых пород, их петрографическая характеристика и распространенность в пределах Нижегородской области. Проведено районирование лессовых пород.

Ключевые слова: лессовые породы, районирование, Нижегородская область.

Ju.V. Ronzhina

LLC "Geoservice", Kstovo, Nizhny Novgorod region, Russia

THE DISTRIBUTION OF LOESS ROCKS IN NIZHNY NOVGOROD REGION

The article provides a history of the study of loess rocks and their petrographic characteristics and prevalence within the Nizhny Novgorod region. Loess rocks were zoned.

Key words: loess rocks, zoning, Nizhny Novgorod region.

Нижегородская область – один из крупнейших районов в Центральной России и Приволжском федеральном округе, протяженность которого с юго-запада на северо-восток составляет более 400 км. Территория характеризуется сложным комплексом инженерно-геологических условий, оказывающих влияние на хозяйственное освоение ее территорий.

Лессовые породы Нижегородской области, несмотря на длительную историю их изучения, и в настоящее время остаются предметом пристального внимания и горячих споров среди геологов и строителей. Они чрезвычайно разнообразны по механическому, химическому, петрографическому составу, по цвету, консистенции, а также по физико-механическим свойствам, а как следствие – условиям их строительного освоения.

Краткая история исследования лессовых пород

По району Горьковского (Нижегородского) Поволжья исследования проводились В.В. Докучаевым, Н.М. Сибирцевым, А.А. Черновым, Е.А. Молдавской, П.М. Кротовым, М.С. Швецовым (1886 г.). Ими установлено, что лессовые породы Приволжской возвышенности являются ледниковыми образованиями, которые сопоставимы с хвалынскими отложениями Каспийской трансгрессии.

В.В. Докучаев показал, что лесс Нижегородской губернии мог образоваться «из любой коренной породы, лишь бы она содержала в себе достаточное количество углесолей извести и магнезии». Судя по содержанию Al_2O_3 , SiO_2 и особенно $CaCO_3$, лесс названной губернии «одинаково легко мог

произошли и из юрских мергелистых глин, и из песчанистых пестрых мергелей и пестрых мергелистых суглинков» (1886) [2, 8].

Ф.С. Фатьянов (1946) происхождение материнских пород лессов и лессовидных пород объяснял делювиальным процессом. Процессу облессования на территории подвергались мелкоземистые равномерного механического состава породы с незначительным содержанием первичных минералов, кроме кварца и карбонатов. Процесс облессования рыхлых осадков совершается на фоне сиалитного типа выветривания. Лессы и лессовидные породы Нижегородской области весьма разнообразны по степени выветрелости породы. Облессование объяснено как процесс изменения микроагрегатного состояния породы под влиянием приходивших со стороны жестких карбонатных растворов, и выдвинуто новое положение, предполагающее активную роль растительного покрова в транспорте карбонатов в толще облессовываемой породы [14].

В крупных монографиях, освящающих геологического строения СССР и союзных республик [3, 4, 7] лессовые породы Нижегородской области отнесены к нерасчлененным покровным, преимущественно эоловым и элювиально-делювиальным образованиям.

В многочисленных съемочных, региональных геологических, изыскательских работах освещается обширный круг вопросов генезиса, литолого-петрографических особенностей, физико-механических свойств, рекомендации к применению методов изысканий, выбора рациональных видов фундаментов и технической мелиорации лессовых пород.

В объяснительных записках к Государственным геологическим картам Средневолжской серии листов (Лист О-38-XXXII (1962), О-38-XXXIII (1999), О-38-XXXIV (1999) отложения объединены в комплекс отложений перигляциальных зон днепровского, московского и калининского оледенений, элювиально-делювиальных образований водоразделов, делювиально-солифлюкционных образований склонов и аллювиально-делювиальных выполнении древних балок (рп, dII-III), для краткости называемых покровно-делювиальными проблематичного генезиса (что обусловлено их свойством просадочности I и II типа) [1, 16].

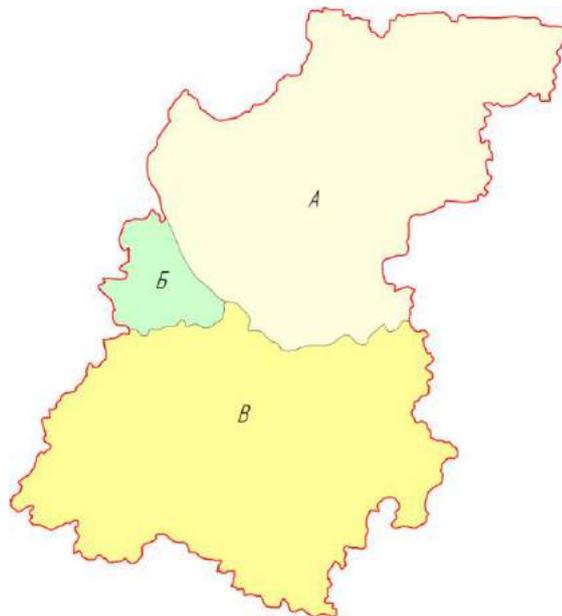
Утвержденная геологическая карта в пределах листов О-38-XXXII, О-38-XXXIII (2002) отложения проблематичного генезиса выделены в отдельную таксономическую единицу, индексированную как «делювиально-солифлюкционные отложения» [6].

Распространение лессовых пород в Нижегородской области

Региональные факторы формирования региональных инженерно-геологических условий, оказывающих влияние на инженерно-геологическую обстановку региона, условно можно разделить физико-географические, геологические и гидрогеологические факторы. Они определяют разнообразие природных условий региона, сложность инженерно-геологических условий, многообразие проявлений распространения опасных геологических процессов, специфики строительного освоения территории [9-12].

Отличительной чертой Нижегородской области является многообразие физико-географических (климатических, гидрологических, орографических), геологических (тектонических, неотектонических, литолого-фациальных), геоморфологических, гидрогеологических условий, а также особенностей распространения основных видов опасных геологических процессов [13].

Реки Ока и Волга, являющиеся основными водными артериями региона, разделяют область на возвышенной Правобережье и низменное Заволжье. В геоморфологическом отношении территории расположена в зоне сочленения северной окраины Приволжской возвышенности, Волжско-Окской области зандровых и аллювиально-зандровых низин, Унже-Ветлужской плоской аллювиально-зандровой равнины (рис. 1).



Условные обозначения

	Приволжская пластово-денудационная ступенчато-увалистая возвышенность
	Унже-Ветлужская плоская аллювиально-зандровая равнина
	Волжско-Окская область зандровых и аллювиально-зандровых равнин

Рис.1. Схема геоморфологического районирования (по материалам Государственной геологической карты Средневолжской серии листов. Листы N-38, O-38. Масштаб 1:1000 000)

В Горьковском Поволжье реки Ока и Волга являются естественными северными границами области распространения лессовых пород Приволжском возвышенности. Рассматриваемая часть ее представляет приподнятое эрозионно-денудационное пластовое плато. Оно сильно изрезано оврагами, особенно в приволжской и приокской частях, где густота овражно-балочной сети достигает 0,8-1,2 на 1 км². К югу, в междуречьях Теши. Сережи и Алатыря она снижается до 0,2 на 1 км². Долины рек Оки и Волги являются границами лесной (левобережной) и лесостепной (правобережной) зон [15].

С учетом влияния характера и степени влияния таких факторов, как климат, рельеф, почвы, почвообразующие породы, растительность и

хозяйственная деятельность человека институтом «Волговятгипрозем» при разработке генеральной схемы противоэрозионных мероприятий для земель Правобережья Нижегородской области условно выделено пять почвенно-эрозионных районов (рис. 2) [8].



Условные обозначения
Районы по степени эродированности почв

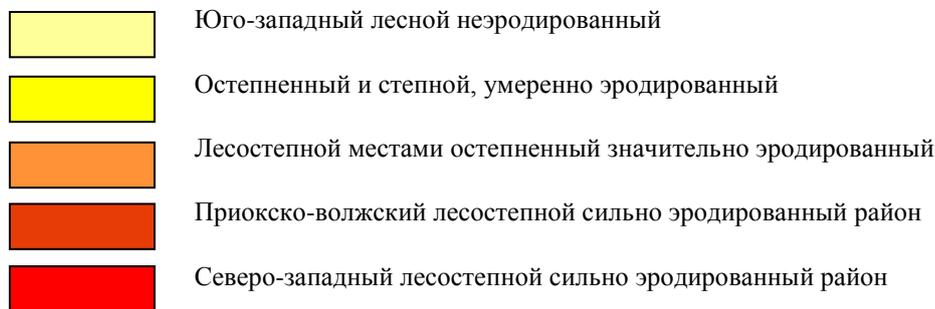


Рис. 2. Схема районирования по интенсивности почвенной эрозии (на основе Схемы эродированности пахотных земель Нижегородской области [8])

Юго-западный лесной незэродированный район занимает крайнюю западную и юго-западную части Правобережья, в состав которого входят Вознесенский, Выксунский, Кулебакский, Навашинский районы. Общая площадь почвенно-эрозионного района составляет 5,34 тыс. км². Западная половина района – низменная лесная равнина Нижегородского Приочья. Восточная половина района сохраняет черты лесной территории с дюнно-бугристым ландшафтом, с развитием карста. Приречные низменные равнины крайне слабо расчленены, густота овражно-балочного расчленения менее 0,6 км/км². Рельеф плоский, участки с уклоном менее 1 градуса составляют 90-95% территории районов. Район потенциально опасен по отношению к дефляции

почв, поскольку по механическому составу значительные площади занимают песчаные и супесчаные почвы.

Остепненный и степной, умеренно эродированный район занимает восточную часть Правобережья, в состав которого входят: Большеболдинский, Бутурлинский, Гагинский, Краснооктябрьский, Починковский, Пильнинский, Сеченовский административные районы. Общая площадь почвенно-эрозионного района составляет 8,18 тыс. км². Район может быть охарактеризован как возвышенно-равнинный, полого-увалистый, остепненный и черноземно-степной с редкими дубравами на водораздельных плато. Повышенное плато района значительно расчленено сетью балок и оврагов, по показателям расчленения территория района очень сильно эрозионноопасная. Густота расчленения водоразделов в среднем 1,1 км/км², глубина местных базисов эрозии 60-100м. Глубокое расчленение территории обусловило развитие и тип выпуклого профиля водоразделов, склоны их имеют значительную протяженность и постепенное нарастание уклонов. В развитии эрозии велика, роль кратковременных и интенсивных осадков. Смыв почв по данным почвенного обследования идет довольно интенсивно.

Лесостепной, местами остепненный значительно эродированный район занимает центральную часть Правобережья, в состав которого входят Ардатовский, Арзамасский, Большемурашкинский, Вадский, Дальнеконстантиновский, Дивеевский, Княгининский, Лукояновский, Первомайский, Перевозский, Сергачский, Спасский, Шатковский административные районы. Общая площадь почвенно-эрозионного района составляет 15,57 тыс. км². Густота овражно-балочного расчленения составляет 1,2 км/км², глубина местных базисов 40-60 м (умеренное и значительное вертикальное расчленение). В рельефе преобладают участки водораздельных плато и слабопологих склонов (участки крутизной до 3° составляют до 70-80 % территории).

Приокско-Волжский) лесостепной сильно эродированный район занимает северную часть Правобережья, в состав которого входят: Богородский, Вачский, Воротынский, Кстовский, Лысковский, Сосновский административные районы. Общая площадь почвенно-эрозионного района составляет 8,95 тыс. км². Район – возвышенно- равнинный овражно-балочный с развитием карста на западе. Абсолютные высота достигают отметки 190-210м. Горизонтальная расчлененность сильная 1,3-1,7 км/км², глубина местных базисов эрозии 80-120 м. По расчленению территория очень сильно эрозионноопасная. В рельефе преобладают полого-покатые склоны (3-10 градусов), при наличии слабопокатых (1-3°) и крутых склонов, более 10° Эрозия почв проявляется весьма интенсивно, особенно в полосе, прилегающей к р.Оке и Волге. Комплексное влияние рельефа, климата и сельскохозяйственного использования территории на развитие эрозии оценивается как сильное.

Северо-западный лесостепной сильно эродированный район, границы которого почти совпадают с административными границами Павловского района, за исключением Левобережья р. Оки. Общая площадь почвенно-эрозионного района составляет 1,07 тыс. км². По своим природным

характеристикам сходен с четвертым районом, по существу его можно рассматривать, как подрайон, в котором в наиболее резкой форме сфокусированы эрозионные проблемы района в целом. Здесь наиболее горизонтальная расчлененность водоразделов, множество растущих и активно действующих оврагов. Покровно-делювиальные отложения залегают на различных гипсометрических уровнях. Наибольшая их мощность (до 34 м) обнаруживается на водоразделах с отметками не выше 170-180 м. На более высоких водоразделах чаще имеется только маломощный (до 2-5 м) элювиально-делювиальный покров. Максимальные мощности наблюдаются вблизи обрывов Приволжской возвышенности к Волге. В южном направлении мощность уменьшается и чаще не превышает 15-20 м. Большие мощности отложений комплекса (до 10-15 м) сосредотачиваются также в нижних частях пологих склонов, где скапливаются делювиально-солифлюкционные шлейфы, и на днище балок и оврагов.

На территории Нижегородской области лессовые породы получили распространение в пределах северной окраины Приволжской возвышенности. В зависимости от структурных особенностей и литологического состава лессовые породы на данной территории обладают просадочными свойствами, а также в различной степени подвержены почвенной и овражной эрозии.

Районирование лессовых пород в Нижегородской области

В соответствии с стратиграфо-генетическим зонированием комплексов лессовых пород, а также схемой эродированности почв на территории севера Приволжской возвышенности можно выделить 5 районов с характерными инженерно-геологическими условиями (рис. 3).

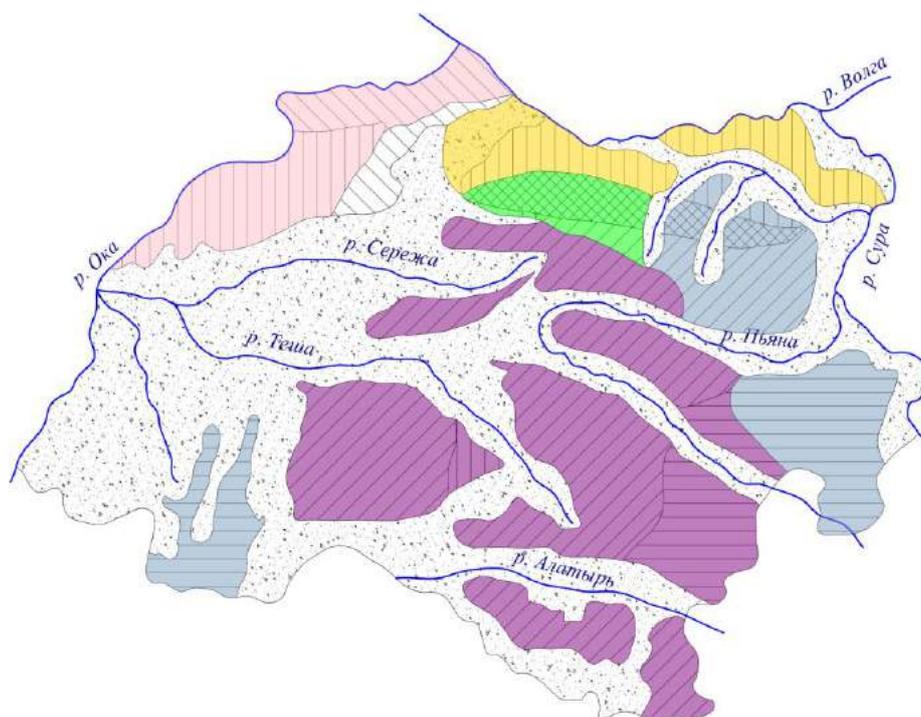
1. Западный и юго-западный район Правобережья – характеризуется развитием необлессованных, преимущественно аллювиальных отложений или локальным распространением лессовых непросадочных пород. Территория слабо подвержена эрозионным процессам. Процент смывости от 5,0 до 3,1 и менее.

2. Восточный район Правобережья – лессовые породы маломощны преимущественно непросадочные или с мощностью просадочной толщи до 3 м. По степени подверженности территории плоскостному смыву – умеренная. Смывость территории составляет до 20%.

3. Северная часть Правобережья – лессовидная толща представлена эолово-делювиальными суглинками мощностью до 10 м. Верхняя часть разреза до глубины 4-5 м – просадочна, подвержена плоскостному смыву. Степень смывости территории – 20-30%.

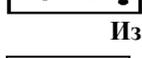
4. Центральный район Правобережья – значительно эродированный район. Степень смывости территории 20-30%, участками 5-10%. Лессовый стратиграфо-генетический комплекс представлен элювиально-делювиальными суглинками и глины островного распространения мощностью до 5 м.

5. Северо-западный район Правобережья – наиболее эродированный. Эрозии подвергаются эолово-делювиальные и флювиогляциальные суглинки (мощностью до 20 м и более). В геологическом профиле горизонт ископаемых почв выражен неясно. Процент смывости территории более 30.



Условные обозначения

Стратиграфо-генетические комплексы лессовых пород

	Эолово-делювиальные и флювиогляциальные суглинки (мощностью до 20 м и более) с невыраженным горизонтом ископаемых почв
	Эолово-делювиальные суглинки (мощностью до 10 м)
	Элювиально-делювиальные и делювиальные суглинки (мощностью до 5-10 м)
	Элювиально-делювиальные суглинки и глины островного распространения (мощностью до 5 м)
	Элювиально-делювиальные, делювиальные, флювиогляциальные суглинки с островами эолово-делювиальных суглинков (мощностью до 5 м)
	Аллювиальные пески

Изменение мощности просадочных лессовых пород в районе Нижегородского Поволжья

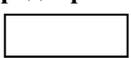
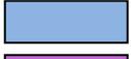
	Преимущественно до 6 м (реже до 8 м)		Необлессованные породы
	До 5 м		Непросадочные породы
	До 4 м		До 3 м

Рис. 3. Схема распространения лессовых пород северной части Приволжской возвышенности (составлена автором с использованием карт И.В. Финаева [15])

Выводы

Таким образом, в Нижегородской области на территории севера Приволжской возвышенности выделены 5 лессовых районов. Изучение просадочности лессовых пород Нижегородского Поволжья показало, что максимальные ее значения наблюдаются в полосе 30-40 км по правобережью рек Волги и Оки. С удалением на юг мощность просадочной толщи постепенно уменьшается, в особенности с переходом к элювиальным и элювиально-делювиальным разностям. От водоразделов к долинам рек, как правило, мощность просадочных пород уменьшается от 5-6 м до 0-2 м.

Библиографический список

1. Белоозерова А.М., Кулинич Г.С. Объяснительная записка. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200000. Серия Средневожская. Листы О-38-XXXII (Нижний Новгород), О-38-XXXIII (Бор). М.: Госгеолтехиздат Министерства геологии и охраны недр, 1962. 72 с.
2. Берг Л.С. Климат и жизнь. М.: ОГИЗ, 1947. 356 с.
3. Геология СССР. Том IV. Центр Европейской части СССР. Геологическое описание / под ред. И.Н. Леоненко. М.: Недра, 1971. 472 с.
4. Гидрогеология СССР. Том XIII. Поволжье и Прикамье // под ред. Т.П. Афанасьев. – М.: Недра, 1970. 800 с.
5. Докучаев В.В. и др. Материалы к оценке земель Нижегородской губернии. Естественно-историческая часть. Выпуск 14. Почвы, растительность и климат Нижегородской губернии. Отчет Нижегородскому губернскому земству. СПб.: Типография Е. Евдокимова, 1886г. 527 с.
6. Дятлова В.К., Кочергина В.А., Козлова Н.И. и др. Отчет по геологическому и гидрогеологическому доизучению, инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000 с эколого-геологическими исследованиями в пределах листов О-38-XXXII (Н.Новгород), О-38-XXXIII (Бор), выполненных Средне-Волжской ГРЭ в 1993-2002 гг. Н.Новгород, 2002. 812 с.
7. Инженерная геология СССР. Том 1 / под ред. И.С. Комаров. М.: Издательство Московского университета, 1978. 528 с.
8. Информационно-аналитическая записка о состоянии и использовании земель в Нижегородской области в 2014 году // Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Нижегородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: to52.rosreestr.ru
9. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
10. 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.
11. 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.
12. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
13. Ронжина Ю.В. Факторы формирования инженерно-геологических условий Нижегородской области // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета. Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2018. С.248-253.
14. Фатьянов А.С. Опыт изучения генезиса лессовидных пород и северных лессов Горьковской области. Горьковский Пединститут. Горький. 1946. 11 с.
15. Финаев И.В., Домрачев Г.И., Рудченко Э.Г. Инженерно-геологическая оценка лессовых пород. М.: Недра, 1985, 1985. 144 с.
16. Фридман Б.И. Объяснительная записка. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200000. Серия Средневожская. Листы О-38-XXXIII (Бор), О-38-XXXIV (Лысково). СПб.: картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 1999. 72 с.

Р.П. Ряслов

Российский государственный метеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

**СПЕЦИФИКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В КОНТЕКСТЕ
РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН)**

В данной статье автор описывает существующие природные условия Джизакской области Республики Узбекистан. Автор делает акцент на рациональном и экономически выгодном использовании всех имеющихся ресурсов в данном регионе. Автор приходит к выводу, что рационализация использования природных ресурсов выводит сельское хозяйство на конкурентоспособный уровень экономического благополучия Узбекистана.

Ключевые слова: природные ресурсы, рационализация, экономический рост, сельское хозяйство, Узбекистан.

R.P. Raslov

Russian State Meteorological University, St. Petersburg, Russia

**SPECIFICITY OF NATURAL RESOURCES IN THE CONTEXT OF
RATIONAL USE (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF
UZBEKISTAN)**

In this article the author describes the existing natural conditions of the Jizzakh region of the Republic of Uzbekistan. The author emphasizes the rational and cost-effective use of all available resources in the region. The author comes to the conclusion that the rationalization of the use of natural resources brings agriculture to a competitive level of economic well-being of Uzbekistan.

Keywords: natural resources, rationalization, economic growth, agriculture, Uzbekistan.

Инженерно-геологические исследования проводились для определения условий массива орошения, площадок под насосные станции, напорные бассейны, трасса подводящего канала и напорных трубопроводов в пределах Джизакской области Республики Узбекистан.

Джизакская область расположена в центральной части Республики Узбекистан между реками Сырдарья и Зерафшан, граничит на севере, северо-востоке с Республикой Казахстан и Сырдарьинской областью, на юго-востоке с Республикой Таджикистан, на западе и юго-западе с Навоийской и Самаркандской областями. Территория области составляет 21,2 тыс. кв. км, или 4,8% территории Узбекистана [1].

Территория области характерна разнообразием природных ландшафтов, уникальными экзотическими элементами рельефа. Это своеобразие ей в первую очередь придает горное ожерелье Туркестанского хребта, у подножия которого лежат более 3 тыс. кв. км целинных земель [2].

В административном отношении объект проектирования относится к Янгиабадскому району Джизакской области. Административный центр – посёлок Баландчакир с площадью 720 км². Рассматриваемый участок расположен около пос. Баландчакир [3].

Климат района характеризуется большой напряженностью гидротехнического режима, резкой континентальностью сезонной контрастностью увлажнения и чрезвычайно высоким преобладанием испарения над осадками.

Летние месяцы характеризуется большой устойчивостью температурного режима. Средняя температура самого холодного месяца января +1,0°C. Выпадение осадков наблюдается в зимне-весенний период с максимумом в марте-апреле. Район отличается сильной ветровой деятельностью. В вегетационный период наблюдается суховеи «гармсилъ» особенно в июле-августе, когда температура воздуха поднимается до 38-40°C, и относительная влажность снижается до 10-15% (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Основные климатические показатели по метеостанции

Климатические показатели	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха	2,5	4,4	9,8	16,7	21,7	26,3	28,5	26,5	21,7	15,2	9,1	4,6	187
Сумма осадков, мм	49	45	63	60	33	7	3	0	4	28	30	48	370

Состояние атмосферного воздуха формируется выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и условиями их рассеивания. Климатические условия способствуют накоплению примесей от низких неорганизованных источников выбросов, коими являются автотранспорт, сельскохозяйственная и строительная техника и другие технические средства. При сжигании топлива выделяются оксиды азота, углерода, серы и другие загрязняющие вещества. Однако в связи с малой интенсивностью автотранспорта их концентрации не превышают допустимых норм. В отдельные периоды увеличению содержания пыли в воздухе способствуют сильные ветры и пыльные бури.

Состояние атмосферного воздуха допустимое с низким уровнем загрязнения.

Сырдарья – одна из крупнейших (наибольшая по длине, и вторая по водности, после Амударьи) рек Средней Азии. Образуется при слиянии Нарына и Карадарьи в восточной части Ферганской долины. Сток Сырдарьи формируется в горной части бассейна. Питание преимущественно снеговое, в меньшей мере ледниковое и дождевое.

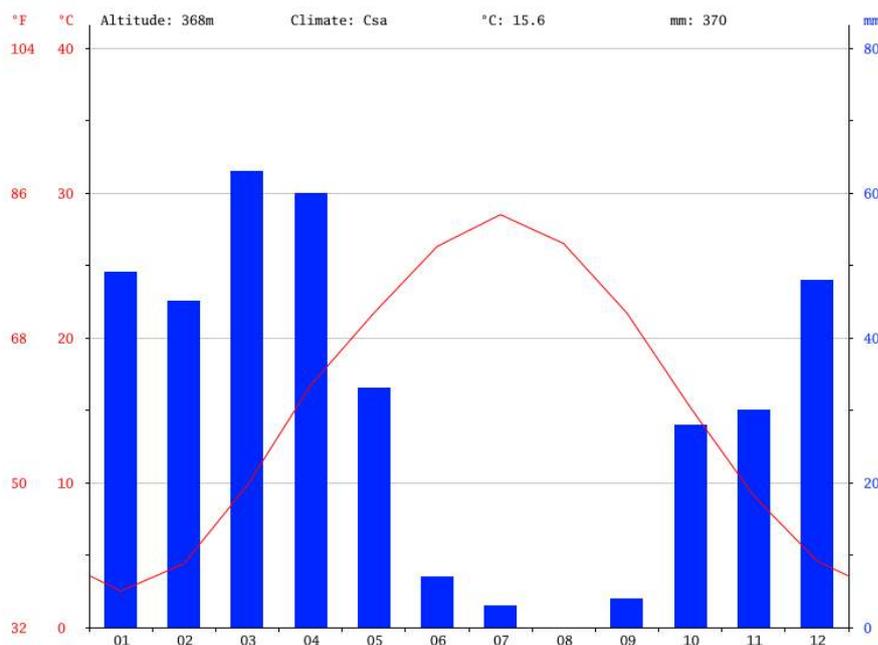


Рис. 1. График показателей температуры за год

При выходе из Ферганской долины река пересекает Фархадские горы и далее течёт по обширной, местами заболоченной пойме шириной 10-15 км через Ташкентско-Голодностепскую низменность.

В среднем течении (от Фархадских гор до Чардаринского водохранилища) в Сырдарью впадают реки Ахангаран, Чирчик и Келес. От Фархадского гидроузла начинается Южно-Голодностепский канал.

В нижнем течении Сырдарья протекает по восточной и северной окраинам песков Кызылкум; русло реки здесь извилисто и неустойчиво, в зимне-весенний период нередки паводки. Последний приток – Арысь.

Длина русла 2212 км. На территории бассейна реки Сырдарьи находятся 6 вилоятов (областей) Узбекистана: Андижанский, Наманганский, Ферганский, Ташкентский, Джизакский и Сырдарьинский.

Инженерно-геологические исследования проводились для определения условий массива орошения, площадок под насосные станции, напорные бассейны, трасса подводящего канала и напорных трубопроводов.

Территории исследований расположена в пределах Лякот-Саватской межгорной впадины, образованной слившимися конусами выноса временных водотоков, стекающих с северных склонов Туркестанского хребта, на севере территории межгорная впадина переходит в плоскую аллювиально-пролювиальную равнину периферийной части конусов выноса.

В геоморфологическом строении принимают участие отложения четвертичного возраста, представленные толщей гравийно-галечников, мощностью более 100 метров с прослоями и линзами суглинков, глин и конгломератов, В периферийной части конуса выноса равнина сложена не расслаивающейся толщей супесей и суглинков мощностью более 50 м с прослоями песка и глин.

В литологическом строении принимают участие гравийно-галечниковые отложения с мощностью 15 м, перекрытые с поверхности мелкоземом мощностью 1,0 – 3,0 м.

Площадка строительства сложена супесями, мощностью 1,0 – 3,0 м ниже залегают гравийно-галечниковые отложения с супесчаным заполнителем.

Трасса напорного трубопровода, протяженностью 3,3 км начинается от насосной станции Четвертого подъема.

Верхние слои супеси твердые, мощностью 3,5 – 5,0 м. подстилаемые гравийно-галечниками. Супеси просадочные относятся ко II типу грунтовых условий. Коэффициент фильтрации 0,5 м/сут.

Сейсмичность района работ 8 баллов.

Грунтовые воды залегают на глубине 1,5-2,4 м. Амплитуда колебания составляет 0,5-1,0 м. Воды очень соленые, по химическому составу сульфатно-хлоридные и сульфатные с преобладанием катионов натрия и магния.

Грунтовые воды обладают сульфатной агрессивностью к обычным маркам цемента.

Коэффициент фильтрации 0,2-0,5 м/сут.

Глубина промерзания грунтов – 0,5 м.

Сейсмичность – 7 баллов.

По данным геологических и гидрогеологических исследований проведенных институтом «Узсувлойиха» в июне 2011 года грунты, слагающие проектируемый объект представлены: суглинками и гравийно-галечниковыми отложениями.

В соответствии с почвенно-мелиоративным районированием земли относятся к Центральной зоне эфемеровых степей, поясам светлых и типичных сероземов (Ц-II-B).

По гидрологическим условиям земли относятся к области «в» затрудненного оттока минерализованных грунтовых вод.

Однако относительно длительный период орошения и освоения целинных земель области внес коренное изменение в естественный ход почвообразовательных процессов.

Под влиянием орошения меняется микроклимат, воздушный, питательный, тепловой и водный режимы почв, т.е. создаются условия оазиса, с формированием культурно-поливных почв гидроморфного типа почвообразования.

В связи с этим на массиве проектирования получили распространение почвы, формирующиеся в условиях постоянного или периодического интенсивного увлажнения грунтовыми водами. Почвы массива полностью орошаемые.

В геоморфологическом отношении орошаемые площади Янгибадского района Джизакской области расположены в пределах пролювиально-аллювиальной равнины периферийной части слившихся конусов выноса временных водотоков со стороны туркестанского хребта.

В геологическом строении принимают участие пролювиальные и аллювиальные отложения четвертичного возраста, представленные

переслаивающейся толщей супесей и суглинков мощностью 20-25 м, которые подстилаются песками мощностью 25-75 м, ниже залегают суглинки.

Мощность четвертичных отложений более 100м.

Грунты в естественном состоянии при бытовом давлении слабо и средне сжимаемые, непросадочные, засоленные. Тип засоления – сульфатный и сульфатно-хлоридный, с преобладанием катионов натрия и кальция.

Благодаря особому вниманию, уделяемому в Узбекистане стране повышению эффективности использования водных ресурсов, достигаются весомые успехи в сфере строительства и ремонта ирригационных сооружений, и мы не останавливаемся на достигнутом.

Для восстановления утраченного плодородия и создания мелиоративного благополучия необходимо проведение комплекса агро-мелиоративных мероприятий.

Природные условия рассматриваемой проектной территории позволяют при условии искусственного орошения, выращивать практически все сельскохозяйственные культуры Среднеазиатского региона, а используя современные технологии капельного орошения, можно достичь невероятных высот в сфере ирригации и мелиорации.

Так же не стоит забывать что, современное орошаемое земледелие все еще один из важных секторов экономики Узбекистана, обеспечивающий 17,5 % ВВП, 20 % поступлений иностранной валюты, но самое главное – это фактор социальной стабильности, так как обеспечивает почти 40 % занятости населения (данные 2015 года) [4]. В сельских районах, орошаемое земледелие и переработка сельскохозяйственной продукции – главный источник занятости и доходов населения. Ведущие культуры (около 30 процентов общей орошаемой площади) – хлопчатник, который дает приблизительно 10 % экспортного дохода и пшеница – основа продовольственной безопасности страны. Благодаря пониманию социальной значимости ирригации и мудрой государственной политике в водохозяйственном секторе, Узбекистан за годы независимости сумел не только сохранить свой ирригационный потенциал, но и успешно модернизирует и совершенствует системы орошения.

Библиографический список

- 1. Каримов И.А. Узбекистан: свой путь обновления и прогресса. Узбекистон. 1992.*
- 2. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-5134 от 04 августа 2017 года «О мерах по коренному совершенствованию деятельности Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан».*
- 3. Стратегия действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан 2017-2021 гг.*
- 4. Доклад Президента Республики Узбекистан Шавката Мирзияева, посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2017 году и важнейшим приоритетам углубления экономических реформ в 2018 г.*
- 5. Ирригация Узбекистана. Том II, Ташкент, «Фан» 1997.*
- 6. Рахимбаев Ф.М. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Практикум. Ташкент: «Мехнат» 1988.*

7. Шредер В.Р. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейне рек Сырдарьи и Амударьи. Ташкент, «Средазгипроводхлопок» 1970.
8. Серикбаев Б.С., Бараев Ф.А., Базаров Р.Х., Уралов Б.Р. Практикум по эксплуатации и автоматизации гидромелиоративных систем, Ташкент: «Мехнат» 1996.
9. Ахмедов И.А., Останков П.А., Фырлина Г.Л. Методические указания по курсу «Технология и организация гидромелиоративных работ», Ташкент, ТИИИМСХ, 1994.
10. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ, Москва, «Агропромиздат» 1986.
11. Валиев Х.И., Мицкевич Н.Н. Методические указания по составлению раздела «Экологические обоснования дипломного проекта», Ташкент, ТИИИМСХ, 1991.
12. Методическое указание по разработке экономической части дипломного проекта, Ташкент, ТИИИМСХ, 1998.

А.И. Сулейманова
г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Россия

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТУЙМАЗИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Изучены геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические, условия района Туймазинского водохранилища. Выделены инженерно-геологические элементы, изучены физико-механические свойства грунтов, неблагоприятные геологические процессы района.

Ключевые слова: инженерная геология, гидрогеология, водохранилище, Республика Башкортостан.

A.I. Suleymanova
Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russia

ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS TUIMAZINSKY RESERVOIR

Geological, hydrogeological, engineering and geological conditions of the Tuimazinsky reservoir area were studied. Engineering and geological elements were identified, physical and mechanical properties of soils and unfavorable geological processes of the area were studied.

Keywords: engineering Geology, hydrogeology, reservoir, Republic of Bashkortostan.

Введение

Одной из важнейших инженерно-геологических проблем является выбор оптимальных геологических условий для проектирования, строительства и безопасной эксплуатации водохранилищ. Искусственные водные объекты, являясь геотехнической системой и одновременно элементом культурного ландшафта, оказывает существенное воздействие на окружающую среду и хозяйственную деятельность человека. Водоёмы необходимо располагать на участках, куда не могут притекать сточные воды загрязнённых мест. Берега чаши водохранилища не должны быть крутыми, но и пологими. Крутые берега быстро размываются, что приводит к заилению пруда. При пологих берегах значительная площадь водоема и большой потеря воды на испарение и фильтрацию. Берега и ложе водохранилища должны состоять из водонепроницаемых грунтов – глины и суглинков. Плотины лучше всего располагать в суженой части балки, чтобы выше плотины балка была широкой и глубокой. Это позволит накапливать большой объем воды в водохранилище при выполнении не большого объема земляных работ. В основании плотины должны залегать водонепроницаемые грунты, которые должны находиться либо на поверхности земли, либо на глубине не более 1,5-2,0 м от поверхности земли. Нельзя выбирать место под строительство плотины там, где имеются выходы грунтовых вод.

Объектом изучения является геологическая среда в Туймазинском районе Западного Башкортостана, предметом – закономерности и особенности формирования инженерно-геологических условий

Цель работы: комплексная оценка инженерно-геологических условий Туймазинского района Республики Башкортостан.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- анализ основных факторов формирования инженерно-геологических условий Западного Башкортостана;
- характеристика инженерно-геологических условий Западного Башкортостана;
- оценка инженерно-геологических условий участка Туймазинского водохранилища на основе проведенных изысканий.

Методика работ

В методическом и технологическом отношении для производства инженерно-геологических изысканий на объекте послужила нормативно-техническая литература [3, 14-17 и др.] и Программа инженерно-геологических работ [13]. В состав инженерных изысканий входили:

Инженерно-геологическая рекогносцировка выполнялась с целью получения материалов, характеризующих инженерно-геологические условия исследуемого участка работ, уточнения геоморфологии, наличия поверхностных проявлений физико-геологических процессов, способных отрицательно влиять на строительство и эксплуатацию водохранилища.

Буровые работы как основной вид полевых работ, выполнялись с целью изучения геолого-литологического строения, гидрогеологических условий и отбора проб грунта (монолитов) для лабораторных исследований.

Отбор проб грунта проводится для решения следующих задач:

- определения физических и механических свойств грунтов;
- оценки пространственной изменчивости свойств грунтов;
- расчленение геологического разреза на инженерно-геологические элементы (ИГЭ);

Лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов проведены в соответствии с ГОСТами и требованиями межгосударственных стандартов.

Природно-геологические условия

В административном отношении рассматриваемая территория расположена в западной части Республики Башкортостан (РБ). Территория исследований – Туймазинское водохранилище расположено в Туймазинском районе РБ – в обширной долине между селами Бикметово, Аднагулово и Нижний Сардык (рис. 1).

В геоморфологическом отношении территория Туймазинского водохранилища приурочена к Бугульмино-Белебеевской возвышенности, которая представляет собой холмистое плато, сильно расчлененное речными долинами и балками.

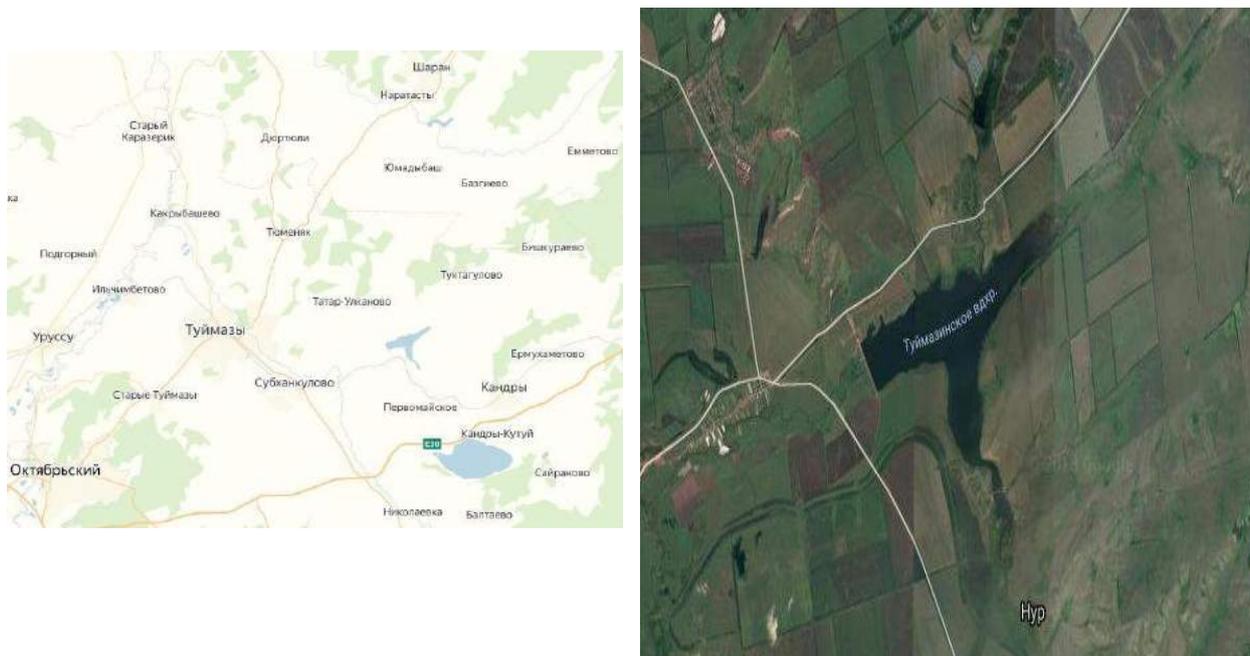


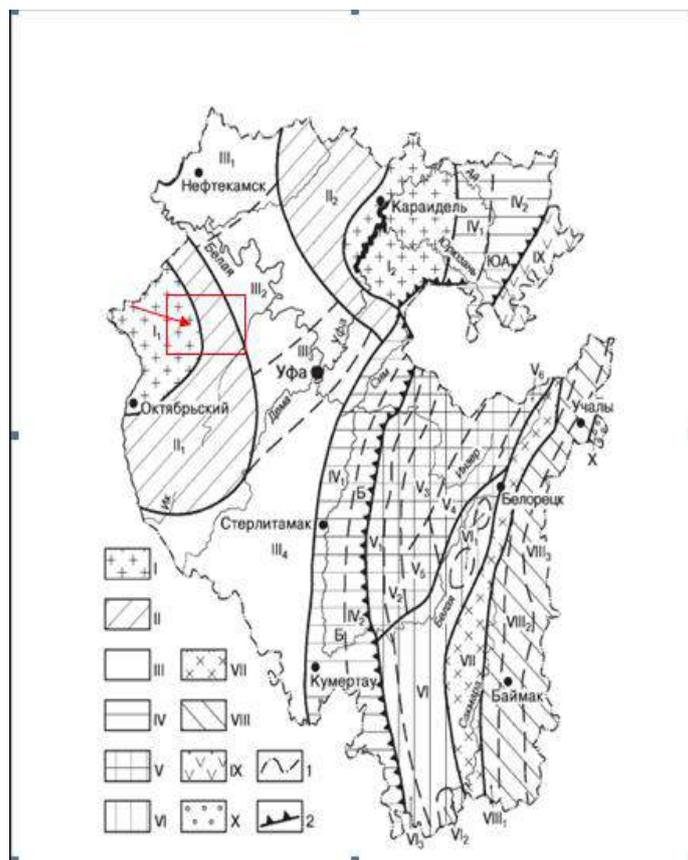
Рис. 1. Туймазинское водохранилище на карте и космоснимке

Водохранилище приурочено к долине реки Нугуш, которая образована при слиянии рек Малый и Большой Нугуш. Плотина удалена на запад от слияния Большого и Малого Нугуша на 1,8 км. Чаша водохранилища по р. Малый Нугуш простирается на 4,8 км от оси плотины. По реке Большой Нугуш чаша водохранилища доходит до южной окраины д. Бикметово, при этом длина водохранилища по Большому Нугушу составляет 3,2 км.

Река Нугуш является правым притоком р. Усень. Долина реки Нугуш корытообразной формы, с широким плоским дном и пологими склонами.

Туймазинское водохранилище эксплуатируется с 2007 года. Площадь водохранилища - 485 га, средняя глубина - 4,5 м, максимальная - 10 м. Длина дамбы - 800 м. Оно входит в пятерку крупнейших гидротехнических объектов республики. Его максимальная вместимость - 17 миллионов кубометров. Площадь зеркала - 430 гектаров, максимальная глубина — 10 метров. Проектная мощность нового водозабора составляет 12 тысяч кубометров воды в сутки, при необходимости она может быть увеличена до 22 тысяч кубометров. Длина плотины - 835 метров. Предназначено оно для наполнения подземных вод, которые после очистки по водоводам придут в г. Туймазы.

Территория Туймазинского водохранилища находится на восточной окраине Русской платформы в пределах Волго-Уральской антеклизы, на границе Татарского свода и Бирской впадины (рис. 2). На территории отмечены многочисленные тектонические нарушения, которые могут оказать негативную роль для эксплуатации водохранилища.



I–III - восточная окраина Русской платформы: I — крупные поднятия, своды (I1 - Южно-Татарский, I2 - Башкирский); II - краевые зоны, склоны сводов (II1 - Южно-Татарского, II2 - Башкирского); III - погруженные зоны, впадины (III1 - Верхнекамская, III2 - Бирская, III3 - Благовещенская, III4 - Юго-восточный склон платформы). IV - Предуральский краевой прогиб (IV1 - внешняя зона, IV2 - внутренняя зона): ЮА - Юрюзано-Айская депрессия, Б - Бельская депрессия. V–X - складчатая область Южного Урала: V - Башкирское поднятие (V1 - внешняя зона складчатости, V2 - Алатауский антиклинорий, V3 - Инзерский синклинорий, V4 - Ямантауский антиклинорий, V5 - Юрматинский антиклинорий, V6 - Белорецко-Златоустовский антиклинорий); VI - Зилаирский

Рис. 2. Тектоническая схема [1]

Копыловым И.С. проведено дешифрирование космических снимков разных районов Урала, в т.ч. – Башкортостана [4-12] и выделены тектонические линеаменты разных рангов, изучена их инженерно-геологическая и экологическая роль. В районе Туймазинского водохранилища выделены 3 региональных и более 50 локальных линеаментов (рис. 3). Их пересечения и повышенная плотность указывают на локальные геоактивные зоны, к которым приурочены участки развития современных геологических процессов, повышенная водообильность пород.

В сложении земной коры рассматриваемой территории до глубин, доступных современным методам исследований, принимают участие архейские, протерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские толщи пород. Особенности состава, метаморфизма, тектоники этих толщ в той или иной степени свидетельствуют о физико-географической обстановке, пройденных этапов геологического развития.

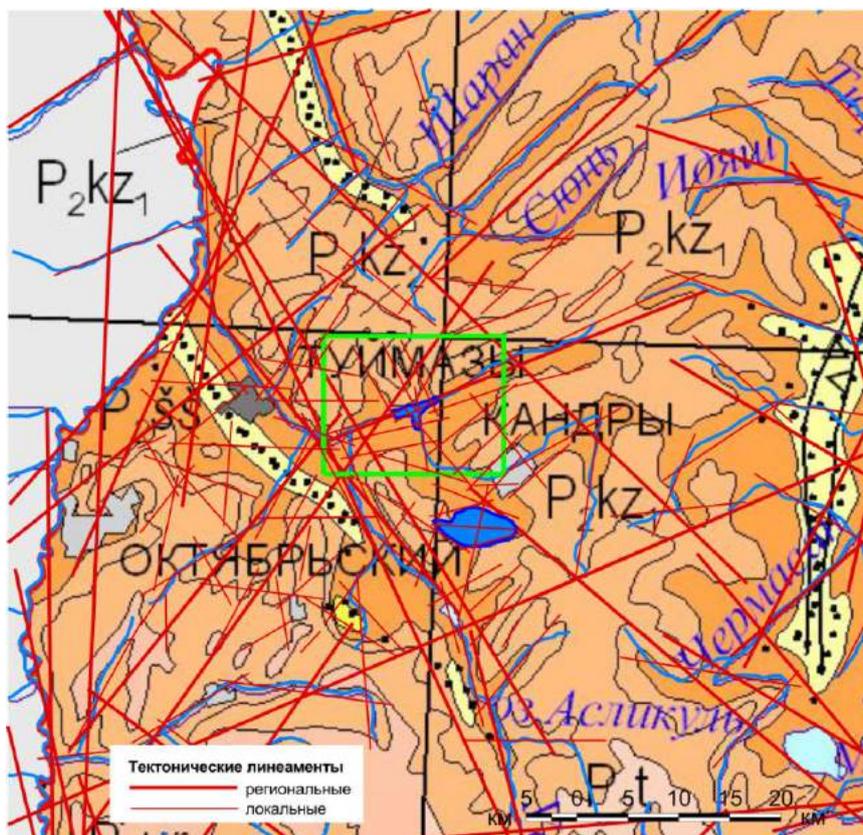


Рис. 3. Фрагмент карты тектонических линеаментов (по И.С.Копылову) на геологической карте Башкортостана (зеленый контур – район Туймазинского водохранилища)

В геологическом строении изучаемой территории на разведанную глубину принимают участие отложения четвертичной и пермской систем.

Четвертичная система представлена современным отделом, аллювиальными отложениями, эллювиальными отложениями.

В разрезе выделяются следующие гидростратиграфические подразделения [2]: 1 - Водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений, 2 - Воды спорадического распространения эллювиальных четвертичных отложений, 3 - Водоносный комплекс отложений уфимского яруса пермской системы. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,5-1,3 г/дм³.

Согласно СНиП 2.03.11-85, подземные воды не агрессивны по всем показателям для всех марок бетона. Воды горизонтов не агрессивны по отношению к арматуре железобетонных конструкций при постоянном погружении; при периодическом смачивании обладают слабой степенью агрессивности.

Анализ и оценка инженерно-геологических условий

По инженерно-геологическому районированию рассматриваемая территория расположена в Западном инженерно-геологическом регионе, в

инженерно-геологической области Бугульминско-Белебеевской возвышенности [2].

Исходя, из геологического и литологического строения изученной территории и обработки результатов лабораторных исследований грунтов на участке работ выделены следующие 15 инженерно-геологические элементы (ИГЭ) [13]:

ИГЭ 1 - Глины мягкопластичные слабозаторфованные (аQ). Выделены глины различной степени заторфованности (от слабозаторфованных до среднезаторфованных), от мягкопластичной до текучей консистенции, с линзами тугопластичной, обладающие сходными физико-механическими свойствами. Согласно таблицам Б.11, Б.14 и Б.22 ГОСТ-25100-95 грунты данного элемента классифицируются как глины мягкопластичные, слабозаторфованные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов (при $\omega=0,85$) рекомендуется принять следующие: влажность природная - 0,544 дол.ед.; плотность грунта – 1,55 г/см³; коэффициент пористости – 1.567; угол внутреннего трения – 12 град; удельное сцепление – 0,010 Мпа; модуль деформации – 4 Мпа.

Грунты ИГЭ 1 из-за своих низких прочностных и деформационных свойств не могут служить надежным основанием для проектируемых сооружений. Рекомендуется выемка их из-под основания проектируемых сооружений либо прорезка фундаментам.

ИГЭ 2- Суглинки мягкопластичные (аQ). Включены глины и суглинки мягкопластичной консистенции с линзами текучепластичных, обладающие сходными физико-механическими свойствами. Согласно таблицам Б.11 и Б.14 ГОСТ-25100-95 грунты данного элемента классифицируются как суглинки мягкопластичные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.289 дол. ед.; плотность грунта - 1.91 г/см³; коэффициент пористости – 0.786; угол внутреннего трения – 11 град; удельное сцепление – 0.015 Мпа; модуль деформации – 7 Мпа.

ИГЭ-3 Суглинки тугопластичные (аQ). Объединены суглинки и глины тугопластичной консистенции, обладающие сходными физико-механическими свойствами. Согласно таблицам Б.11 и Б.14 ГОСТ-25100-95 грунты данного элемента классифицируются как суглинки тугопластичные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.272 дол.ед.; плотность грунта – 1.88 г/см³; коэффициент пористости – 0.840; угол внутреннего трения – 16 град; удельное сцепление – 0.020 Мпа; модуль деформации – 12 Мпа.

ИГЭ 4 – Суглинки твердые (аQ). Выделены суглинки от твердой до полутвердой консистенции, обладающие сходными физико-механическими свойствами. Согласно таблицам Б.11-Б.16 ГОСТ – 25100-95 грунты данного элемента классифицируются как суглинки твердые, не просадочные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.196 дол.ед.; плотность грунта – 1.86 г/см³; коэффициент пористости – 0.752; угол внутреннего трения – 19 град; удельное сцепление – 0.028 Мпа; модуль деформации – 17 Мпа.

ИГЭ 5 – Супеси пластичные (аQ-еQ). Выделены супеси пластичные. Согласно таблицам Б.11 и Б.14 ГОСТ – 25100-95 грунты данного элемента классифицируются как супеси пластичные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.227 дол.ед.; плотность грунта – 1.91 г/см³; коэффициент пористости – 0.696; угол внутреннего трения – 22 град; удельное сцепление – 0.012 Мпа; модуль деформации – 13 Мпа.

ИГЭ 6 – Супеси твердые (аQ-еQ). Выделены супеси твердые. Согласно таблицам Б.11 - Б.16 ГОСТ – 25100-95 грунты данного элемента классифицируются как супеси твердые, не просадочные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.150 дол.ед.; плотность грунта – 1.79 г/см³; коэффициент пористости – 0.736; угол внутреннего трения – 23 град; удельное сцепление – 0.025 Мпа; модуль деформации – 16 Мпа.

ИГЭ 7 – Пески пылеватые (аQ – еQ). Включены пески пылеватые. Гранулометрический состав приведен в табл. 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав грунтов ИГЭ-7

Наименование частиц	Размер фракций	Кол. опр.	Содержание фракций, %		
			от	до	среднее
Галька	>10	12	0.0	1.2	1.1
Гравий	5.0-10.0	12	0.0	1.6	0.85
Песок гравелистый	2.0-5.0	12	0.4	2.6	1.5
Песок крупный	0.5-2.0	12	0.0	2.1	1.0
Песок средней крупности	0.25-0.5	12	1.3	14.5	5.44
Песок мелкий	0.10-0.25	12	37.8	63.5	50.02
Песок пылеватый	0.05-0.10	12	7.6	34.0	7.09
Пыль	0.005-0.05	12	18	38	21
Глина	<0.005	12	8	20.8	12

Согласно таблицам Б.10 ГОСТ – 25100-95 грунты данного элемента классифицируются как пески пылеватые.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.152 дол.ед.; плотность грунта – 1.61 г/см³; коэффициент пористости – 0.923; угол внутреннего трения – 26 град; удельное сцепление – 0.0096 Мпа; модуль деформации – 14 Мпа.

ИГЭ 8 – Пески мелкие (аQ-еQ). Включены пески мелкие. Гранулометрический состав грунтов приведен в табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав грунтов ИГЭ-8

Наименование частиц	Размер фракций	Кол. опр.	Содержание фракций, %		
			от	до	среднее
Галька	>10	7	0.0	3.5	1.0
Гравий	5.0-10.0	7	0.0	9.1	1.95
Песок гравелистый	2.0-5.0	7	0.0	8.6	1.98
Песок крупный	0.5-2.0	7	0.0	5.2	1.44
Песок средней крупности	0.25-0.5	7	5.8	27.5	11.5
Песок мелкий	0.10-0.25	7	34.6	82.8	63.6
Песок пылеватый	0.05-0.10	7	0.9	6.9	3.25
Пыль	0.005-0.05	7	5	12.4	9.14
Глина	<0.005	7	3.4	8.8	6.14

Согласно таблицам Б.10 ГОСТ – 25100-95 грунты данного элемента классифицируются как пески мелкие. Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: удельный вес грунта – 2.67 г/см³; плотность грунта – 1.85 г/см³; коэффициент пористости – 0.60; пористость – 0.38 дол. ед. угол внутреннего трения – 34 град; удельное сцепление – 0.02 Мпа; модуль деформации – 30 Мпа; угол естественного откоса: сухого грунта- 30.7 град, под водой – 22.7 град.

ИГЭ 9 – Пески гравелистые (аQ). Включены пески гравелистые с прослоями суглинков. Гранулометрический состав приведен в табл. 3.

Таблица 3

Гранулометрический состав грунтов ИГЭ-9

Наименование частиц	Размер фракций	Кол. опр.	Содержание фракций, %		
			от	до	среднее
Галька	>10	8	6.6	15.3	10.3
Гравий	5.0-10.0	8	7.1	17.3	11.8
Песок гравелистый	2.0-5.0	8	5.7	15.7	10.3
Песок крупный	0.5-2.0	8	2.7	7.9	5.6
Песок средней крупности	0.25-0.5	8	3.5	17.3	11.8
Песок мелкий	0.10-0.25	8	8.1	32.7	20.7
Песок пылеватый	0.05-0.10	8	1.2	20.5	6.0
Пыль	0.005-0.05	8	8.8	45.7	17.8
Глина	<0.005	8	0.4	8.5	5.7

Согласно таблицам Б.10 ГОСТ – 25100-95 грунты данного элемента классифицируются как пески гравелистые. Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: удельный вес грунта – 2.65 г/см³; плотность грунта – 1.90 г/см³; коэффициент пористости – 0.50; пористость – 0.38 дол. ед. угол внутреннего трения – 40 град; удельное сцепление – 0.01 Мпа; модуль деформации – 45 Мпа; угол естественного откоса: ссухого грунта – 35 град, под водой – 24 град.

ИГЭ 10- Гравийный грунт (аQ). Включены гравийные грунты с песчано-глинистым и песчаным заполнителем, с линзами и прослоями

суглинков и песков. Гранулометрический состав грунтов приведен в табл. 4. Согласно табл. Б.10 ГОСТ -25100-95 грунты данного элемента классифицируются как гравийные грунты. Угол естественного откоса сухого грунта 35 град, под водой - 25 град.

Таблица 4

Гранулометрический состав грунтов ИГЭ-10

Наименование частиц	Размер фракций	Кол. опр.	Содержание фракций, %		
			от	до	среднее
Галька	>10	3	7.5	39.0	21.1
Гравий	5.0-10.0	3	18.0	26.8	22.1
Песок гравелистый	2.0-5.0	3	11.1	17.9	15.6
Песок крупный	0.5-2.0	3	5.5	9.8	7.3
Песок средней крупности	0.25-0.5	3	6.1	11.0	8.8
Песок мелкий	0.10-0.25	3	12.4	19.6	15.1
Песок пылеватый	0.05-0.10	3	0.0	2.5	1.03
Пыль	0.005-0.05	3	1.0	12.6	5.97
Глина	<0.005	3	0.2	6.9	3.0

Осовецким Б.М. и Копыловым И.С. изучено влияние структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов бассейна р.Белой в Башкортостане на инженерно-геологические свойства грунтов [12].

ИГЭ 11 – Глины твердые (P_{2u}). Представлен пермскими глинами, твердой и полутвердой консистенции, аргиллитоподобными, с содержанием щебня коренных пород и прослоями слабых песчаников, аргиллитов и алевролитов. Грунты классифицируются как глины твердые, не просадочные.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.188 дол.ед.; плотность грунта – 1.87 г/см³; коэффициент пористости – 0.814; угол внутреннего трения – 19 град; удельное сцепление – 0.040 Мпа; модуль деформации – 23 Мпа.

ИГЭ 12 – Аргиллиты (P_{2u}). Представлен аргиллитами трещиноватыми, очень низкой прочности, с прослоями глины твердой, аргиллитоподобной, с частыми прослоями песчаников, алевролитов. Согласно табл. 1 ГОСТ-25100-95 данные грунты относятся к классу природных скальных грунтов, к группе полускальных.

Расчетные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов рекомендуется принять следующие: влажность природная – 0.190 дол.ед.; плотность грунта – 1.62 г/см³; коэффициент пористости – 0.985; предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии согласно таблице Б.1 ГОСТ 25100-95, равен 1.0 Мпа.

ИГЭ 13 – Песчаники (P_{2u}). Представлен песчаниками трещиноватыми, на глинистом цементе, очень низкой прочности, реже-малопрочными, с частыми прослоями аргиллитоподобных глин, аргиллитов, алевролитов. Согласно табл. 1 ГОСТ 25100-95 данные грунты относятся к классу природных скальных грунтов, к группе полускальных. Предел прочности на одноосное

сжатие в водонасыщенном состоянии, согласно таблице Б.1 ГОСТ 25100-95, равен 1.0 Мпа.

ИГЭ 14 – Алевролиты (Р_{2u}). Представлен алевролитами трещиноватыми, низкой прочности, реже-малопрочными, с частыми прослоями аргиллитоподобных глин, аргиллитов, песчаников. Согласно табл. 1 ГОСТ 25100-95 данные грунты относятся к классу природных скальных грунтов, к группе полускальных. Предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, согласно таблице Б.1 ГОСТ 25100-95, равен 2.0 Мпа.

ИГЭ 15 – Известняки (Р_{2u}). Представлен известняками трещиноватыми, кавернозными, местами-разрушенными до глинисто-щебенистого состояния, малопрочными и средней прочности. Согласно табл. 1 ГОСТ 25100-95 данные грунты относятся к классу природных скальных грунтов, к группе полускальных. Предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, согласно таблице Б. 1 ГОСТ 25100-95, равен 15.0 Мпа.

Из **инженерно-геологических процессов** на территории отмечен карст, широко развиты подмыв и обрушение берегов, оврагообразование, заболоченности, оплывы [13].

Карст. Изучаемая территория входит в область развития карста. По преобладанию карстующих пород в пределах территории развит сульфатный класс карста с подклассами подаллювиальный (или перекрытый) и закрытый с участками подэлювиально-делювиального. Карстующейся является гипсо-ангидритовая толща кунгурского яруса и нижняя часть соликамской свиты уфимского яруса. Учитывая, что в пределах территории и чаши водохранилища поверхностных карстопроявлений не обнаружено, а так же наличие перекрывающей глинистой толщи уфимского яруса, мощность которой составляет 150 и более метров, участок отнесен к V-той относительно устойчивой территории относительно карстовых провалов. В карстовом отношении территория относительно благополучная.

Овраги в пределах территории развиты широко. Образование их связано с деятельностью дождевых и талых вод на участках развития слабоустойчивых к эрозии пород.

Заболоченности приурочены к днищам эрозионной сети и обусловлены выходом подземных вод на задернованных участках. В пойменной части рек в связи с отсутствием поверхностного стока разгружающиеся вдоль коренных бортов долины подземные воды растекаются по днищу и накапливаются на иловатых водоупорных глинах, образуя заболоченности.

Берега рек крутые, обрывистые, подвержены размыву и обрушению.

Проведенные изыскания и оценка инженерно-геологических условий района Туймазинского водохранилища позволяют уточнить существующие инженерно-геологические представления о данной территории. Вероятно, неблагоприятные инженерно-геологические процессы, происходящие на этих участках, будут оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду, поэтому их следует учитывать при разработке природоохранных мероприятий.

Библиографический список

1. Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Смирнов А.И. Карст Башкортостана. Уфа. РА «Информреклама», 2002.
2. Гидрогеология СССР / Под ред. Е. А. Зубровой. Т.XV. Башкирская АССР. М.: Недра, 1972. 344 с.
3. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. Москва. 2013.
4. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
5. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
6. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.
7. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
8. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
9. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
11. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
12. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
13. Отчет по результатам инженерно-геологических изысканий «Строительство водохранилища на р. Нугуш Туймазинского района РБ». ОАО ПИИ «Башгипроводхоз». Уфа, 2005.
14. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. М.: Госстрой России, 1997.
15. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
16. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. 2012.
17. ТСН 302-50-95 РБ Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях. Уфа, Госстрой РБ, 1996.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ТЕРРИТОРИИ
ОБЪЕКТА ВЕНТИЛЯТОРНАЯ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ
(РУДНИК «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ», РЕСПУБЛИКА САХА)**

В данной работе изложены инженерно-геологические условия на территории объекта «Вентиляторная главного проветривания рудника «Интернациональный», расположенного в западной части Якутии. Выполнена оценка агрессивности подземных вод по отношению к карбонатным породам сезонно-талого слоя на площадке изысканий.

A.N. Farzieva

Kazan (Volga) Federal University Institute of Geology and Oil and gas Technologies,
Kazan, Russia

**ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE SITE OF THE
MAIN VENTILATION FAN (INTERNATIONAL MINE, SAKHA REPUBLIC)**

This paper describes the engineering and geological conditions on the territory of the object «Fan of the main ventilation of the mine «International», located in the Western part of Yakutia. The assessment of the aggressiveness of groundwater in relation to the carbonate rocks of the seasonal thawed layer at the survey site was performed.

Введение

Якутское месторождение алмазов «трубка Интернациональная» – одно из самых известных и успешных проектов компании «Алроса», разработка которого началась ещё в 70-е годы XX века. Тем не менее, спустя десятилетия с начала эксплуатации месторождения, рентабельность добычи открытым способом сильно снизилась, и в начале двухтысячных годов руководством компании было принято решение о переходе на добычу с использованием наклонных шахт. Для решения этой задачи в 2 км к западу от бровки карьера был создан рудник «Интернациональный». Тем не менее, к 2014 г., в связи с углублением забоя существующих шахт, назрела необходимость в реконструкции некоторых сооружений рудника, в том числе и вентиляторной главного проветривания. Для решения этой задачи ОИИ «Якутнипроалмаз» в 2014 г. были проведены инженерно-геологические изыскания, по материалам которых написана данная работа.

Целью работы явилось изучение инженерно-геологических условий на территории объекта «Вентиляторная главного проветривания. Рудник «Интернациональный».

Для достижения поставленной цели были выполнены анализ инженерно-геологических условий района и проведена оценка агрессивности вод сезонно талого слоя по отношению к карбонатным породам, слагающим верхнюю часть геологической среды, осуществлена обработка полученных результатов. Фактический материал представлен данными по 6 инженерно-геологическим скважинам до глубин 15-25м (всего проанализировано 13 проб грунта и 6 проб воды) [11].

Природно-геологические факторы инженерно-геологических условий
Физико-географические условия. Рассматриваемый район относится к Мирнинскому району Республики Саха (Якутия). Исследуемая территория расположена в пределах Приленского плато (рис.1).



Рис. 1 Расположение объекта исследований «Рудник «Интернациональный» на космоснимке

Рельеф плоскогорный. Исследуемая территория расположена в пределах Мало-Ботубинского алмазоносного района.

Максимальные абсолютные отметки 400-450 м. Природные минимальные абсолютные отметки исследуемой территории связаны с рекой Иирэлээх, которые составляют около 300 м. Абсолютные отметки, связанные с деятельностью человека связаны с забоем трубки. Уклоны незначительные. Максимальные уклоны только на бортах трубки. Рельеф техногенно-измененный [11, 15].

Геологическое строение. Геологическое строение района определено его расположением в сводовой части Непско-Ботубинской антеклизы, в зоне сочленения верхнепалеозойских и мезозойских наложенных морфоструктур, связанных с заложением и развитием Тунгусской синеклизы и Ангаро-Вилуйского прогиба. В платформенной структуре выделяются архейский кристаллический фундамент и осадочный чехол мощностью 1,8-2,0 км. Осадочные и магматические породы чехла в районе формируют венд-

нижнепалеозойский (V-G₁, E₃), верхнепалеозойский-нижнемезозойский (C₂-T₁), средне-верхнемезозойский (J₁) и кайнозойский (Q) структурные ярусы, разделенные угловыми и стратиграфическими несогласиями [2].

Стратиграфия. На современном срезе нижнепалеозойские отложения картируются в центральной и восточной частях района и представлены терригенно-карбонатными отложениями холомолохской свиты. Свита представлена пестроцветными мергелями, песчаниками, аргиллитами, доломитами, известняками.

Магматизм. Магматические образования представлены породами трапповой и кимберлитовой формаций. По времени формирования в составе первой из них выделяются среднепалеозойские и раннемезозойские магматиты.

Среднепалеозойские базиты вилуёско-мархинского комплекса образуют не выходящие на поверхность силлы и дайки долеритов, габбро-долеритов, микродолеритов, реже они выполняют трубчатые тела в виде тубофрекций, состоящих из обломков долеритов [10].

Тектоническое строение. Тектоническое строение района определяется положением территории в зоне сочленения структур Сибирской платформы и включает в себя часть Непско-Ботуобинской антеклизы с наложенной на северо-западное её крыло Тунгусской синеклизой, а на юго-восточное крыло – Вилуёвской синеклизой (Ангари-Вилуёвского прогиба). Исследуемая территория (Мирнинский район) характеризуется двухчленным строением. Фундамент слагают сильно дислоцированные породы кембрия, на которых с перерывом и угловым несогласием залегают осадочные породы. Наибольшая глубина погружения до 3 км отмечается в пределах Мало-Ботуобинской впадины, расположенной в бассейне среднего течения реки М. Ботуобия. Разрывные нарушения, широко развитые на площади, сгруппированы в системы. Наиболее крупная - Вилуёвско-Мархинская зона [10, 12].

Глубинные разломы оказывают влияние фильтрационные свойства пород в плане и разрезе. При этом особенно влияют на гидрогеологические условия зоны повышенной неотектонической трещиноватости, связанные с повышенной геодинамической активностью [7-9]. Поэтому для разломов Вилуёвско-Мархинской системы характерно повышение проницаемости в субмеридиальном направлении и понижение водопроницаемости в широтном направлении в связи наличием долеритовых интрузий [1].

Гидрогеологические условия. Мощность мёрзлой толщи изменяется от 164 м на юго-западе до 490 м и более на севере и северо-востоке. В районе г. Мирного мощность многолетнемерзлых пород составляет около 350 м и коррелируется глубиной вскрытия водоносного горизонта, содержащего высокоминерализованные хлоридно-натриевые воды. На территории распространены подземные воды трёх типов: надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. Надмерзлотные воды сезонного слоя распространены повсеместно и наиболее часто связаны с элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями. Формирование надмерзлотных вод происходит исключительно за счет атмосферных осадков, а в условиях города еще и за счет техногенных факторов.

Помимо вод сезонноталого слоя, в районе имеют распространение воды речных и подозёрных таликов. Обычно талики формируются в условиях повышенной неотектонической трещиноватости пород, повышая степень инженерно-геологической сложности [3-7].

Также в условиях города широкое распространение получили техногенные надмерзлотные воды, образование которых связано с аварийными утечками из водопроводно-канализационных коммуникаций. Воды во всех скважинах к ж/б конструкциям при постоянном смачивании слабоагрессивные, при периодическом смачивании – сильноагрессивные. По воздействию на металлические конструкции при свободном доступе кислорода воды во всех скважинах сильноагрессивные [11, 13].

Инженерно-геологические условия

Площадка изысканий находится в 14 км от г. Мирный в промзоне рудника «Интернациональный». Площадка ровная, спланированная, отсыпанная, без растительности. Инженерно-геологические скважины располагались по контуру здания Вентиляторной главного проветривания (ВГП) – вдоль вентиляционного канала, соединяющего скиповой ствол и здание ВГП [14].

Состав, строение и свойства грунтов.

Геологический разрез площадки изысканий изучен до глубины 13,0-21,0 м. С поверхности повсеместно вскрыт слой техногенных отложений, которые представлены крупнообломочными и глинистыми грунтами. Суммарная мощность насыпных отложений изменяется от 1,9 до 3,8 м.

В инженерно-геологическом разрезе исследованной территории выделено 12 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), из них 7 в слое сезонного оттаивания и 5 – в многолетнемерзлой толще.

Установлены специфические грунты – карбонатные породы, которые могут быть в слое сезонного оттаивания, которые могут подвергаться растворению, а также – насыпные, выветрелые, пучинистые, засоленные.

Геокриологические процессы. На территории широко распространены геокриологические процессы: солифлюкция, морозное пучение, морозное трещинообразование, термоэрозия, термокарст.

Солифлюкция наиболее распространена на пологих склонах, сложенных карбонатно-терригенными породами.

Морозное пучение развито в днищах депрессий.

Морозное трещинообразование широко развиты на площади, образуя полигональный микрорельеф.

Термоэрозия проявляется в процессе образования деллей.

Процессы *термокарста* развиты в сильнольдистых сингенетических отложениях пойм крупных рек участка. К мелким формам термокарста относятся различные блюдца, мочажины. К формам макрокарста относятся озера, расположенные на водоразделах, I и II речных террасах: озера Сордон, Бэрэ, Лаапчан-Кюэле, Волчыи озера и др. При вытаивании

полигонально-жилых льдов образуются характерные линейно-вытянутые озера [12, 16].

Оценка агрессивности подземных вод по отношению к карбонатным породам сезонно-талого слоя

Определение состояния химического равновесия между подземными водами и карбонатными породами производилось следующими двумя способами:

1). Сравнением произведения активностей ионов кальция и карбонатов с произведением растворимости карбоната кальция. Произведение активностей ионов кальция и карбоната определяется из уравнения:

$$(a_{Ca^{2+}} * a_{CO_3^{2-}}) = 1/4 * y_{CaCO_3} [Ca^{2+}] [CO_3^{2-}],$$

где $[Ca^{2+}]$ и $[CO_3^{2-}]$ – миллиграмм-эквивалентные концентрации ионов кальция и карбоната по данным химического анализа; y_{CaCO_3} – средний коэффициент активности карбоната кальция. Он определяется из уравнения $\lg y_{CaCO_3} = 1,98\sqrt{\mu}(1+1,62\sqrt{\mu})$, где μ – ионная сила раствора, определяемая из уравнения

$$\mu = 1/2 * 10^{-3} * ([x_1]z_1^{2+} * ([x_2]z_2^2 + \dots + [x_n]zn^2),$$

в котором $[x]$ – миллиграмм-эквивалентные концентрации всех присутствующих в растворе ионов; z – соответствующая валентность этих ионов.

Величина произведения растворимости карбонатов кальция равна $7,7 * 10^9$

В тех случаях, когда определение иона CO_3^{2-} аналитическими методами затруднительно, вычисление его концентрации в растворе производят из уравнения:

$$CO_3^{2-} = (3,77 * 10^{-11} [HCO_3^-] * f_{cp}) / 10^{-[pH]}$$

где $[HCO_3^-]$ – миллиграмм-эквивалентная концентрация иона HCO_3^- по данным химического анализа; $[pH]$ – величина pH по данным химического анализа; f_{cp} – коэффициент, зависящий от величины ионной силы:

$$\lg f = (-AZ^2\sqrt{\mu}) / (1 + dB\sqrt{\mu}) + C\mu,$$

где $A=0,5$; $B=0,3 * 10^8$; $Z=2$; $d=4,5 * 10^{-8}$ (эффективный диаметр иона); $C=0,12$.

Если произведение активностей равно или больше произведения растворимости, изучаемая система, подземные воды – карбонатные карстующиеся породы, находится в равновесии и коррозионный процесс развиваться не может; если произведение активности меньше произведения растворимости, то равновесия нет и развитие коррозионного процесса неизбежно.

2). Во втором способе определение степени агрессивности подземных вод по отношению к карбонатным породам основывается на том, что количество карбоната кальция, которое может перейти в изучаемый водный раствор, должно быть не больше определенной величины. Если установится дефицит насыщения подземных вод этим соединением, воды будут агрессивны по отношению к карстующимся карбонатным породам. Количество карбоната

кальция, способного перейти в раствор, определяется из уравнения произведения растворимости карбоната кальция

$$(yCaCO_3)^2([Ca^{2+}]+[x]) * ([CO_3^{2-}]+[x]) = 0,038,$$

где $[x]$ – дефицит насыщения исследуемой воды карбонатом кальция, мг-экв/л; $[Ca^{2+}]$ и $[CO_3^{2-}]$ - миллиграмм-эквивалентные концентрации ионов кальция и карбоната по данным анализа.

Результаты оценки агрессивности подземных вод по отношению к карбонатным породам сезонно-талого слоя приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования агрессивности воды двумя способами

№ скв./ глуб. отб.	$aCa^{2+} * aCO_3^{2-}$	Дефицит насыщения, x_1, x_2	Агрессивность к $CaCO_3$
13317/2,5	$82,52 * 10^{-9}$	-213; -0,39	неагрессивны
13319т/1,9	$72,87 * 10^{-9}$	-355; -0,32	неагрессивны
13318т/2,2	$62,17 * 10^{-9}$	-313,9; -2,4	неагрессивны
13320т/2,8	$51,12 * 10^{-9}$	-153; -1,19	неагрессивны
13321/3,2	$438,5 * 10^{-9}$	-332,9; -0,4	неагрессивны
13322/2,0	$18,34 * 10^{-9}$	-131; -2,63	неагрессивны

Полученные результаты показывают, что все исследуемые породы характеризуются отсутствием агрессивности воды к изученным породам.

Заключение

Таким образом, территория исследований характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, обусловленных развитием многолетнемерзлых грунтов, наличием геокриологических процессов, где в разрезе района выделено 12 ИГЭ и специфические грунты (карбонатные, насыпные, выветрелые, пучинистые, засоленные). Отмечены участки сезонного оттаивания и наличие грунтовых вод сильнозагрязненных, с высокой минерализацией. Глубина сезонного оттаивания 3,8 м.

Засоление многолетнемерзлых грунтов и грунтов слоя сезонного оттаивания, вызванное антропогенным фактором, наличие слабо- и сильносоленых природных вод и слабых рассолов (по ОСТ 41-05-263-86) в деятельном слое, а также в таликовых зонах, выявленных на сопряженных участках, отвалы засоленного грунта и солей в непосредственной близости от промплощадки – все эти факторы будут способствовать дальнейшему распространению засоления, как по глубине, так и по простираию, что может привести к уменьшению прочностных и деформационных свойств многолетнемерзлых грунтов.

Библиографический список

1. Ковригина Е.К. Государственная геологическая карта СССР. Р-49-50. ФГУП «ВСЕГЕИ». 1984.
2. Ковригина Е.К. Государственная геологическая карта СССР. Р-50, 51, ФГУП «ВСЕГЕИ», 1987.
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. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Меньшиков П.Н. Карта аномального магнитного поля СССР. Р-50 Якутск: Якутское геологическое управление, 1963.
11. Польшинцев С.П., Отчет института «Якутнипроалмаз» «Рудник «Интернациональный» Вентиляторная главного проветривания. Реконструкция». *Инженерно-геологические работы*. Мирный, 2014. 249 с.
12. Старицкий Ю.Г., Государственная геологическая карта СССР. Карта полезных ископаемых Р-50, 51 ФГУП «ВСЕГЕИ», 1987.
13. Отчет ОИИ Якутнипроалмаз «Рудник «Интернациональный». Вспомогательная промплощадка ствола ВВС для отработки подкарьерных запасов». *Инженерно-геологические изыскания*. 1997.
14. Отчет ОИИ Якутнипроалмаз «Рудник «Интернациональный». Здания и сооружения поверхностного комплекса». *Инженерно-геологические изыскания*. 1998.
15. Отчет ОИИ Якутнипроалмаз Рудник «Интернациональный». Узел обратной закачки карьерных и дренажных вод». *Инженерно-геологические изыскания*. Мирный. УКС АК АЛРОСА. 2010.
16. Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии / Г.М. Фельдман, А.С. Тетельбаум, Н.И. Шендер, Р.И. Гаврильев; [Отв. ред. П. И. Мельников]; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т мерзлотоведения. Якутск: ИМ, 1988. 240 с.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ДУНАЕВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На основе инженерно-геологических изысканий и анализа изучены инженерно-геологические условия района Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения в Западной Сибири. Рассмотрены факторы, влияющие на разработку и инфраструктуру месторождения. Проведены инженерно-геологическая оценка и районирование Дунаевского месторождения.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, изыскания, оценка и районирование, Дунаевское нефтегазоконденсатное месторождение.

F.D. Shaposhnikov, I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT AND ZONING OF THE DUNAEVSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD

Based on engineering and geological survey and analysis, the engineering and geological conditions of the Dunaevsky oil and gas condensate field in Western Siberia were studied. Factors affecting the development and infrastructure of the field are considered. Engineering and geological assessment and zoning of the Dunaevsky field were carried out.

Keywords: engineering and geological conditions, survey, assessment and zoning, Dunaevsky oil and gas condensate field.

Введение

Для обоснования проектной подготовки строительства зданий и сооружений на нефтяных месторождениях Западной Сибири, для предотвращения на них аварий при дальнейшей эксплуатации, загрязнения окружающей среды, необходимо проведение инженерно-геологических изысканий, а также общий инженерно-геологический и геокриологический анализ, оценка территории по степени сложности инженерно-геологических условий. Особое внимание необходимо уделять изучению глубинных процессов [3-6, 17].

Дунаевское нефтегазоконденсатное месторождение (ДКМ) расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Дунаевское месторождение было открыто в 1986 году, введено в разработку в 1987 году. По начальным извлекаемым запасам Дунаевское месторождение относится к категории мелких, а по геологическому строению – к сложным [14].

Цель исследований: комплексная оценка инженерно-геологических условий и районирование Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения. Объектом изучения является геологическая среда в районе Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения. Предмет изучения: закономерности формирования инженерно-геологических условий.

Инженерно-геологическая изученность

Инженерно-геологическая характеристика района работ приведена на основе обобщенных данных, полученных в результате выполнения инженерных изысканий, а также сбора и анализа литературных и архивных материалов.

Район работ в геологическом отношении изучен достаточно хорошо. Комплексные инженерно-геологические изыскательские работы по объекту «Дунаевское нефтегазоконденсатное месторождение» выполнялись институтом «СургутНИПИнефть» в 2017-2018 гг. [14].

Основные методы исследований

Методика изысканий и объемы работ соответствовали установленным нормативным документам, принятым в РФ. 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; опробование грунтов и воды; лабораторные работы [1 и др.].

Инженерно-геологический анализ, оценка территории по степени сложности инженерно-геологических условий проводились с применением региональных аэрокосмогеологических исследований [7-11, 18]. Инженерно-геологическое районирование выполнено по методике [15].

Природно-геологические факторы формирования инженерно-геологических условий

Район изучения расположен в пределах Западно-Сибирской равнины, в лесной зоне правобережья Средней Оби, в бассейне реки Минчимкина. Поверхность территории представляет собой плоскую славодренную залесенную равнину с обширными труднопроходимыми болотами и большим количеством внутриболотных озер различных размеров (рис. 1).

Климат данного района резко континентальный. Зима суровая, холодная, продолжительная. Лето короткое, теплое. Короткие переходные сезоны – осень и весна. Поздние весенние и ранние осенние заморозки. Безморозный период очень короткий. Резкие колебания температуры в течение года и даже суток [12]. Характерно распространение многолетнемерзлых пород (ММП) островного характера. Глубина залегания уровня подземных вод (УПВ) менее 3м.

В тектоническом отношении изучаемый район находится в пределах Западно-Сибирской плиты эпипалеозойской Урало-Сибирской платформы, которая имеет четкое двухъярусное строение: нижний ярус – фундамент плиты и верхний ярус – мезо-кайнозойский платформенный чехол [2, 16], разбитый системами тектонической трещиноватости на различные неотектонические

блоки, с различной степенью геодинамической активности, что определяет специфику инженерно-геологических изысканий [3-6].

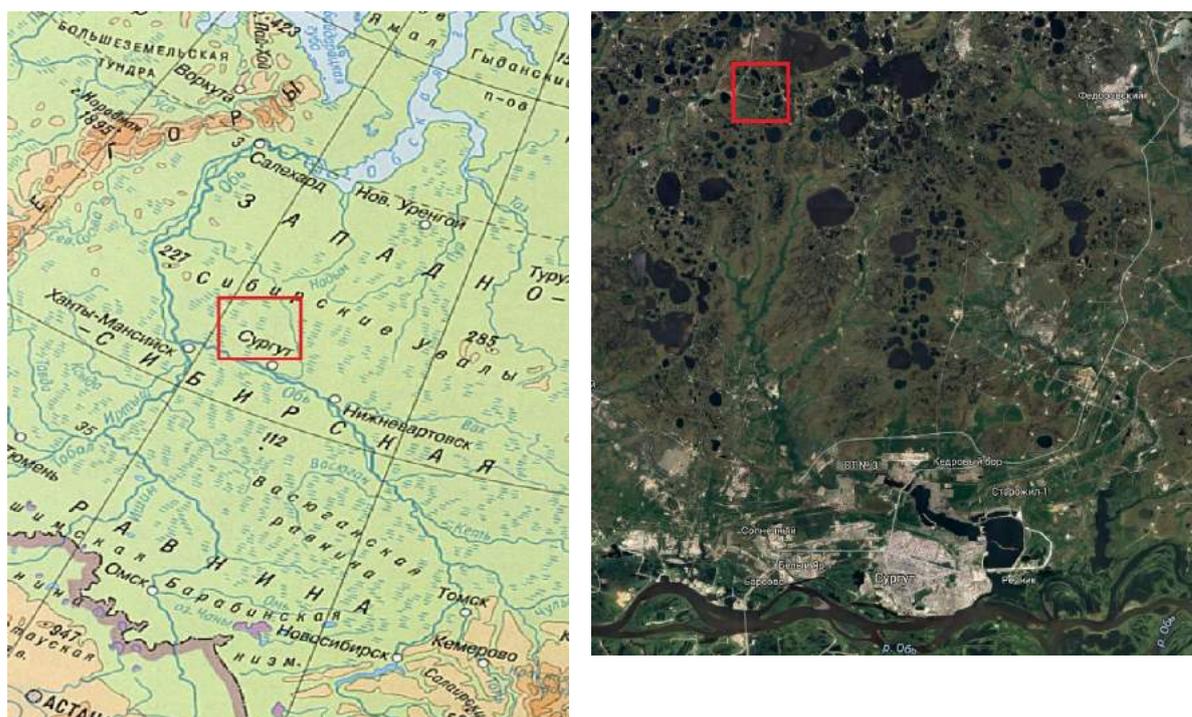


Рис. 1. Район Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения на карте и космоснимке

Инженерно-геологические и геокриологические условия

По инженерно-геологическому районированию район исследований относится к инженерно-геологическому региону Западно-Сибирской плиты, к Среднеобской северной инженерно-геологической области [2].

По результатам изысканий геологический разрез исследуемой территории изучен до глубины 5-17 м и представлен аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями позднечетвертичного возраста, перекрытыми голоценовыми озерно-болотными отложениями, а также, местами, техногенными насыпными грунтами (рис. 2).

Аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения представлены песками мелкими и пылеватыми, различной плотности сложения, а также глинистыми грунтами: глинами и суглинками от тугопластичной до текучепластичной консистенции, и супесью пластичной.

Озерно-болотные отложения открытого залегания представлены торфом от слабо- до сильноразложившегося, мощностью от 0,2 до 2,6 м.

Техногенные насыпные грунты слагают насыпь существующих автодорог и технологических проездов, которые пересекаются на отдельных участках проектируемыми трассами. Насыпные грунты представлены песком мелким, выше УПВ - средней степени водонасыщения, ниже УПВ – насыщенным водой, средней плотности. Мощность отсыпки по скважинам составляет 0,7-1,4 м. Земляные работы проведены без предварительной выемки торфа.

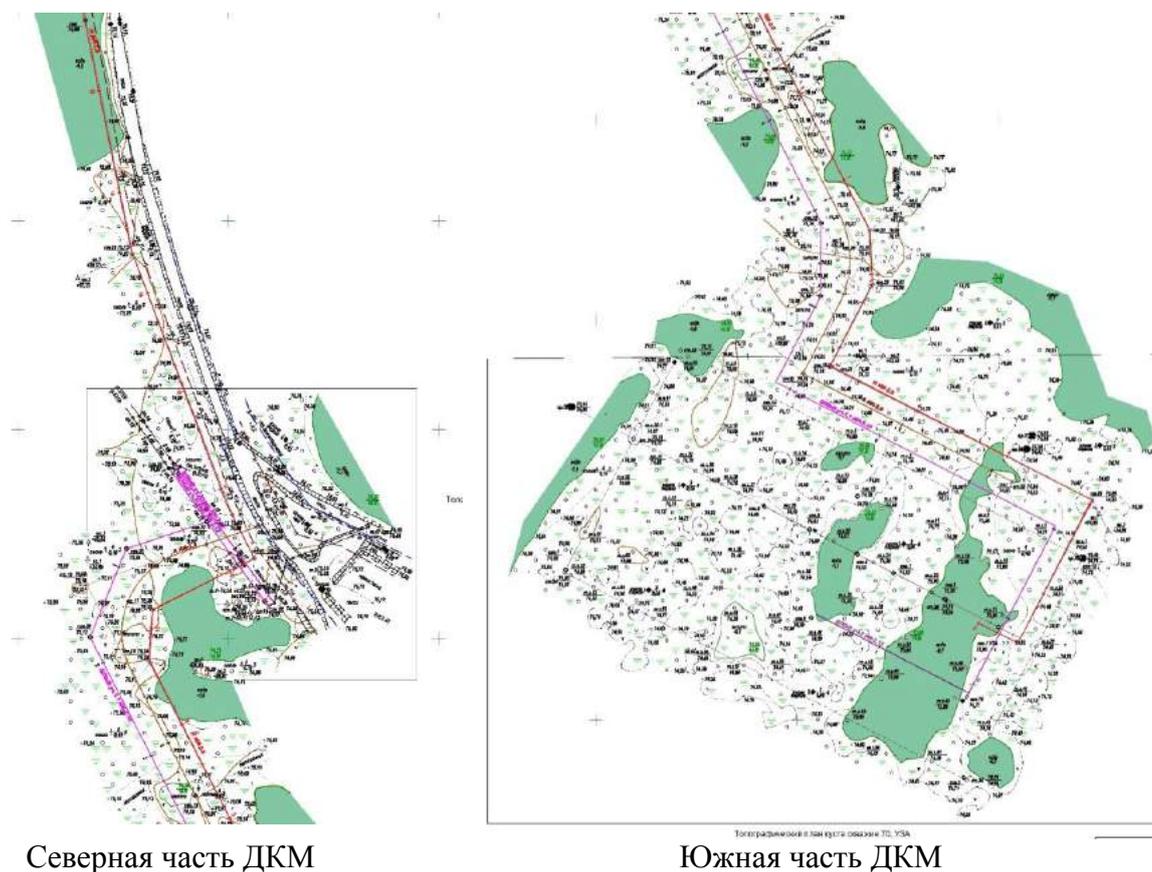


Рис. 2. Схема фактического материала Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения [14].

По результатам полевых и лабораторных исследований [14], выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ-1б торф сильноразложившийся, ИГЭ-2 торф среднеразложившийся, ИГЭ-3а торф слаборазложившийся, ИГЭ-3б торф жидкий, ИГЭ-4 торф сильноразложившийся, ИГЭ-7а-2 песок пылеватый средней плотности, ИГЭ-7а-3 песок пылеватый плотный, ИГЭ-7б-1 песок мелкий рыхлый, ИГЭ-7б-2 песок мелкий средней плотности, ИГЭ-7б-3 песок мелкий плотный, ИГЭ-11в глина тугопластичная, ИГЭ-11г глина мягкопластичная, ИГЭ-12в суглинок тугопластичный, ИГЭ-12г суглинок мягкопластичный, ИГЭ-12д суглинок текучепластичный, ИГЭ-15б супесь пластичная, ИГЭ-15в супесь пластичная, ИГЭ-17 насыпной грунт.

Геологическое строение и литологические особенности грунтов на исследуемой территории, изменение их мощности в плане и по глубине отображены на инженерно-геологических разрезах, на профилях, совмещенных с инженерно-геологическими разрезами и в описании геологических колонок скважин (рис. 4).

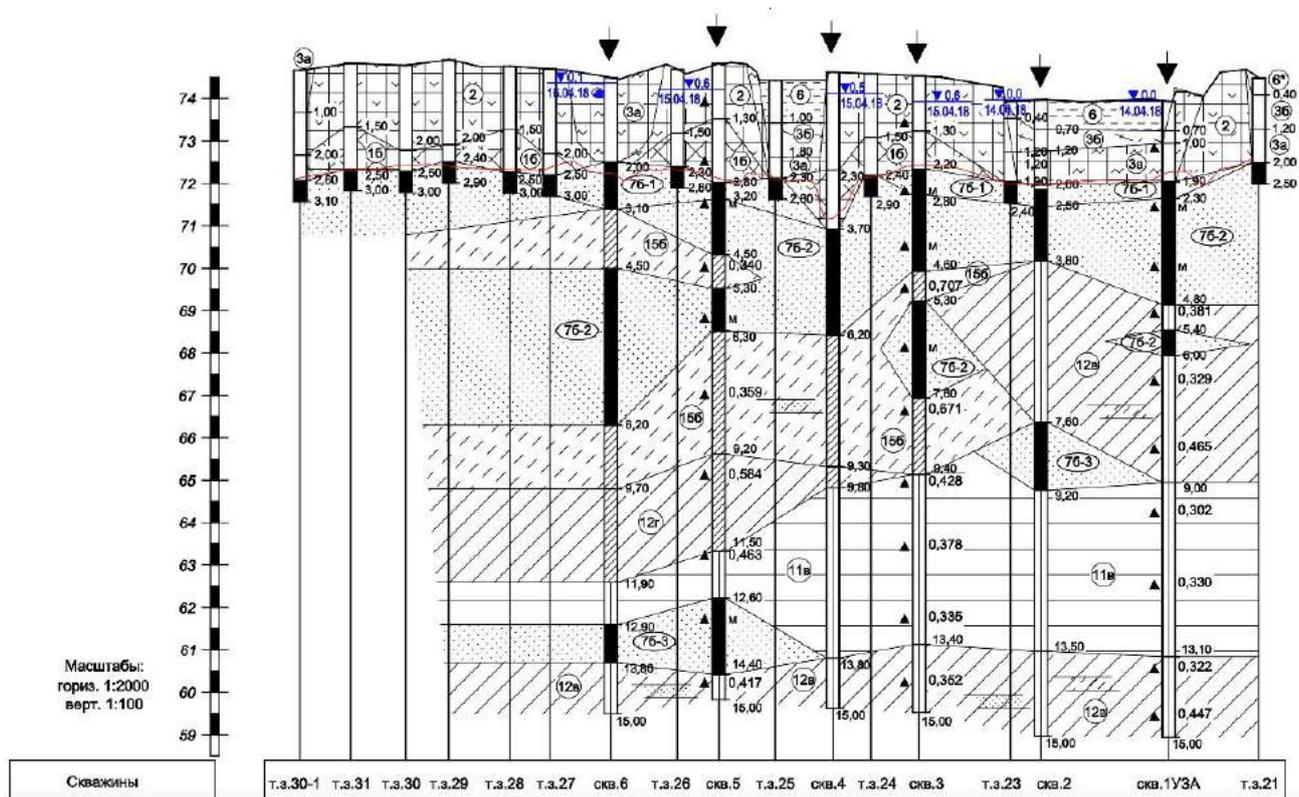


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез ДКМ [14]

Из современных инженерно-геологических процессов на территории района изысканий отмечаются процессы морозного пучения грунтов, возникающие при сезонном промерзании, процессы заболачивания территории, процессы подтопления территории, а также эрозионные процессы, особенно – овражная эрозия в долинах рек. Наличие на территории процессов пучения позволяет отнести территорию к категории умеренно опасной по пучинистости. По подтоплению территория относится к категории опасной.

Проведены инженерно-геологическое районирование и оценка степени сложности инженерно-геологических условий территории. В соответствии с СП 47-13330-2012 территория ДКМ по категории сложности инженерно-геологических условий относится ко II (средней).

По полученным инженерно-геологическим данным выделены следующие таксоны [14, 15, 17]:

I - таксон характеризуется благоприятными условиями, отсутствием торфа, несущественным влиянием или отсутствием эндогенных процессов.

На данной территории не было выделено таких участков.

II - таксон характеризуется условно благоприятными условиями. Выделен в скв. 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24). Рельеф плоский. Участки сложены торфами мощностью до 2 метров, тугопластичными глинами и плотными песками.

III - таксон характеризуется условно неблагоприятными условиями. Выделен в скв. 1, 2, 4, 5, 10, 22. Рельеф плоский, местами заболоченный, торф имеет глубину 2 и более метров, в основном средне- и сильноразложившийся (рис. 4, 5).

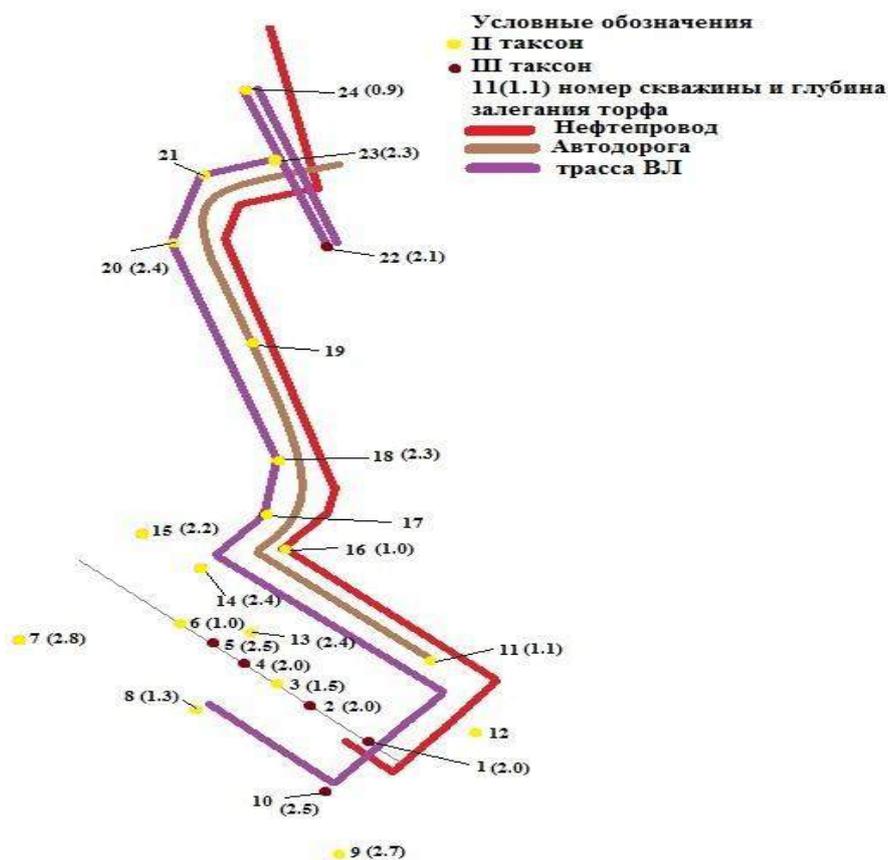


Рис. 4. Ранжирование состояния грунтов по скважинам

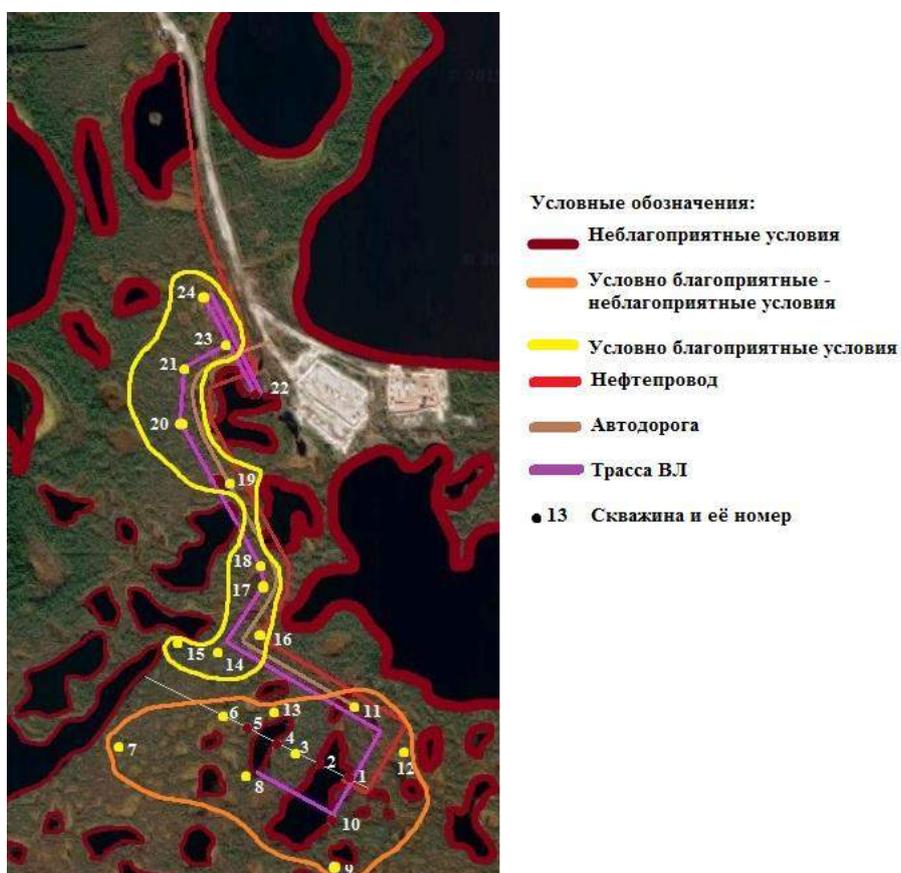


Рис. 5. Карта районирования по степени инженерно-геологической сложности.

Заключение

Проведенные комплексная оценка инженерно-геологических условий и районирование Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения, позволяют детализировать существующие инженерно-геологические представления о данной территории. Вероятно, происходящие на этих участках неблагоприятные инженерно-геологические процессы будут оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду месторождения, поэтому их следует учитывать при разработке природоохранных мероприятий.

Для более полной инженерно-геологической оценки территории требуется проведение детального районирования по степени сложности инженерно-геологических условий с применением линеаментно-геодинамического анализа [5, 6, 13, 18] на основе инженерно-аэрокосмогеологических и геофизических исследований.

Библиографический список

1. ВНМД 34-78. Руководство по полевой документации инженерно-геологических работ при изысканиях для строительства. Госстрой РСФСР, 1978.
2. Инженерная геология СССР. Т. II. Западная Сибирь. 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. 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.
6. 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.
7. Копылов И.С., Зарипова Д.А. Инженерно-геологические условия на юго-западе Пермского края (на примере Беляевского нефтяного месторождения) // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию профессора И. А. Печеркина*. Главный редактор: И.С. Копылов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2019. С. 185-196.
8. 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.
9. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 228-238.
10. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75-77.

11. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», № 5-6. 2005. С 76-78.
12. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 17. Тюменская и Омская области. Санкт-Петербург. Гидрометеиздат, 1998.
13. 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.
14. Отчет по инженерным изысканиям на объекте: «Обустройство куста скважин 70. Дунаевского нефтегазоконденсатное месторождение». Сургут: ОАО «СургутНИПИнефть», 2018.
15. Середин В.В. Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии Пермь: Пермский гос. ун-т, 2011. 120 с.
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. Инженерно-геологические и геокриологические условия Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения // Геология в развивающемся мире. Пермь, 2019.
18. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.

Е.О. Шаравин¹, Л.В. Пихконен², В.А. Дубровская³

¹Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

²АНО ДПО «УЦ «МАЭБ»

³Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

ПРИМЕР ПРОГНОЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В статье рассмотрено применение систем мониторинга напряжений в углеродном массиве в зонах ведения горных работ для прогноза газодинамических явлений горного массива на примере Печорского угольного бассейна. Описан принцип действия сейсмических станций, конструктивные особенности и способы обработки полученных сигналов.

Ключевые слова: газодинамические явления, сейсмоакустические методы, сейсмические станции, сейсмомониторинг, удароопасность, внезапный выброс.

E.O. Sharavin¹, L.V. Pikhkonen³, V.A. Dubrovskaja²

¹«Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia»

²АНО ДПО «УЦ «МАЭБ»

³«Saint-Petersburg Mining University», St. Petersburg, Russia

THE EXAMPLE OF FORECAST OF DYNAMIC PHENOMENONS OF MINING ARRAY WHILE EXPLOITING COAL DEPOSITS USING GEOPHYSICAL MONITORING

The article discusses the use of stress monitoring systems in a coal-bearing array in mining zones for predicting the gas-dynamic phenomena of the massif using the example of the Pechora coal basin. The principle of action of seismic stations was described, also design of features and methods of processing the received signals are described.

Keywords: gas-dynamic phenomena, seismic-acoustic methods, seismic stations, seismic monitoring, shock hazard, sudden surge.

Увеличение глубины отработки угольных шахт и интенсификация нагрузки на добычной забой повышают вероятность проявлений опасных газодинамических явлений, таких как внезапный выброс или горный удар. Поэтому в современном горном предприятии одним из обязательных элементов безопасного ведения горных работ является предупреждение и прогнозирование подобных геомеханических рецидивов проявлений горного давления с помощью геофизических методов исследования. Наиболее известными и успешно применяемым на многих шахтах Печорского и Кузнецкого угольных бассейнов являются сейсмоакустические методы сбора информации о состоянии горной среды и динамике её изменения вокруг выработанных пространств. Как правило, это комплексный метод

исследования, состоящий из сейсмического метода, позволяющего оценить состояние опасности геодинамических явлений на основании регистрации разрушений горного массива в основной и непосредственной кровле горных выработок и сейсмоакустический метод, определяющий состояние напряжений в углепородном массиве в зонах ведения горных работ. В совокупности они осуществляют мониторинг состояния опасности геодинамических явлений не только призабойной зоны, но окружающего массива и служат информационной основой управляемых технологий разгрузки напряжённых горных пород и других профилактических мероприятий [1, 3, 5].

Типовая комплексная измерительная система — это закреплённые в координатах на обрабатываемом пласте участки мониторинговых наблюдений, организуемые в соответствии с целями и задачами проводимого мониторинга. Конструктивно оборудование измерительной системы состоит из сетей мониторинга, линий коммутационной связи, центра сбора и обработки информации. Для получения этой информации в достаточном объёме на изучаемых участках определяется необходимое количество узлов наблюдения с регистрирующими датчиками, которые фиксируют состояние и динамику изменения горной среды. Базовыми параметрами таких геодинамических наблюдений являются характеристики движений и деформаций горного массива и в первую очередь находящихся в нём геодинамически-активных структур [2].

К таким системам мониторинга относится система сейсмического мониторинга GITS (GeoInfo Trans Sistem), которую мы рассмотрим в качестве применительной практики контроля за состоянием горного массива на шахте Комсомольская Печорского угольного бассейна.

На шахтах АО «Воркутауголь» применяются несколько систем сейсмического мониторинга разработанными ведущими научными организациями АО «ВНИМИ» и ИПКОН РАН.

Прогноз динамических явлений на шахте Комсомольская проводится в соответствии с инструкцией по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений, а также требованиями к созданию многофункциональных систем безопасности угольных шахт, включающих систему геофизических наблюдений и систему регионального и локального прогноза газодинамических явлений [1, 3, 4, 6].

Рассмотрим принцип работы системы сейсмического мониторинга GITS (GeoInfo Trans Sistem), разработанной АО «ВНИМИ, на примере шахты Комсомольская АО «Воркутауголь».

Прогноз удароопасности системы основан на обработке данных датчиков с узлов сейсмического и сейсмоакустического мониторинга и построении карт сейсмической активности, совмещённых с планами горных работ (рис. 1).

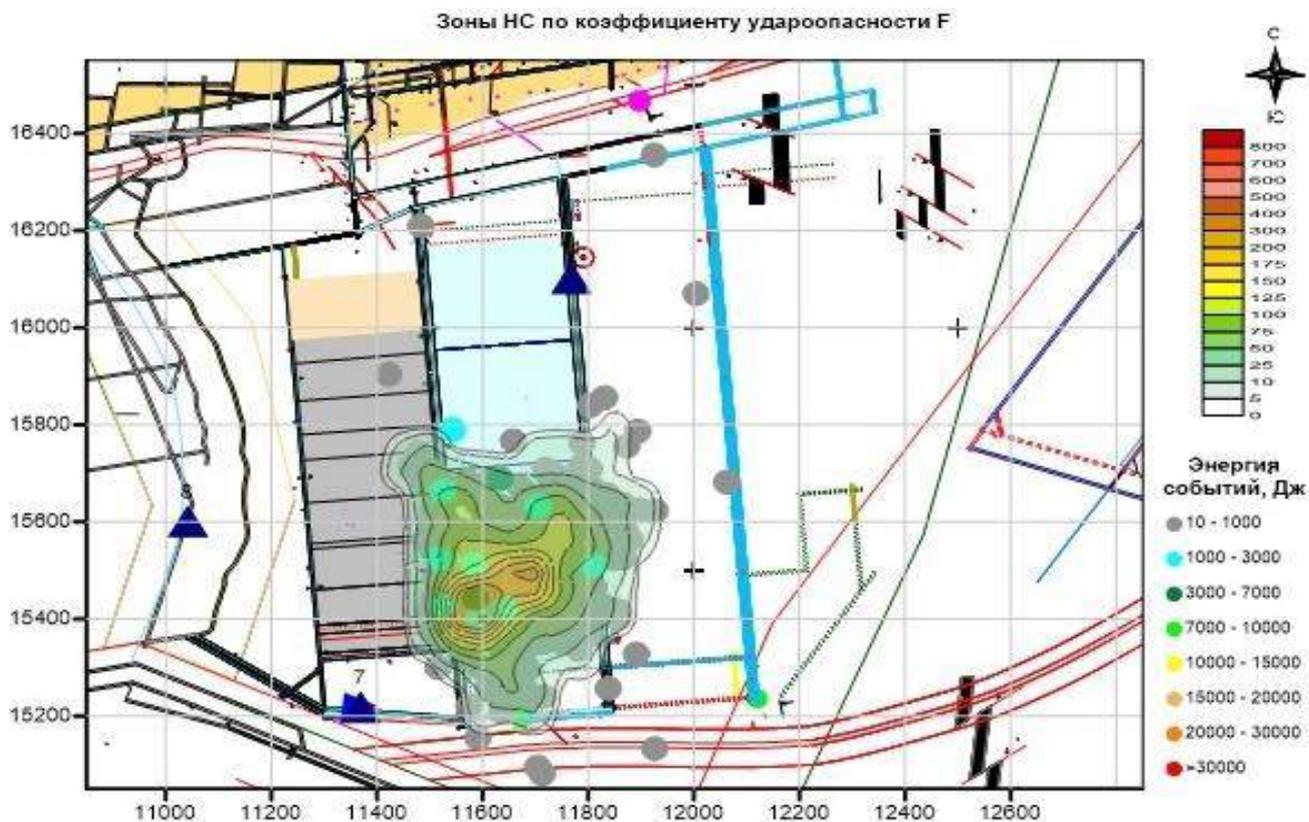
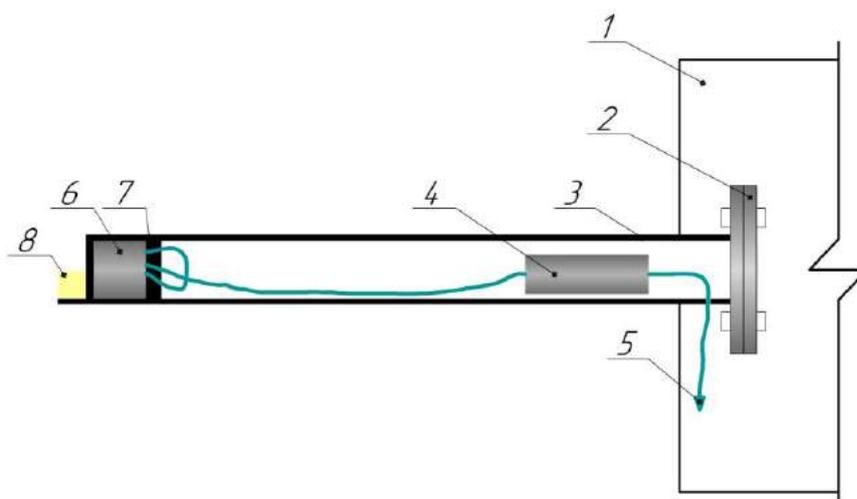


Рис. 1. Карта регионального прогноза участка шахтного поля

Круглыми серыми кружками на плане горных работ показаны места расстановки датчиков сейсмической и сейсмоакустической эмиссии массива горных пород. Датчики устанавливаются в скважины, закрепляются для защиты от повреждения и подключаются к сетям энергоснабжения и магистральным сетям передачи данных (рис. 2).



Цифрами обозначены: 1 – выработка, 2 – крышка скважины, 3 – обсадная труба, 4 – выносной модуль GITS, 5 – вывод сигнала на сейсмостанцию, 6 – датчик, 7 – стакан для установки датчика, 8 – цементный раствор

Рис. 2. Схема установка оборудования GITS

Полученные непрерывные сигналы сейсмической активности фиксируются приёмниками (датчиками) и передаются по каналу сейсмомониторинга от датчиков под землёй на поверхность к серверу станции слежения. Специальная программа обрабатывает сигнал и выделяет полезную информацию из фоновых помех по порогово-временным критериям. После программной обработки общего сигнала и выделения блоков значимых сейсмических событий переходят к разделению этих сейсмических событий на динамические проявления горного давления, технологические взрывы при проведении горных работ и технические помехи, которые удаляются для экономии базы данных [1, 3, 6].

Как правило, анализ программно-обработанных сигналов проводит оператор в ручном режиме, но определение времён первых вступлений продольных волн возможно производить и в автоматическом режиме. В обязательном порядке после автоматической обработки дежурный оператор производит корректировку времён первых вступлений и скоростей с целью получения оптимального результата расчёта координат. Критерием точного расчёта считается небольшое отклонения расчётной скорости продольной волны до каждого расчётного сеймопункта от заданной средней скорости, характерной для месторождения, на котором ведётся наблюдение.

Вычисления координат сейсмического явления (события) производят по временам первых вступлений сигнала на сейсмических записях прямых продольных волн. Времена первых вступлений сигнала должны определяться с точностью не меньше 1-2 мсек и должны быть взяты как минимум на четырёх различных пунктах регистрации. Для оставленных событий и взрывов оператор определяет координаты и энергию. По этим данным строится карта эпицентров событий на исследуемом участке шахтного поля (рис.3).

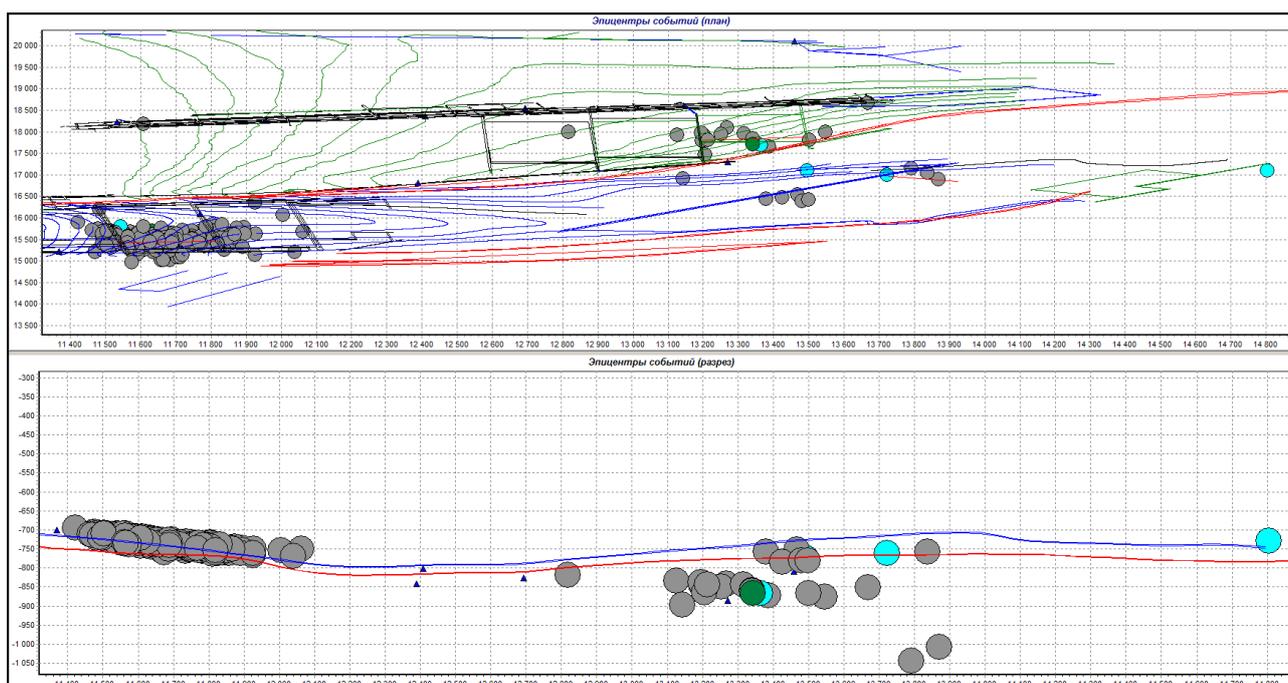


Рис. 3. Фрагмент построенного эпицентра событий на шахтном поле

Проверка обработки всех сейсмических явлений за сутки производится инженером-геофизиком. Уточнённые координаты эпицентров событий записывают в базу данных системы и выносятся на планы горных работ знаками с цветовой градацией по энергии (рис 1). Эта информация используется при построении карт регионального прогноза удароопасности участков шахтного поля. Для анализа динамики проявлений горного давления используют данные о сейсмической активности за определенный период, предшествующего прогнозируемому периоду [1].

Определение уровня опасности проводится по специальной шкале, которая учитывает параметр оценки степени опасности по количеству сейсмических событий «N», и параметра оценки степени удароопасности «F», согласно таблиц 1 и 2 [1].

Таблица 1

Шкала уровней опасности по параметру «N»

N	Уровень опасности
1-3	<i>Уровень 0</i> – не опасно, зарегистрировано 1-3 сейсмических события
3-5	<i>Уровень 1</i> – не опасно, зарегистрировано от 3 до 5 сейсмических событий
5-10	<i>Уровень 2</i> – напряженно, но неопасно, зарегистрировано от 5 до 10 сейсмических событий
10-15	<i>Уровень 3</i> – напряженно, но неопасно, зарегистрировано от 10 до 15 сейсмических событий
15-20	<i>Уровень 4</i> – опасно – высокий оранжевый уровень опасности, зарегистрировано от 15 до 20 сейсмических событий
>20	<i>Уровень 5</i> – опасно – очень высокий красный уровень опасности, зарегистрировано более двадцати сейсмических событий

Таблица 2

Шкала уровней опасности по параметру «F»

F	Уровень опасности
10	<i>Уровень 0 (фоновый уровень)</i> - за 15 дней в блоке, не произошло крупных сейсмических событий, $F < 10$
100	<i>Уровень 1</i> - значение $F \leq 100$
200	<i>Уровень 2</i> - Значение F находится в диапазоне от 100 до 200 (<i>«напряженно, но не опасно»</i>)
400	<i>Уровень 3</i> - Значение F находится в диапазоне от 200 до 400 (<i>«напряженно, но не опасно»</i>)
800	<i>Уровень 4</i> - Значение F находится в диапазоне от 400 до 800, <i>«опасно»</i> (<i>«оранжевый» уровень</i>). <i>Примечание:</i> Категория «опасно» («оранжевый» уровень) принимается при регистрации единичного события с энергией $E > 15000$ Дж., если данное событие находится в границах зоны, оконтуренной радиусом его влияния
1000	<i>Уровень 5</i> - Значение F находится в диапазоне от 800 до 1000у. <i>«опасно»</i> (<i>«красный» уровень</i>). <i>Примечание:</i> Категория «опасно» («красный» уровень) принимается при регистрации единичного события с энергией $E > 30000$ Дж., если данное событие находится в границах зоны, оконтуренной радиусом его влияния

Таким образом, использование подобных систем прогноза динамических явлений горного массива при отработке угольных месторождений, с помощью геофизического мониторинга, позволяет выявлять наиболее опасные участки шахтного поля при работе с угольными пластами, склонными к газодинамическим явлениям (ГДЯ). Это позволяет своевременно проводить профилактические и защитные мероприятия по предотвращению проявления ГДЯ в угольных шахтах и тем самым повысить безопасность ведения горных работ.

Библиографический список

1. Методика прогноза удароопасного состояния массива горных пород сейсмическим методом ш. Комсомольская АО «Воркутауголь» М.: АО «ВНИМИ», 2017. С. 36.

2. Яковлев Д. В., Лазаревич Т.И., Поляков А.Н. Принцип построения систем мониторинга состояния геологической среды на комплексных сейсмо-геодинамических полигонах на горных предприятиях // Уголь. 2014. №10. С. 8-12.

3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам (РД 05-328-99) утверждённая постановлением Госгортехнадзора России от 22.06.2000 № 36.

4. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (РД 06-329-99), утверждённой постановлением Госгортехнадзора России от 24.11.1999 № 86.

5. Яковлев Д.В., Лазаревич Т.И, Цирель С.В. Генезис и развитие природно-техногенной сейсмоактивности Кузбасса // Уголь. 2013. №10. С. 53-59.

6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений» 2017. С. 95.

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ,
АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ)
RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL,
AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND
PETROGRAPHIC METHODS)**

УДК 553.982.2+622.276.63

И.В. Авдеев, К.А. Равелев, Н.С. Санникова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г.Пермь, Россия

**УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ТУРНЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК
ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПОДБОР КИСЛОТНОГО СОСТАВА ДЛЯ
ПРОВЕДЕНИЯ СОЛЯНО-КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ**

В статье рассмотрены особенности условий осадконакопления турнейских карбонатных отложений в пределах Камско-Кинельской системы прогибов и их влияние на эффективность проведения соляно-кислотной обработки призабойной зоны пласта. Проведены лабораторные исследования, направленные на изучение взаимодействия кислотных составов с образцами горных пород. В результате работы выявлены особенности литологического состава пород, характеризующие изменение скин-фактора после обработки кислотным составом.

Ключевые слова: Камско-Кинельская система прогибов, турнейские отложения, повышение нефтеотдачи пластов, соляно-кислотная обработка, кислотный состав.

I.V. Avdeev, K.A. Ravelev, N.S. Sannikova

Perm Polytechnic University, Perm, Russia

**SEDIMENTATION CONDITIONS OF TOURNEY SEDIMENTS AS A
FACTOR DETERMINING THE SELECTION OF ACID COMPOSITION
FOR CARRYING OUT OF SALTIC-ACID TREATMENT**

The article discusses the features of sedimentation conditions of the Tournaisian carbonate deposits within the Kama-Kinelsky system of troughs and their influence on the efficiency of the hydrochloric acid treatment of the bottom-hole formation zone. Laboratory studies have been conducted aimed at studying the interaction of acid compositions with rock samples. As a result of the work, the lithological composition of the rocks was revealed, which characterizes the change in the skin factor after treatment with the acid composition.

Key words: Kama-Kinel system of deflections, tournaisian deposits, enhanced oil recovery, hydrochloric acid treatment, acid composition.

На сегодняшний день в пределах Пермского края одной из основных проблем разработки месторождений, находящихся на поздних стадиях эксплуатации, является неэффективное применение геолого-технических мероприятий (ГТМ), в результате неверной интерпретации условий осадконакопления и, соответствующих им, палеогеографических обстановок, недоизученности особенностей литологического и минералогического состава пород, слагающих продуктивный пласт, еще на стадии планирования ГТМ.

Особое внимание в Пермском крае уделяется нефтегазоносным комплексам (НГК), которые сложены преимущественно карбонатными разностями с невысоким содержанием терригенного материала и сосредотачивающими в себе высокую долю не извлеченных запасов углеводородов (УВ). Плотные коллектора в пределах данных НГК характеризуются сложным геологическим строением и высокой неоднородностью пустотного пространства, выраженной в наличии в породах каверн и трещин, образовавшихся в результате процессов выщелачивания, доломитизации, кальцитизации и влияния геостатического давления [1].

Исходя из актуальности проблемы в данной работе рассматриваются особенности условий осадконакопления карбонатных отложений турнейского яруса, формирование которого связано с образованием Камско-Кинельской системы прогибов, и влияние литологического состава пород на эффективность проведения соляно-кислотной обработки (СКО), как наиболее часто применяемого метода повышения нефтеотдачи пласта (ПНП) на карбонатные коллектора.

Позднедевонская эпоха в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (НГП) знаменуется формированием ККСП – крупной отрицательной внутриформационной структурой, выраженной в верхнефранско-бобриковской части палеозоя. ККСП представлена системой впадин, заполненных в последующем более молодыми отложениями, в результате некомпенсированных осадконакоплением тектонических погружений.

В турнейский век наблюдается уменьшение интенсивности отрицательных тектонических движений, по краям узких грабенообразных прогибов формируются структуры облекания верхнедевонских рифов, а также цепочки биогермов. Амплитуда погружения в зоне прогибов незначительно больше, чем на поднятиях. Исходя из тектонического развития территории для Пермского края (рис. 1) отмечается наличие зональности, характеризующееся различными типами разреза, условиями осадконакопления и, соответственно, неоднородным литологическим составом пород. Турнейские отложения осевой зоны (депрессийный тип разреза) представлены глубоководными осадками доманикового типа, прибортовой зоны (бортовой тип разреза) – мелководно-морскими карбонатными осадками в виде рифовых построек, с середины раннетурнейского времени – органогенными известняками, местами глинистыми, зона палеосводов (сводовый тип разреза) – мелководными карбонатными осадками [2].

волнистыми мелкозубчатыми стилолитами, выполненными темно-серым глинистым материалом, неравномерно пористые, крепкие.

Данное описание позволяет однозначно утверждать, что турнейские отложения наиболее погруженных участков рельефа, соответствующих осевым и внутренним прибортовым зонам, характеризуются более высоким содержанием терригенного (глинистого) материала, повышенной интенсивностью вторичных процессов преобразования осадка и, в большей степени, выраженной мелкозернистой структурой.

Для экспериментального подтверждения литологического описания в лаборатории НОЦ ГиРНГМ ГНФ ПНИПУ было проведено исследование с целью оценки карбонатности представленных образцов керна с применением прибора – карбонатомера, который имеет сертификат соответствия № ССПП 01.1.1-194.

Карбонатомер КМ-04М позволяет определять массовое содержание кальцита и доломита в измельченном образце горной породе.

Результаты проведения опытов по определению карбонатности горных пород отражены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Результаты определения карбонатности

Номер опыта	Компонент	Содержание по месторождению, %			
		Кокуйское	Чайкинское	Чураковское	Сосновское
1	Кальцит	89,7	90,9	84,7	73,6
	Доломит	0,0	0,0	0,0	0,0
	Нер. осадок	10,3	9,1	15,3	26,4
2	Кальцит	90,6	91,8	86,1	75,2
	Доломит	0,0	0,0	0,0	0,0
	Нер. осадок	9,4	8,2	13,9	24,8
3	Кальцит	88,8	90,7	85,3	74,1
	Доломит	0,0	0,0	0,0	0,0
	Нер. осадок	11,2	9,3	14,7	25,9
Сред. знач.	Кальцит	89,7	91,1	85,4	74,3
	Доломит	0,0	0,0	0,0	0,0
	Нер. осадок	10,3	8,9	14,6	25,7

Карбонатность горных пород Кокуйского, Чайкинского и Чураковского месторождений, располагающихся в пределах юго-восточного борта ККСП, принимает близкие значения и составляет в среднем 88,7%, а для Сосновского месторождения, приуроченного к внутренней прибортовой зоне ККСП, отмечается повышенное содержание нерастворимого осадка – 25,7%. Наблюдается отсутствие доломита в опытных образцах керна.

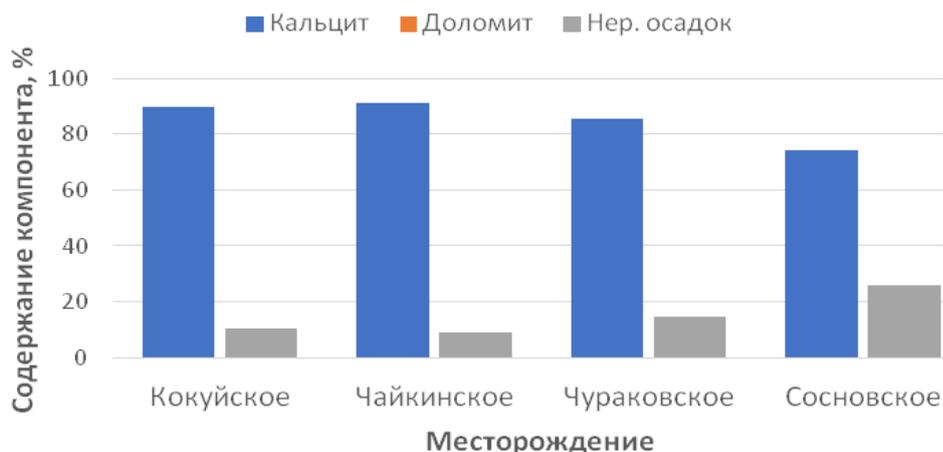


Рис. 2. Результаты исследований определения карбонатности целевых объектов

Нерастворимый осадок после нейтрализации горной породы кислотой представлен на рисунке 3. Микроскопическое исследование нерастворимых компонентов (за исключением Сосновского месторождения) позволило установить, что 5-10% объема составляют аргиллиты, 90-95% – алевролитовая кварцевая примесь. Нерастворимый осадок Сосновского месторождения представлен на 30-40% аргиллитами и на 60-70% – алевролитовой кварцевой примесью.

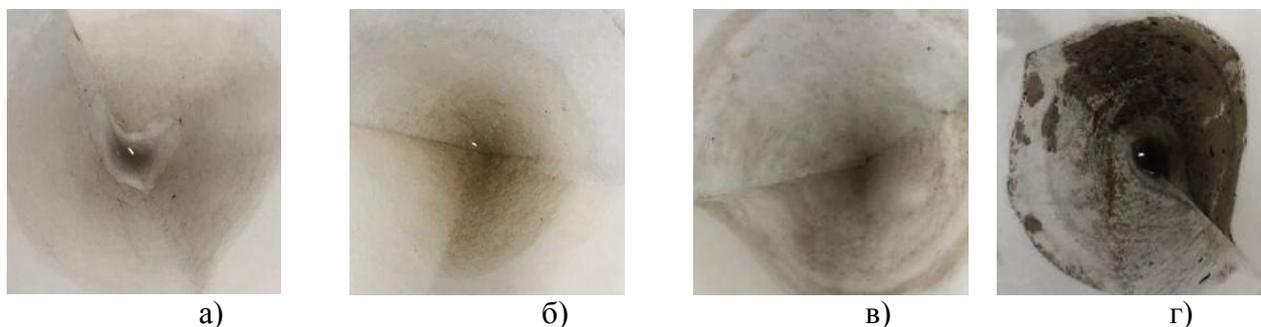


Рис. 3. Нерастворимый осадок: а) Кокуйское месторождение; б) Чайкинское месторождение; в) Чураковское месторождение; г) Сосновское месторождение

Таким образом, проведенный анализ образцов керна позволяет однозначно установить, что турнейские отложения Сосновского месторождения значительно отличаются от одновозрастных отложений месторождений юго-восточного борта ККСП большим содержанием терригенных частиц. Нерастворимый осадок в среднем по Кокуйскому, Чайкинскому и Чураковскому месторождениям составляет 11,3%, что в 2,27 раза меньше, чем на Сосновском месторождении.

Очевидно, что эффективность СКО существенно зависит от литологического состава вмещающего углеводороды пласта. В подтверждение данного факта был проведен ряд лабораторных исследований, направленных на

изучение взаимодействия кислотных составов (КС), содержащих соляную кислоту, с горной породой интересующих нас объектов.

В соответствии с планом лабораторных испытаний были проведены следующие исследования: оценка скорости растворения породы; продолжительность нейтрализации кислотных составов; фильтрационные исследования керна. В проведенных опытах применялись следующие КС: НПС-К, НПС-К1, ФЛАКСОКОР-210 и КСПЭО-2.

С целью определения скорости растворения образцов горной породы целевых объектов – «таблеток» на начальном этапе реакции с КС были проведены лабораторные исследования, основанные на изменении массы образца керна до и после взаимодействия с КС. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результат скорости реагирования «таблеток» с кислотными составами

Наименование кислотного состава	Месторождение	Диаметр D, мм	Высота h, мм	Масса до реакции, г	Масса после реакции, г	Площадь поверхности реагирования, мм ²	Скорость растворения «таблетки», г/(мин*м ²)
НПС-К	Кокуйское	29	7	12,508	12,051	1957,8	233,43
	Чайкинское	30	9,5	16,412	15,884	2307,9	228,78
	Чураковское	28	8	11,17	10,712	1934,2	236,79
	Сосновское	29,5	8,5	14,441	14,031	2153,6	190,38
НПС-К1	Кокуйское	29,5	7	12,696	12,541	2014,7	76,93
	Чайкинское	29	8	13,948	13,784	2048,9	80,04
	Чураковское	29	7	11,953	11,801	1957,8	77,64
	Сосновское	30	8	14,239	14,105	2166,6	61,85
ФЛАКСОКОР-210	Кокуйское	30	8	12,781	12,329	2166,6	208,62
	Чайкинское	30	9	16,109	15,651	2260,8	202,58
	Чураковское	30	7	12,064	11,648	2072,4	200,73
	Сосновское	29,5	7	10,611	10,267	2014,7	170,75
КСПЭО-2	Кокуйское	30	8	14,224	13,877	2166,6	160,16
	Чайкинское	30	7	11,101	10,776	2072,4	156,82
	Чураковское	30	9	13,87	13,489	2260,8	168,52
	Сосновское	28	6	10,258	10,021	1758,4	134,78

Как видно из представленных результатов, скорость растворения образца горной породы всеми составами кислотных композиций на Сосновском месторождении меньше в среднем в 1,22 раза, чем у образцов остальных месторождений. Это свидетельствует о том, что наличие большего терригенного материала в породе замедляет скорость растворения образца соляно-кислотным составом.

В дальнейшем, авторами была проведена серия экспериментов по определению продолжительности нейтрализации КС. Проведенный анализ полученных данных (табл. 3) позволяет сказать, что НПС-К1 и КСПЭО-2 неэффективны, так как время выдержки составляет более 6 часов, что, с экономической точки зрения, выражается в длительном простое скважины,

являющимся нецелесообразным. По результатам исследований с составами НПС-К и ФЛАКСОКОР-210 можно отметить, что на Сосновском месторождении процесс нейтрализации происходит более длительно по сравнению с другими целевыми объектами, в связи с тем, что соляная кислота реагирует более интенсивно с карбонатным материалом, а терригенная составляющая замедляет реакцию. Осадок после взаимодействия «таблетки» с КС в основном представлен терригенным материалом. Наглядное представление результатов опытов представлено на рисунках 4-5.

Таблица 3

Результаты определения времени полной нейтрализации кислотного состава «таблеткой»

Наименование кислотного состава	Месторождение	Масса до нейтрализации, г	Масса после нейтрализации, г	Время нейтрализации, мин
НПС-К	Кокуйское	14,649	6,845	150
	Чайкинское	11,702	4,201	160
	Чураковское	12,263	4,645	140
	Сосновское	10,408	2,897	180
НПС-К1	Кокуйское	16,129	6,669	360*
	Чайкинское	14,36	4,573	360*
	Чураковское	12,854	3,138	360*
	Сосновское	12,392	3,225	360*
ФЛАКСОКОР-210	Кокуйское	12,401	2,708	230
	Чайкинское	13,72	4,49	230
	Чураковское	13,995	4,908	210
	Сосновское	16,249	7,245	260
КСПЭО-2	Кокуйское	14,957	5,897	360*
	Чайкинское	18,731	9,356	360*
	Чураковское	12,927	3,855	360*
	Сосновское	14,054	5,214	360*

Примечание: *после шести часов реакция между горной породой и кислотным составом продолжается.

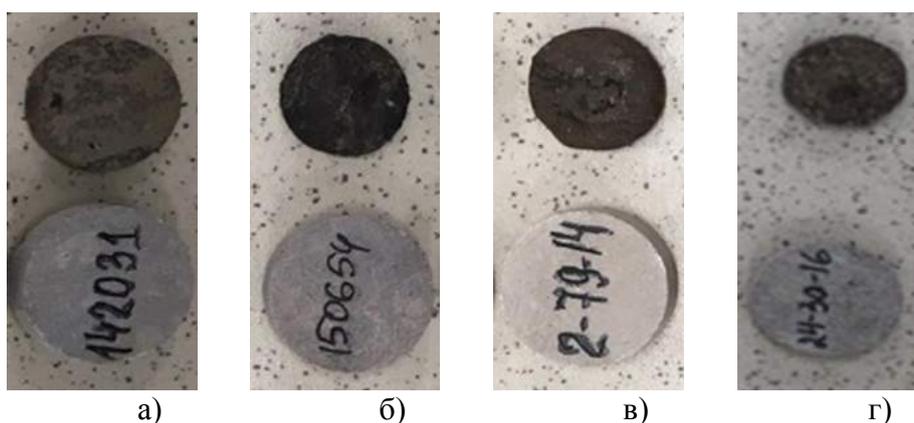


Рис. 4 – Внешний вид «таблетки» после нейтрализации состава НПС-К:
 а) Кокуйское месторождение; б) Чайкинское месторождение; в) Чураковское месторождение; г) Сосновское месторождение

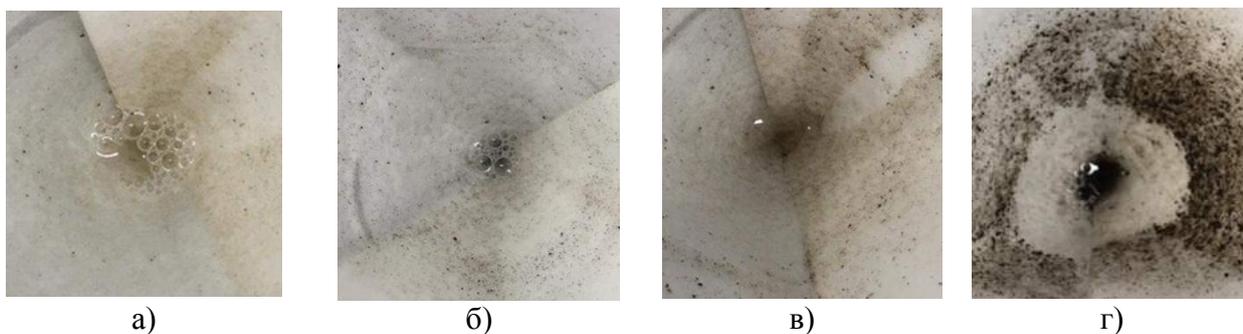


Рис. 5 – Осадок после взаимодействия «таблетки» с кислотным составом НПС-К: а) Кокуйское месторождение; б) Чайкинское месторождение; в) Чураковское месторождение; г) Сосновское месторождение

Заключительным этапом лабораторных испытаний являлись фильтрационные исследования керн, проведенные при равных условиях. Анализируя полученные результаты (табл. 4), можно сказать о существенной разности прироста проницаемости по нефти между объектами, располагающимися в пределах бортовой и внутренней прибортовой зонах.

Таблица 4
Результаты испытаний КС на образцах керн целевых объектов

Наименование кислотного состава	Месторождение	Проницаемость по нефти до обработки, 10^{-3} мкм ²	Проницаемость по нефти после обработки, 10^{-3} мкм ²
НПС-К	Кокуйское	17,42	41274,15
	Чайкинское	16,51	37424,87
	Чураковское	20,31	29834,52
	Сосновское	14,67	18639,07
НПС-К1	Кокуйское	23,82	1538,29
	Чайкинское	19,34	1237,15
	Чураковское	18,97	1732,01
	Сосновское	12,04	1118,70
ФЛАКСОКОР-210	Кокуйское	16,05	7901,47
	Чайкинское	19,38	8003,98
	Чураковское	14,72	6183,21
	Сосновское	15,90	4729,54
КСПЭО-2	Кокуйское	20,41	25185,94
	Чайкинское	21,12	19529,09
	Чураковское	16,88	23756,37
	Сосновское	11,29	9915,12

На основании полученных результатов всех лабораторных исследований выявлена особенность литологического состава горных пород, существенно влияющая на эффективность проведения СКО. Данная особенность заключается в количественном содержании терригенного материала в турнейских отложениях. Результат проведения данного ГТМ существенно зависит от процентного содержания терригенной составляющей. В рамках исследования было выявлено, что наличие большего содержания терригенных частиц в карбонатных породах оказывает отрицательное влияние на обработку кислотным составом околоскважинной зоны пласта.

Библиографический список

1. Лузина Д.В., Кривошеков С. Н. Анализ фациальных зон и коллекторских свойств турнейско-фаменских рифогенных построек Соликамской депрессии // Нефтегазовое и горное дело. №5. 2012. С. 8-9.

2. Авдеев И.В. Оптимизация системы разработки турнейско-фаменского объекта Озерного месторождения на основании анализа коллекторских свойств, основных показателей разработки и лито-фациального строения верхнедевонского-турнейского рифа // Проблемы геологии и освоения недр. Том 1. Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова, 2019. С. 181-182.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА МЕДНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ НА ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ В ПРЕДЕЛАХ ТЫКОТЛОВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Проведены прогнозno-поисковые работы на Приполярном Урале в пределах Тыкотловской площади. Проведены маршрутные, горно-проходческие, буровые, геофизические, лабораторные работы. Выполнено дешифрирование космических снимков с выделением тектонических структур, контролирующих рудопроявления. Выделены перспективные участки на медно-полиметаллические золотосодержащие руды в пределах Тыкотловской площади. Установлены поисковые критерии и признаки и на их основе составлена прогнозno-поисковая модель полиметаллически-колчеданного рудного объекта – Тыкотловского рудопроявления. Проведена оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка, золота.

Ключевые слова: прогнозno-поисковые работы, перспективные участки, поисковое и картировочное бурение, магниторазведка, электроразведка, дешифрирование космических снимков, осадочно-вулканогенные породы, Тыкотловское рудопроявление, колчеданное оруденение, рудоносная зона, золото-полиметаллическая руда, цинк, свинец, медь, золото, серебро, прогнозные ресурсы, Приполярный Урал.

V.M. Babenyshev¹, I.S. Kopylov²

¹Khanty-Mansi Autonomous Okrug - Ugra V.I. Shpilman «Scientific-Analytical Center for the Rational Use of Mineral Resources», Khanty-Mansiysk, Russia

²Perm State University, Perm, Russia

RESULTS OF FORECAST-SEARCH WORKS FOR COPPER-POLYMETALLIC ORES IN THE POLAR URAL WITHIN THE TYKOTLOVSKY AREA

Forecasting and research work was carried out in the Subpolar Urals within the Tykotlovskaya area. Route, mining and boring, drilling, geophysical, laboratory works were carried out. The interpretation of satellite images was performed with the allocation of tectonic structures that control ore occurrences. Promising areas have been identified for copper-polymetallic gold-bearing ores within the Tykotlovskaya area. Search criteria and features are established and on their basis a forecast-search model of a polymetallic-pyritic ore object - Tykotlovsky ore occurrence is compiled. The estimated resources of copper, lead, zinc, and gold are evaluated.

Keywords: prediction and prospecting works, prospective sites, prospecting and mapping drilling, magnetic prospecting, electrical exploration, interpretation of satellite images, sedimentary-volcanogenic rocks, Tykotlovsky ore occurrence, pyrite mineralization, ore-bearing zone, gold-polymetallic ore, zinc, lead, copper, gold, silver, forecast resources, Subpolar Urals.

Введение

Поиски и оценка ресурсов медно-полиметаллических золотосодержащих руд на Урале является важной стратегической геологической и экономической задачей в России. Приполярный Урал до сих пор остается относительно слабо изученной территорией в виду сложного геологического строения и труднодоступности для изучения.

Цель: выявление и оценка медно-полиметаллического золотосодержащего оруденения на Тыкотловской площади при проведении прогнозно-поисковых работ.

Основные задачи:

- выделение перспективных участков на медно-полиметаллические золотосодержащие руды (медь, свинец, цинк, золото) в пределах Тыкотловской площади;
- обоснование и локализация прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка, золота по категории P_2 .

Территория исследований расположена на восточном склоне северной части приполярного Урала, в бассейнах верховий рек Большая и Малая Тыкотлова (рис. 1). Площадь исследований 96,5 км² в пределах листов Q-41-87-Г, Q-41-88-В, Q-41-99-Б); Березовский район Ханты-Мансийского автономного округа-Югры Тюменской обл. Глубинность изучения – 300 м.



Рис. 1. Правобережье верховья р. Бол. Тыкотлова
(фото В.М. Бабеньшева)

Геологическая изученность, история открытий месторождений полезных ископаемых на Урале в т.ч. – золота, алмазов, полиметаллов и др. описана в многочисленных публикациях, в т.ч. в наших [4].

Непосредственно на Тыкотловской площади геолого-геофизические, геохимические исследования, геологосъемочные и поисковые работы в разные годы проводили многие организации и подразделения «Главтюменьгеология», «Полярноуралгеология» и др. [6, 7].

В прогнозно-поисковых работах на Тыкотловской площади в 2000-х гг. принимали участие специалисты ОАО «НПЦ Мониторинг», Пермского университета (ПГНИУ), ООО «Геолайн», ОАО «Геокарта-Пермь» и др. [1, 2, 8].

Методика исследований

Прогнозно-поисковые работы на Тыкотловской площади проводились с целью выявления медно-полиметаллического золотосодержащего оруденения, выделения перспективных участков на медно-полиметаллические золотосодержащие руды (медь, свинец, цинк, золото), обоснования и локализации прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка, золота по категории P_2 в соответствии с действующими в РФ инструктивными указаниями.

В состав работ входили основные виды работ: поисковые маршруты, изучение разрезов, литохимическое, бороздое, керновое, шлиховое опробование, электроразведочные и магниторазведочные работы, проходка канав (5907,2 м³), поисковое (9607,1 п.м) и картировочное бурение (4862,2 п.м), комплексное дешифрирование космоснимков, топогеодезические и лабораторные работы (спектральный полуколичественный анализ на 24 элемента, химический анализ на Cu, Pb, Zn, атомно-адсорбционный анализ на Au, Ag, пробирный анализ на Au, Ag, минералогический анализ протолок и шлиховых проб) [1].

Результаты комплексного дешифрирования космоснимков

Целью исследований являлось обеспечение в общем комплексе прогнозно-поисковых работ на медно-полиметаллические руды в пределах Тыкотловской площади космогеологическими данными. Основные задачи дешифрирования космических снимков (КС) – выявление сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, необходимых для установления их вероятной контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных формаций, тел и месторождений, а также выявления геоактивных участков (зон повышенной трещиноватости и неотектонической активности) – вероятных мест переотложенных и смещенных рудных тел.

Космогеологическое дешифрирование проводилось в компьютерном варианте с применением ГИС-технологий по авторской методике [2-5].

На первом этапе, на территориях, охватывающей Тыкотловскую площадь проведено обзорное, региональное и зональное дешифрирование КС с целью выявления и ранжирования протяженных линеаментов и изучения параметров регионального поля мегатрещиноватости. Применялись цифровые

спектрозональные КС (Landsat 7, разрешение 30 м). Масштаб дешифрирования от менее 1:1 000 000 до 1:100 000.

По результатам регионально-зонального дешифрирования (М.1:100 000-200 000) на площадь 25 x 25 км построена карта (рис. 2), на которой отражены: 3 региональных линеамента (100-200 км), 6 зональных линеамента (30-50, до 100 км), 26 локальных линеаментов (5-15, до 30 км), 200 коротких линеаментов (2-3 до 10 км), 624 коротких линеаментов (0,7-2,0 км).

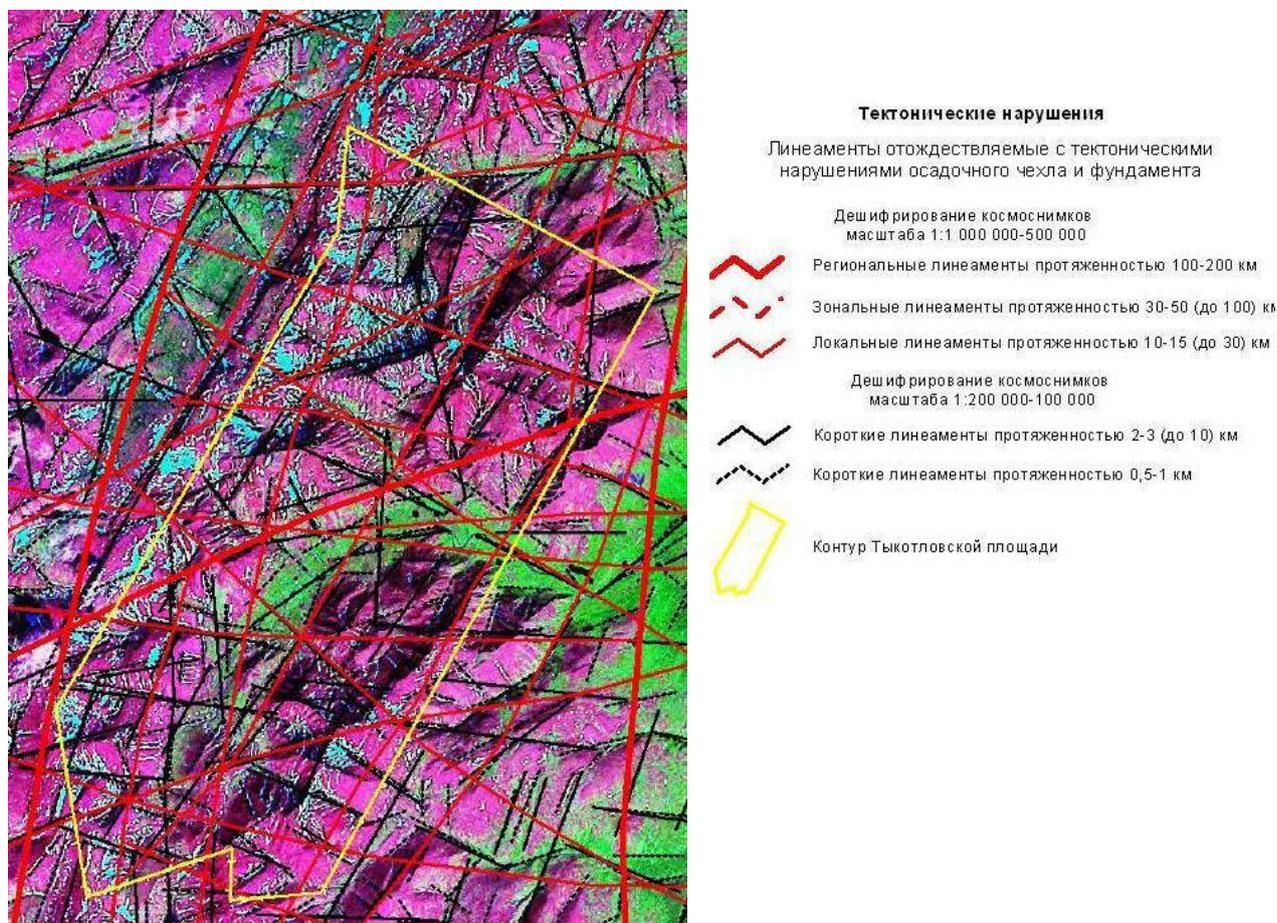


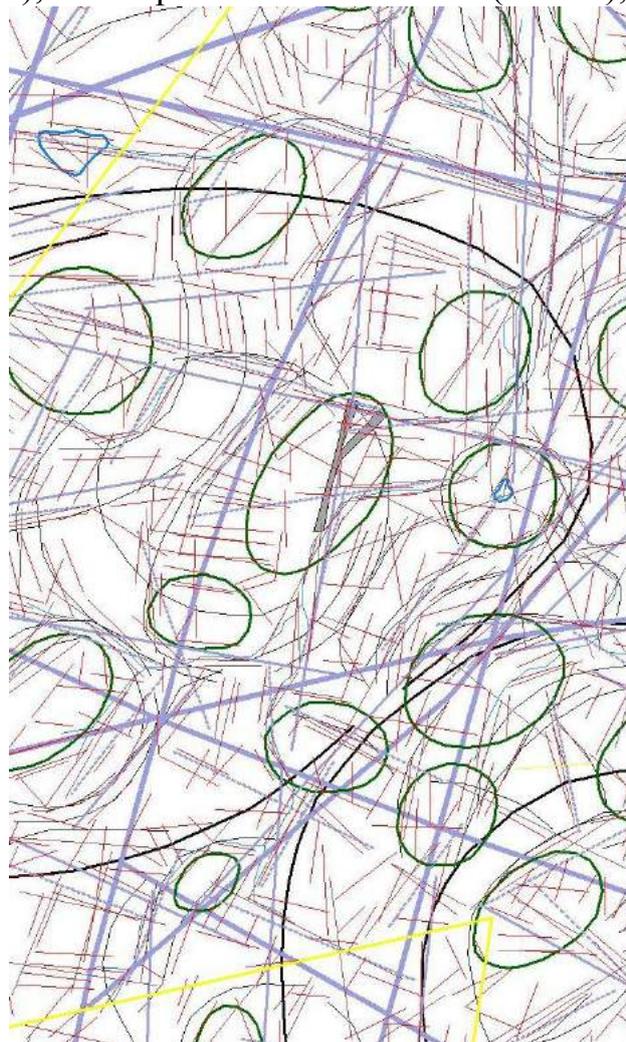
Рис. 2. Фрагмент карты дешифрирования космических снимков Тыкотловской площади масштаба 1:100 000

Проведен анализ плотности линеаментов и мегатрещиноватости (по их протяженности на единицу площади) с оценкой геодинамической (неотектонической) активности территории. Обработка проводилась с применением модуля Spatial Analyst. Геоинформационное картографирование проводилось программными средствами Arc View GIS и Arc GIS.

На заключительном этапе проведено детальное дешифрирование КС (Landsat 7, разрешение 14 м), построена карта комплексного дешифрирования КС масштаба 1:25 000 (рис. 3), на которой отражены:

- линеаменты осевых зон трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента: 3 региональных линеамента (100-200 км), 19 локальных и

зональных линеаментов (5-15, до 30 км), 83 коротких линеаментов (2-3, до 10 км), 217 коротких линеаментов (1-2 км);



РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Линеаменты осевых зон трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, по результатам регионального и среднемасштабного дешифрирования

-  региональные линеаменты значительной протяженностью (100-200 км), по КС масштаба 1:500 000 - 1:1 000 000
-  локальные и зональные линеаменты протяженностью 10-15 (до 30) км, по КС масштаба 1:200 000
-  короткие линеаменты (мегатрещины), протяженностью 2-3 (до 10) км, по КС масштаба 1:200 000
-  короткие линеаменты (мегатрещины), протяженностью 1-2 км, по КС масштаба 1:100 000

Прямолинейные линеаменты связанные с тектонической трещиноватостью и другого генезиса, по результатам крупномасштабного дешифрирования

-  короткие линеаменты (мегатрещины), протяженностью 0,5-1,0 км, по КС масштаба 1:50 000
-  короткие линеаменты, протяженностью 0,2-0,5 км различного генезиса (тектоническая и экзогенная трещиноватость, фрагменты литологических границ, магматических тел, мелкой складчатости и др.) по КС масштаба 1:25 000

Кольцевые и дуговые структуры предположительно тектонического происхождения и криволинейные линеаменты различного генезиса по результатам крупномасштабного дешифрирования

-  дуговые структуры размером 3x1 - 5x3 км отраженные на КС масштаба 1:100 000 - 1:200 000
-  дуговые структуры размером 2x1 км и криволинейные линеаменты отраженные на КС масштаба 1:50 000 - 1:100 000
-  малые кольцевые структуры размером 1x0,5 - 2x1 км, отраженные на КС масштаба 1:25 000-1:50 000

-  Контур Тыктловской площади
-  Проявление Тыктловское (медь, свинец, цинк)
-  Гидросеть

Рис. 3. Фрагмент карты дешифрирования космических снимков Тыктловской площади масштаба 1:25 000 (уменьшение)

- прямолинейные линеаменты тектонического и другого генезиса (тектоническая и экзогенная трещиноватость, фрагменты литологических границ, магматических тел, мелкой складчатости и др.): 547 коротких линеаментов (0,5-1,0 км), 2514 коротких линеаментов (0,2-0,5 км);

- кольцевые и дуговые структуры предположительно тектонического происхождения и криволинейные линеаменты различного генезиса: 375 дугообразных и криволинейных линеаментов, 7 дуговых структур размером 3x1 – 5x3 км, 65 малых кольцевых структур размером 1x0,5 – 2x1 км.

- Тыктловское рудопроявление, четко выраженное в серии разномасштабных кольцевых структур, неотектонических линеаментов, высокой плотности геодинамической активности.

Результаты прогнозно-поисковых работ

Тыктловская площадь располагается в пределах Лемвинского аллохтона. Закартированы четыре тектонические пластины, сложенные осадочно-вулканогенными образованиями ордовика (рис.1). Снизу вверх залегают:

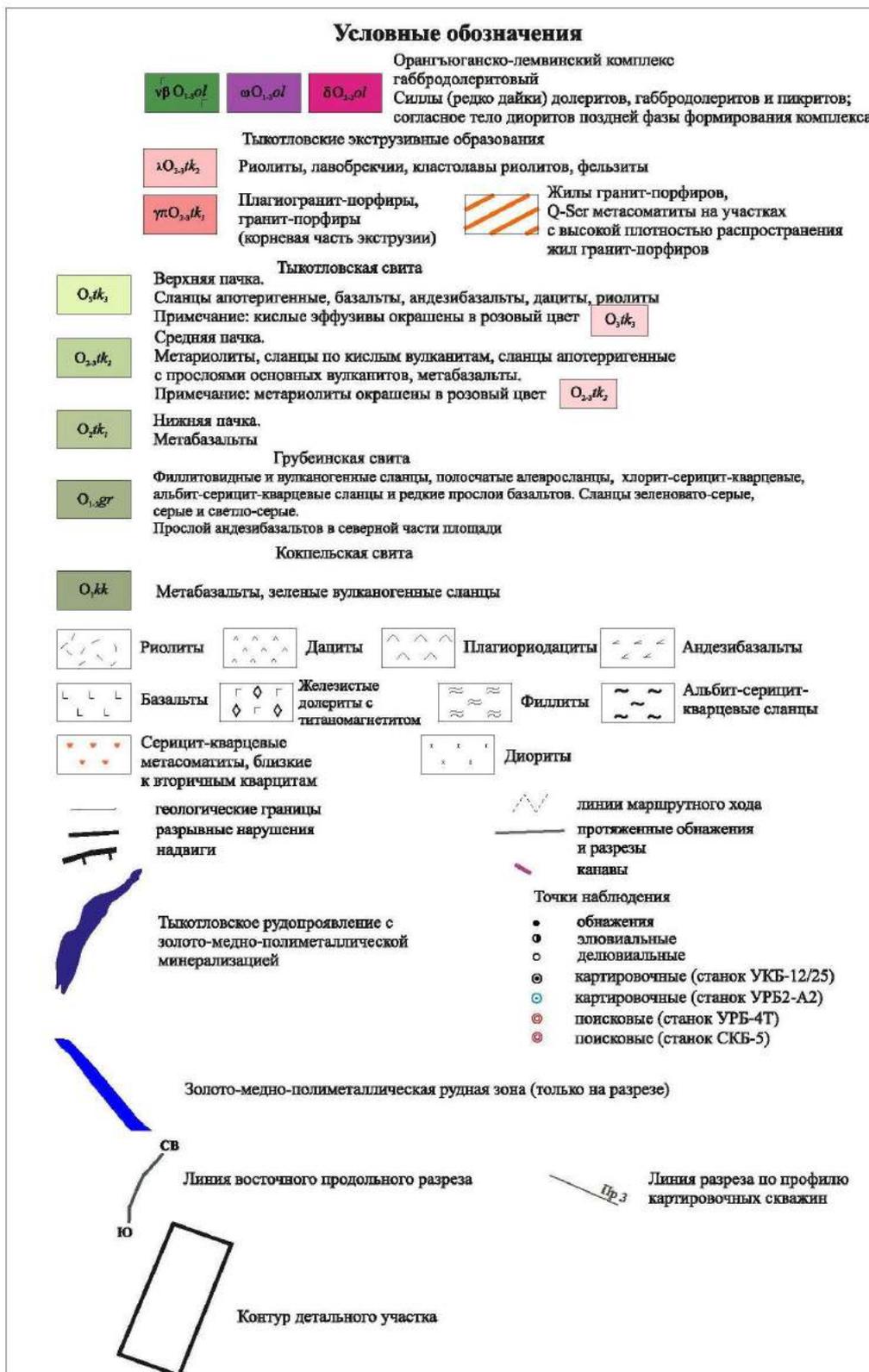


Рис. 6. Легенда к геологической карте Тыкотловской площади

Наиболее перспективным участком на золото-полиметаллические руды является Тыкотловский, вмещающий одноименное рудопроявление. *Золото-полиметаллическое оруденение* приурочено большей частью к покрову (160-200м) эффузивных метасоматически-измененных риолитов, в верхней части с

линзами измененных органогенных известняков (биогермов) с фауной кораллов *Sogdianophyllum sp.* и мшанок. Риолиты перекрыты сланцами по алевропелитам. Выявлено 7 стратиформных зон оруденения с рудными залежами.

Наибольшей рудоносностью обладают средняя (№ 5) и верхняя (№7) зоны. Средняя (№ 5) золото-полиметаллическая рудная зона (мощностью 25–30 м) с главным рудным телом мощностью 5,5 - 12,6 м. Среднее содержание по телу: меди – 0,2% , цинка – 1,9%, свинца – 1,1%, золота 1,0 г/т, серебра 15,0 г/т. Руда редкометальная с содержанием: кадмия – до 401 г/т, сурьмы – до 150 г/т, галлия – до 65,8 г/т, висмута – до 58 г/т и других попутных компонентов.

Верхняя (№7) золото-серебряная зона (мощностью от 20 до 30 м) со средним содержанием золота – 0,1 г/т и серебра - 1,2 г/т. В верхней части этой зоны выделено золоторудное тело мощностью 2,3 м со средним содержанием золота – 3,5 г/т и серебра - 16,7 г/т. Главные рудные минералы - пирит, сфалерит и галенит, широко распространенные – халькопирит и золото.

Прогнозные ресурсы категории **P₁** по участку **Тыкотловского рудопроявления**: цинка (Zn)– 46,39 тыс.т.; свинца (Pb) – 30,81 тыс.т.; меди (Cu) – 3,99 тыс.т.; золота (Au) – 5,45 т; серебра (Ag) – 67,77 т; сурьмы (Sb) – 22,27 т; **P₂**: цинка (Zn) – 445,32 тыс.т.; свинца (Pb) – 269,75 тыс.т.; меди (Cu) – 41,10 тыс.т.; золота (Au) – 24,25 т; серебра (Ag) – 613,37 т; кадмия (Cd) – 1395,54 т; сурьмы (Sb) – 334,79 т; галлия (Ga) – 1437,20 т.

На **Петравожском участке** выявлено медно-цинковое проявление, а также геофизические и геохимические аномалии рудной природы. Установлены вторичные геохимические ореолы повышенного содержания меди, цинка, свинца, молибдена, галлия и золота (по золоту выявлены отдельные точки до 50 мг/т). Прогнозируемая рудоносная зона Петравожской палеовулканической структуры соответствует комплексной аномалии ЕП, урана и калия и перекрыта сланцами (30 – 50 м), аналогичными надрудной пачке Тыкотловского рудопроявления. Прогнозные ресурсы категории **P₂** Петравожского участка: цинка (Zn) – 253,16 тыс.т.; свинца (Pb) – 168,11 тыс.т.; меди (Cu) – 21,76 тыс.т.; золота (Au) – 14,64 т; серебра (Ag) – 287,77 т.

На флангах Тыкотловской палеовулканической структуры выделены два перспективных участка: Северно-Тыкотловский и Верхнетыкотловский с прогнозными ресурсами основных и попутных компонентов категории **P₃**. Наиболее перспективным на золото-полиметаллические руды из них является Верхнетыкотловский участок. Прогнозные ресурсы категории **P₃** Верхнетыкотловского участка следующие: цинка (Zn) – 66,6 тыс.т.; свинца (Pb) – 44,2 тыс.т.; меди (Cu) – 5,7 тыс.т.; золота (Au) – 3,85 т; серебра (Ag) – 75,7 т; Северно-Тыкотловского: цинка (Zn) – 174,4 тыс.т.; свинца (Pb) – 115,8 тыс.т.; меди (Cu) – 15,0 тыс.т.; золота (Au) – 10,08 т; серебра (Ag) – 198,26 т.

Установлены поисковые критерии и признаки и на их основе составлена прогнозно-поисковая модель полиметаллически-колчеданного рудного объекта - Тыкотловского рудопроявления. Тыкотловское рудопроявление близко к филизчайскому геолого-промышленному типу колчеданных месторождений, при этом рудопроявление можно отнести к базальт-риолитовой субформации

алевролит-глинистосланцевой рудной формации. Эксплуатируемые объекты, аналогичные Тыкотловскому рудопроявлению – золото-полиметаллические месторождения Майкаинской рудоносной зоны Еремантаусского мегаантиклинария Северного Казахстана.

Рудоносная зона Тыкотловской площади продолжается за ее пределы на десятки км и требует постановки прогнозно-поисковых работ 1:100 000 масштаба с целью выявления и локализации рудоносных палеовулканических структур, аналогичных Тыкотловской. Рекомендуется в условиях субальпийского рельефа электроразведка методом естественного поля (ЕП), фиксирующая зоны сульфидной минерализации, в профильном варианте с шагом 20 м, а также профильная магнитометрия с шагом 20 м для установления и прослеживания зон сместителей надвиговых пластин.

Следующим этапом проведения геологоразведочных работ на Тыкотловской площади следует считать перевод прогнозных ресурсов Тыкотловского рудопроявления – в запасы промышленных категорий и поиски новых золоторудных и золото-полиметаллических объектов в пределах Тыкотловского и Петравожского рудных полей.

Библиографический список

1. Бабенышев В.М., Долгих М.В., Манькова Т.В. и др. Отчет о работах по объекту «Прогнозно-поисковые работы на медно-полиметаллические руды в пределах Тыкотловской площади» в Березовском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, проведенных в 2008-2011 годах. ОАО «НПЦ Мониторинг», Ханты-Мансийск, 2011. 220 с.

2. Копылов И.С. Отчет по теме «Комплексное дешифрирование космоснимков в пределах Тыкотловской площади с составлением схемы дешифрирования масштаба 1:25 000». ОАО «Геокарта-Пермь», Пермь, 2008.

3. 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 77-84.

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

5. 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. 2019. С. 145-158.

6. Мезенцев М.П., Суханов А.И. и др. Результаты поисково-съёмочных работ в бассейнах верховий рек Бол.Тыктолова и Балбанью. Приполярный Урал (Отчет по работам Северо-Уральской поисково-съёмочной партии за 1971-1973 гг.). Главтюменьгеология, ТКГРЭ, Тюмень, 1974. 368 с.

7. Пыстин А.М. и др. Отчет по групповой геологической съемке масштаба 1:50 000 на территории листов Q-41-77-Г; 78-Б (а, б, в), 88-А,В,Г; 89-А,Б,В; 90-А. ПГО «Полярноуралгеология», Сынинская ГСП. Воркута, 1982.

8. Суслов С. Б., Казымов К. П., Осовецкий Б. М. и др. Особенности рудопроявлений Тыкотловской площади (Приполярный Урал) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2010. С. 68-72.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА

Рассмотрено геологическое строение Енисей-Хатангского регионального прогиба. Приведена геолого-геофизическая информация по западной части Таймырского муниципального района Красноярского края. Показаны перспективы нефтегазоносности.

Ключевые слова: нефть и газ, Енисей-Хатангский региональный прогиб, геологическое строение, клиноформный комплекс, временные разрезы.

D.M. Valeeva
OJSC «Surgutneftegaz», Surgut, Russia

GEOLOGICAL STRUCTURE AND PETROLEUM POTENTIAL OF THE YENISEI-KHATANGA TROUGH

The geological structure of the Yenisei-khatang regional trough is considered. The article provides geological and geophysical information on the Western part of the Taimyr municipal district of the Krasnoyarsk territory. The prospects of oil and gas potential are shown.

Keywords: oil and gas, Yenisei-Khatang regional deflection, geological structure, wedge-shaped complex, time sections.

Введение

Енисей-Хатангский прогиб (ЕХРП) является одним из перспективных отношении перспективных и относительно слабоизученных районов России, который выделен на севере Красноярского края – в Таймырском муниципальном районе. Большая часть территории относится к нераспределенному фонду.

Методы и изученность района

Геолого-геофизическая изученность территории достаточно низкая. Целенаправленные исследования проводились в 50-80 гг. прошлого столетия, а именно: геологическая съемка масштабов 1:1000000, 1:200000; гравиметрическая съемка масштабов 1:1000000, 1:200000; аэромагнитная съемка масштабов 1:200000-1:50000, электроразведочные работы МТЗ-ТТ, ЗСБ, сейморазведка ТЗ МОВ, профилирование МОВ, МОГТ. В последние годы, начиная с 2000 г. за счет средств государственного бюджета были выполнены значительные сейморазведочные работы МОГТ-2Д с использованием современных телеметрических станций, взрывного и вибрационного источников упругих волн, что позволило уточнить оценку перспектив нефтегазоносности Енисей-Хатангского прогиба.

Изученность бурением также крайне низкая. Единичными скважинами вскрыты отложения фундамента.

Анализ геологических условий и перспектив нефтегазоносности

В тектоническом отношении Енисей-Хатангский прогиб находится между Карско-Хатангской мегагряды и Норильской седловиной. Прогиб осложнен положительными структурами – Мессояхский вал, Малохеттский вал, Рассохинский мегавал, Курьинский вал, Балахнинский мегавал, Кубаахский вал и отрицательными структурами – Носковский, Агапский, Пайтурминский, Дудыптинский, Диамутский, Авамский, Боганидсий, Жанихинский, Турку-Логатский и Таридский прогибы [4]. Территория характеризуется повышенной геодинамической активностью с высокой трещиноватостью и разломно-блоковым строением, вероятно с которой связана нефтегазоносность; по глубинным разломам возможно проникновение, как глубинных подземных вод, так и углеводородов [3, 5-8, 10].

В нефтегазоносном отношении ЕХРП выделен в составе одноименной нефтегазоносной толщи, граничащей с Гыданской нефтегазоносной областью, входящей в состав Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В пределах Енисей-Хатангской нефтегазоносной области открыто 17 месторождений нефти и газа, из них 15 месторождений поставлены на Государственный баланс полезных ископаемых РФ. Большая часть залежей углеводородов сконцентрирована в нижнеэоценовых отложениях.

Обзорная геологическая карта ЕХРП (по материалам ГГО «Енисейнефтегазгеология») приведена на рис. 1.

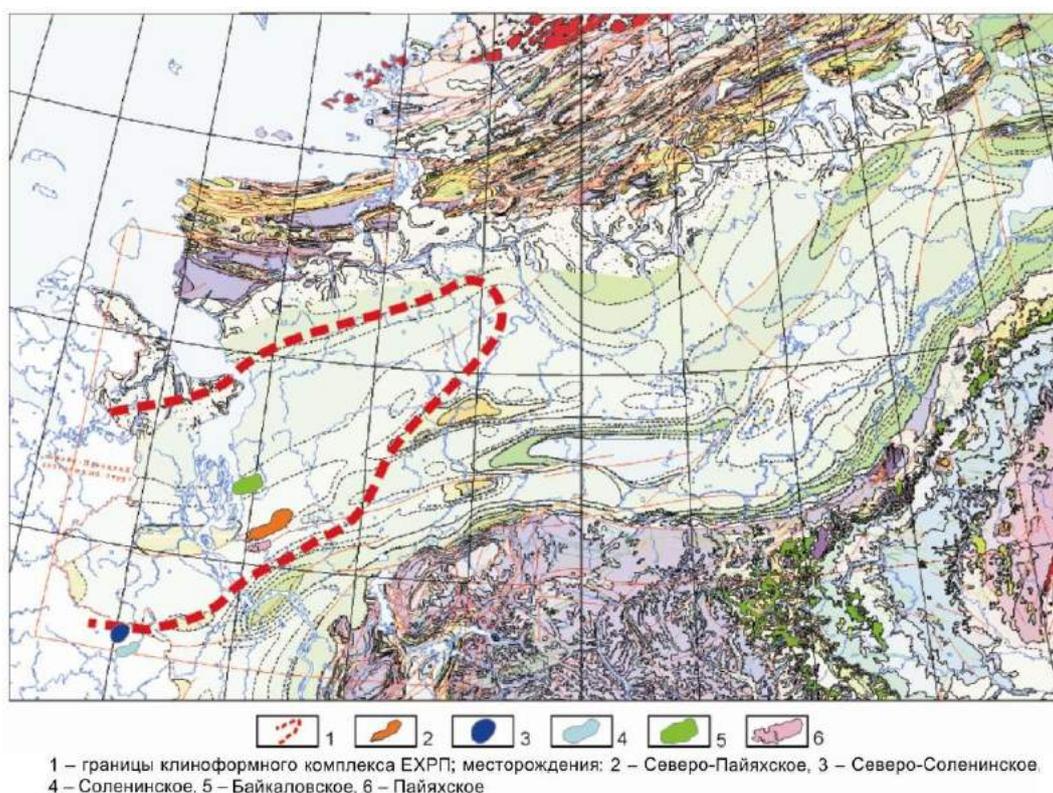


Рис.1. Обзорная геологическая карта Енисей-Хатангского регионального прогиба

В Енисей-Хатангской НГО по аналогии с северо-восточной частью Западно-Сибирской НГП выделены следующие нефтегазоносные комплексы и мегакомплексы: доюрский, нижнесреднеюрский, верхнеюрский (оксфорд-кимериджский), неокомский, апт-альб-сеноманский, турон-сантонский.

Доюрский нефтегазоперспективный мегакомплекс в пределах западной части Енисей-Хатангского регионального района изучен глубоким бурением крайне слабо, только отдельные скважины вскрыли отложения палеозоя и терригенного триаса на Малохетском валу (Суходудинская, Малохетская, Точинская, Долганская, Нижнехетская, Семеновская, Тампейская площади), на Южно-Таймырская моноклизе (Гольчихинская и Хабейская площади). Проницаемые горизонты во вскрытых отложениях доюрского комплекса практически отсутствуют, но отмечается повышенная трещиноватость пород. Признаки нефтегазоносности доюрских образований обнаружены при бурении и испытании скважин на Суходудинской (скв. 1, 2) и Малохетской (скв. 7, 13) площадях. Перспективы возможной промышленной нефтегазоносности данного мегакомплекса связываются с установленной нефтеносностью доюрского основания (коры выветривания) в центральных и западных частях Западно-Сибирской провинции [1, 2, 9].

В целом, геологическое строение палеозойско-триасовой толщи, объединённой в доюрский нефтегазоперспективный мегакомплекс, является наиболее сложным и наименее изученным.

Нижнесреднеюрский нефтегазоносный комплекс в прибортовой части прогиба сложен циклическим переслаиванием преимущественно песчано-алевролитовыми и глинистыми терригенными морскими отложениями.

Отложения нижней и средней юры частично вскрыты на Малохетской, Нижнехетской, Хабейской, Пайяхской, Озерной и Зимней площадях. В составе этого комплекса выделяются зимняя, джангодская, вымская и малышевская нефтегазоносные толщи с разделяющими их субрегиональными глинистыми флюидоупорами левинской, лайдинской и леонтьевской свит.

Продуктивность зимней толщи установлена на Зимнем месторождении, где из интервала 2862-2944 м получен промышленный приток газа.

В отложениях джангодской свиты залежей углеводородов промышленного значения не обнаружено. Непромышленный приток газа получен на Малохетской площади.

Вымская нефтегазоносная толща является региональным коллектором, с ней связаны полупромышленные притоки газа на Южно-Соленинской и Мессояхской площадях.

Из отложений малышевской свиты промышленный приток газа получен на Хабейской площади. Незначительные газопроявления отмечались на Нижнехетской, Джангодской, Озерной, Дерябинской, Рассохинской площадях, нефтегазопроявления - на Ушаковской и Турковской площадях. Повышенные толщины песчаников выделяются на Пайяхской площади.

Верхнеюрский нефтегазоносный комплекс сложен сиговским зональным резервуаром, перекрытым глинистыми отложениями яновстанской свиты,

аналогом гольчихинской свиты. На крупных мегавалах часть отложений размывы.

На территории ЕХРП залежей углеводородов в верхнеюрском комплексе не встречено. Незначительные газопроявления из песчаного пласта СГ1 отмечены на Озерном, Нижнехетском и Джангодском месторождениях.

Неокомский нефтегазоносный комплекс характеризуется исключительно сложным строением, является основным продуктивным комплексом Енисей-Хатангской области и подразделяется на нижне-неокомский и верхне-неокомский.

Нижне-неокомский комплекс является основным, как по выявленным запасам, так и по перспективам. Включает в себя отложения нижнехетской свиты с пластами НХ-0 - НХ-VII и нижней подсвиты суходудинской свиты с пластами СД-III - СД-XI и их аналогом шуратовской (пласты Нск) свиты.

Пласты нижнехетской свиты имеют невыдержанный характер и клиноформное строение. В области распространения клиноформ в основании проницаемого комплекса залегают песчано-алевритовые пласты глубоководного генезиса, аналогичные ачимовской толще Западной Сибири, имеющие линзовидный характер. Промышленная нефтеносность отложений установлена на Пайяхском (пласты НХ-IV-1, НХ-IV-2, НХ-IV-3), Байкаловском (Нск-I, Нск-III, Нск-IV, Нск-VI) месторождениях [2].

На временных разрезах по рисунку волнового поля выделяется 18 клиноформ, последовательно кулисообразно сменяющих друг друга в северо-западном направлении (рис.2).

Притоки нефти из пласта НХ-IV на Пайяхском месторождении изменяются от 2,2 до 33 м³/сут, соответственно, на уровне 1252 м и штуцере 7,8 мм, газа до 4-5 тыс. м³/сут. В 2009 году при добурировании скважины Пх-6 получен промышленный приток нефти из нового для Пайяхского месторождения уровня – песчаников ачимовского типа. Незначительные газопроявления отмечены на Джангодской площади. На Средне-Яровской площади получен приток пластовой воды с пленкой нефти. Газонасыщение отмечалось на Нижнехетской площади в пластах НХ-III, НХ-IV.

Суходудинская нефтегазоносная толща представлена ритмичным переслаиванием алевролитово-песчаных и алевролитово-глинистых пачек в шельфовых частях неокомских клиноформ (пласты группы СД), соотношение которых закономерно меняется в пределах рассматриваемого района. Промышленные притоки получены на Ушаковском (СД-III, СД-VIII, СД-IX), Казанцевском (СД-VI, СД-VII), Дерябинском (Д-I, Д-II, Д-IV, Д-V) месторождениях. Признаки углеводородов получены на Озерной (пласт СД-VI), Пайяхской (пласт СД-VI), Среднеяровской, Яровской и Малохетской площадях, газопроявления – на Джангодской, Средне-Пясинской площадях.

К верхне-неокомскому комплексу относятся: верхняя подсвита суходудинской свиты и малохетская свита. Флюидоупором является углисто-глинистая пачка в основании яковлевской свиты.

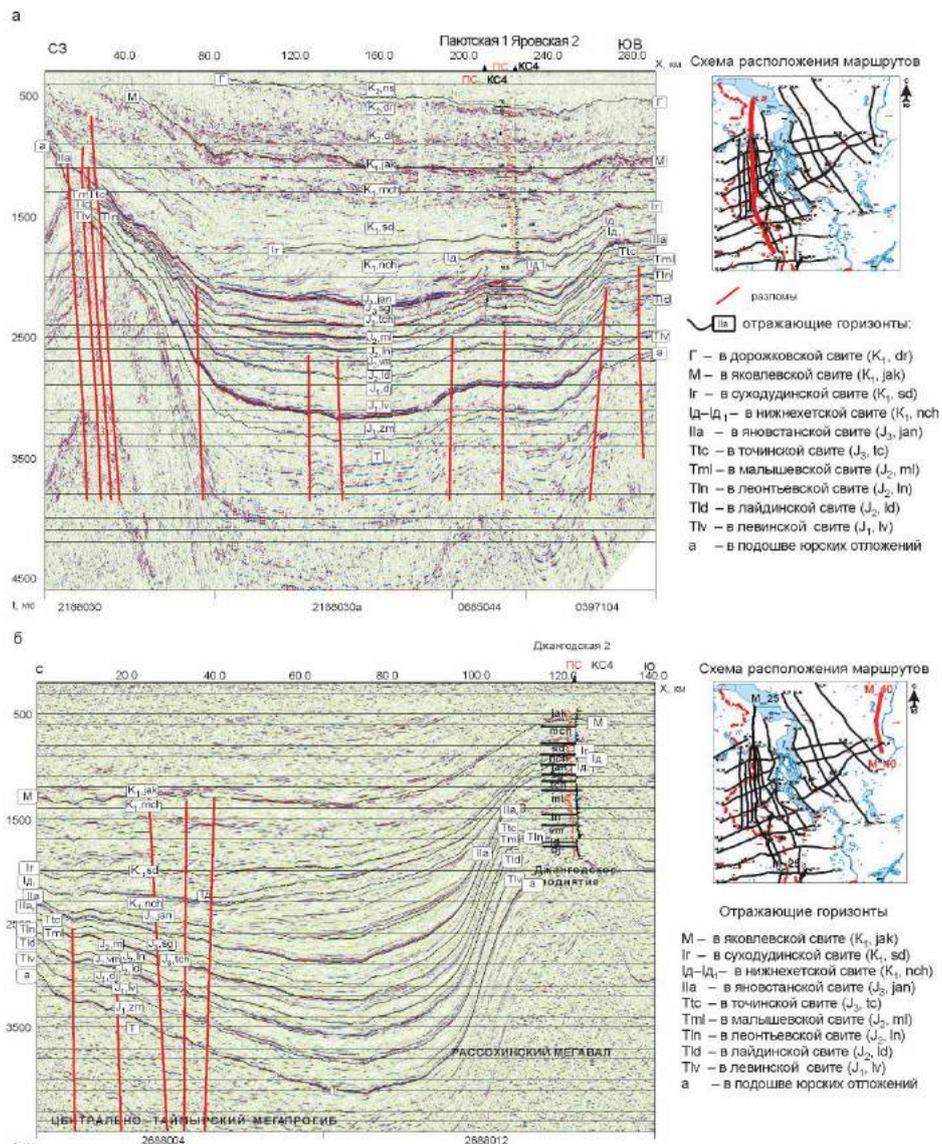


Рис.2. Стратифицированные временные разрезы ОГТ по маршруту 25(а) и 40 (б) [2]

Малохетская нефтегазоносная толща сложена преимущественно песками и песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и глинистыми породами. Резервуар представлен преимущественно песчаными отложениями малохетской свиты (пласты группы МХ) и верхней надпеляткинской частью суходудинской свиты (пласт СД-0).

Открытые залежи обнаружены, в основном, в верхней части малохетской свиты, где имеется надежная крышка яковлевского резервуара, и в кровле верхнесуходудинской подсвиты, где флюидоупором служит носковская глинистая пачка. Продуктивны на Байкаловском (пласты БК-0, БК-III, БК-XII) и Озерном (пласт МХ-I) месторождениях.

Газопроявления из пластов группы СД-0 и небольшие притоки газа из малохетской свиты отмечены на Яровской и Дерябинской площадях.

В составе апт-альб-сеноманского комплекса выделяется яковлевский и долганский резервуары.

Нефтегазоносность яковлевского резервуара связана с пластами группы ЯК, сложенными мелко- и среднезернистыми песчаниками со средними и высокими фильтрационно-емкостными характеристиками. Слабые притоки газа из пласта ЯК-0 получены на Озерном месторождении.

Долганский резервуар сложен средне-мелкозернистыми песчаниками и песками с высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Залежи пластовые сводовые, часто массивные, иногда структурно-литологические, некоторые залежи имеют нефтяные оторочки. Приуроченность их к кровле комплекса объясняется отсутствием в его составе выдержанных флюидоупоров, поэтому размещение залежей контролируется, главным образом, морфологией и качеством туронской покрывки. Отсутствие залежей в рассматриваемом районе объясняется опесчаниванием туронского флюидоупора.

Верхнемеловые отложения турон-сантонского нефтегазоносного комплекса имеют, в общем случае, низкий нефтегазовый потенциал. Единственная газовая залежь установлена в песчаном пласте НС-V насоновской свиты (коньяк-сантон) на Казанцевском месторождении.

Насоновский зональный резервуар сложен ритмично чередующимися пачками глин, алевроитов и песчаников. Проницаемые песчаные пласты НС-I – НС-V толщиной от 5 до 40 м обладают средними фильтрационно-емкостными характеристиками. Резервуар перекрыт глинами солпадаяхинского флюидоупора (кампан) толщиной около 150 м, породы которого характеризуются средними изолирующими свойствами.

Из вышеизложенного следует, что основным нефтегазоперспективным комплексом Енисей-Хатангского регионального прогиба на открытие залежей углеводородов являются нижненеокомские отложения клиноформного комплекса – фондаформные (например - Пайяхское, Дерябинское, Байкаловское, Озерное месторождения), где весьма вероятно присутствие песчаных тел «ачимовского типа», и ундаформные (Пеляткинское, Соленинское месторождения), где в условиях высокой гидродинамической активности также могли формироваться улучшенные коллектора. Не исключены и перспективы юрских отложений, в которых происходит регенерация нефтегазовых флюидов, наличие материнских пород, коллекторов, ловушек [1, 2].

Дююрские образования триас-палеозойских нефтегазоперспективных толщ севера Западной Сибири являются наиболее сложными по геологическому строению и наименее изученными, требуют уточнения для дальнейшего изучения

Заключение

Приведенные результаты анализа всех выделенных нефтегазоносных комплексов западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба указывают на огромный нефтегазовый потенциал изучаемого района в широком стратиграфическом диапазоне отложений. Рассмотрено геологическое строение ЕХРП, дальнейшее изучение которого может существенно расширить представления о многообразии перспективных ловушек для обнаружения

месторождений нефти и газа, которые в будущем составят основной фонд для прироста запасов и ресурсов в данном районе. Тем самым, доказано, что Таймырский МР входит в число наиболее перспективных регионов России, где в ближайшие годы могут быть созданы новые крупные центры добычи и переработки углеводородного сырья.

Библиографический список

1. Исаев А.В., Девятков В.П. Перспективы нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология нефти и газа. №4. 2010. С.13-22.
2. Исаев А.В., Кринин В.А., Филипов Ю.А. Перспективные нефтегазоносные объекты клиноформного комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба: результаты сейсмогеологического моделирования // Геофизика, геофизическое приборостроение. №2. 2011. С.74-82.
3. 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.
4. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика, 2011. Т. 52, № 8. С. 1027-1050.
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. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ Сборник научных статей. 2017. С. 178-186.
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. Ларичев А.И., Хабаров А.Н., Чеканов В.И., Кахая В.Г. Прогноз зон нефтегазонакопления и ловушек углеводородов в западной части Енисей-Хатангской НГО с выделением приоритетных участков // В сборнике: Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. 2014. С.184-188
10. 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.

B.A. Iskakov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,
The Republic of Kazakhstan

METHODS OF AEROSPACE RESEARCH IN GEOLOGY

The information obtained using space research methods has given geologists very rich material. These methods help to solve on a global scale the most important problems of theoretical geology and to confirm the basic laws of the distribution of minerals. Today, aerospace research of the Earth's natural resources and the environment has gained great importance in solving many geological problems. Gradually, aerospace research has led to the formation of discipline - aerospace or remote sensing.

Key words: geology, aerospace methods, remote sensing.

Б.А. Искаков

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы,
Республика Казахстан

МЕТОДЫ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ

Информация, полученная с помощью космических методов исследования, дала геологам очень богатый материал. Данные методы помогают решать в глобальном масштабе важнейшие проблемы теоретической геологии и подтвердить основные закономерности размещения полезных ископаемых. Сегодня аэрокосмические исследования природных ресурсов Земли и окружающей среды приобрели большое значение в решении многих геологических задач. Постепенно аэрокосмические исследования привели к формированию дисциплины – аэрокосмического или дистанционного зондирования.

Ключевые слова: геология, аэрокосмические методы, дистанционное зондирование.

Introduction

Aerospace research methods from the moment of their appearance in geology have always been and will be relevant, especially for Russia and Kazakhstan, with their vast expanses, vast distances, and undeveloped infrastructure.

It should also be noted that the areas of known mining areas are geologically quite well studied and examined. Therefore, here you can rely mainly on the identification of hidden ore objects (deep-seated and / or overlain by loose deposits). In oil and gas regions, the search for buried oil and gas traps is extremely relevant, especially before detailed works are set up. This requires a transition to new technologies for forecasting and searching for deposits, which allow at the initial stage in a short time with minimal cost to significantly reduce the size of promising areas for detailed exploratory exploration. And here, remote sensing methods of geological research also come to the fore [1-22].

A particularly important fact is that satellite imagery is highly environmentally friendly. During their implementation, integrity is not violated and contamination of the studied territories does not occur.

The obvious advantage of these satellite imagery is:

- objectivity and metricity of the source information - visibility, continuity, visibility and required detail;
- the use of digital means of obtaining information and data processing in the environment of geographic information systems;
- natural generalization and increased depth;
- high information content, due to the possibility of obtaining data in a wide range of the spectrum of electromagnetic radiation.
- relatively low cost, can reduce the time and increase the effectiveness of exploration.

Historical essay

In France in 1855, the first aerial photographs were taken from a balloon to draw up a plan for Paris. Then, in the 1860s, the French geologist Eme Zivial photographed the Alps from high peaks, and highlighted geological boundaries in the photographs, i.e. he first applied photographing of the earth's surface for geological purposes.

From that moment, the use of photographs with geological purposes began to gain momentum. Particularly accelerated the progress of development of aerial photography with the advent of aviation. By aerial photography or aerial photography is meant photographing the earth's surface from aeronautics and aircraft.

At the beginning, aerial photography was used to draw up maps, plans, to help build bridges, dams, dams, roads and railways, to help people explore new territories.

The initiator of the introduction of aerial methods in geological and geographical research in the Soviet Union should be considered academician A. Fersman, who, as early as 1927, speaking in print, attached great importance to the role of aircraft in geographical research. Since 1931, various scientific and industrial organizations have been created, specializing in the study and application of the results of aerial surveys in various geological works. Methodological manuals and recommendations are developed, monographs, textbooks and reference books are published which generalize the experience of using aerial surveys to solve applied geology problems.

In the 1950s, along with the general development of certain types of aerial methods used in geology, their significant isolation was also observed. Airborne geophysical works stood out in a completely independent form, among which the main place belongs to aeromagnetic and aero-radiometric surveys.

Edited by V. Eremin in 1971, the laboratory of aeromethods, published a methodological manual on the use of aeromethods in geological research.

Currently, airborne methods have become an integral part of all types of geological research. They are used without fail in the production of geological surveying and prospecting works of all scales, as well as in the study of tectonics and

neotectonics, ore field structures, hydrogeological and engineering-geological surveys, the study of the geological structure of shallow water bodies, shelf areas, etc.

However, to solve a number of geological problems, even high-altitude aerial photographs obtained from altitudes of more than 20 km and having a scale of about 1: 100,000 were uninformative.

In geology, the results of various types of surveys are currently being used. The main ones are photographic, television, radar, infrared (thermal), scanner, laser.

Based on aerial photographs, geomorphological, geological, tectonic and engineering-geological maps and plans for the construction sites of many large hydropower facilities are compiled.

In the second half of the 80s, in the development of technical means of remote sensing, a transition began from the use of photographic materials as storage media to digital systems that build images on magnetic media. This led to an increase in the dynamic range and linearity of registration, the emergence of metrologically secured, optically aligned digital distance materials optically aligned through various spectral channels, focused not on visual but on instrumental (computer) processing.

In the 1970s and early 1980s, the main activity in the computer processing of remote sensing data in the world was concentrated in a limited number of geological organizations and not only: with direct data providers, i.e. those who received and disseminated information from space satellites, or in large research institutions, often military or astronomical, related to space research of the Earth and planets or with image processing problems. As a rule, such organizations were distinguished by good technical equipment by the standards of the time. Despite the fact that quite large research teams worked in such organizations, the development of various image processing methods was a priority, and they were mainly carried out by mathematicians and programmers, and not representatives of applied sciences (geographers, geologists, foresters, botanists, soil scientists, etc.) . Usually the result of the work of such teams was unique software packages, rather than commercial universal products. As a rule, only preprocessing of remote sensing data was carried out in production volumes. Thematic interpretation was mainly the nature of a scientific experiment.

Objects of study, goals and objectives of aerospace methods

From the point of view of aerospace methods, the object of research is considered as a spatio-temporal category of hierarchical structure - small objects are included in larger, short-term processes - in long-term ones. The most important characteristic of shooting objects is their reflectivity. That is, the objects of study are the Earth, the earth's surface, landscapes, mountains, rivers and other many components of our planet. The physical field of the Earth is the main subject of research.

The goals that scientists set are: the achievement of new technologies, the improvement of existing ones and the development of ways to obtain detailed information about the area from the picture.

When deciphering geological objects in aerospace images, the tasks are to study the landscape envelope of the earth's surface, the geomorphological features of

the territory and their analysis. Also, the study of the nature of tectonics, morphology of structural forms. Refining, detailing or creating new maps (geological, tectonic, geomorphological, seismic zoning, geotechnical, forecasting and others) and the study of modern geological processes are the main tasks.

Physical foundations of distance research

By aerospace methods it is customary to understand the totality of research methods for the atmosphere, the earth's surface, oceans, and the upper layer of the earth's crust from air and space carriers by means of remote recording and subsequent analysis of radiation coming from the Earth. Aerospace methods provide the determination of the exact geographical position of the studied objects or phenomena and obtain their qualitative or quantitative characteristics. They not only simplify the study of inaccessible territories, but also provide the geographer with such geospatial information that cannot be obtained in other ways.

Depending on the nature of the recorded physical field and the type of receiver used, aerospace methods are usually divided into four groups: aerophotographic, aerophotoelectronic, aerovisual and aerogeophysical. Aerophotographic methods are used to register electromagnetic waves.

Using remote studies, the physical field of the Earth is studied at a distance in order to obtain information about the structure of the earth's crust. The physical basis of remote research methods is the emission or reflection of electromagnetic waves by natural objects. In geological surveys conducted from airplanes, spaceships and satellites, remote sensing methods are used that use the visible and near infrared ranges of the electromagnetic spectrum and special types of surveys. The latter include methods using the region of the electromagnetic spectrum invisible to the human eye, and methods based on the study of the geophysical parameters of the Earth. Remote research methods include:

1. Methods for the remote study of the earth's surface in the visible and near infrared regions of the electromagnetic spectrum: a) visual observations; b) photography; c) television shooting.

2. Methods of remote study of the earth's surface, recording the invisible part of the electromagnetic spectrum of the Earth's radiation: a) infrared photography; b) radar survey; c) spectrometric survey; d) a number of special surveys (laser, ultraviolet, magnetic, radiation) that have not yet found any widespread use in geology.

Currently, modern equipment used in photographing television shooting, allows research in a wider range of the spectrum, including ultraviolet and infrared.

Types of Remote Sensing Data

Earth remote sensing data is a very important source of spatial data in GIS.

All remote sensing are divided into three categories:

- ground shooting
- aerial photography
- space shooting

Filming can be passive when its own or reflected solar radiation is recorded, and active when the objects being shot are irradiated, for example, with radio waves. Depending on the fixed range of electromagnetic radiation, the following types of remote sensing are distinguished:

- ultraviolet shooting
- shooting in the visible range
- shooting in the near range
- shooting in the middle range
- shooting in the far (thermal) infrared
- shooting in a microwave radio range

With the simultaneous use of several ranges, they speak of multi-zone shooting, and with a large number of used ranges (20 or more) - hyperspectral.

By the type of shooting equipment used, the following types of shootings are distinguished:

- photographic
- television
- photo television
- scanner
- radar
- sonar
- laser
- lidar

Aero spectrometry is separately distinguished, which is the registration with the help of spectrographs of the spectral brightness of a surface along the direction of motion of the aircraft.

Conclusion

At present, the use of satellite imagery materials in conjunction with geographic information technologies, both at the initial stages and in the process of performing mineralogical research and forecasting and prospecting, allows updating the archival “paper” geological and cartographic information, substantially clarifying and obtaining new data on geological and including the deep structure of the areas, significantly localize ore-promising and oil and gas-promising areas [3-5, 8, 9, 11]. Significant successes have been achieved in the application of aerospace methods and aerospace geological analysis in hydrogeological, geocological and engineering-geological studies [7-5, 11-18].

Reference

1. *Andronnikov V.L. Aerospace methods for studying soils. M.: Kolos, 1979.*
Андронников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М.: Колос, 1979.
2. *Antipov V.S., Astakhov V.I., Brusnichkina N.A., Aerospace methods of geological research. Publishing house of the St. Petersburg cartography factory VSEGEI, 2000.*
Антипов В. С., Астахов В. И., Брусничкина Н. А., Аэрокосмические методы геологических исследований. Изд-во СПб картофабрики ВСЕГЕИ, 2000.

3. *Aerospace methods in geology [Electronic resource]: Sat. scientific Art. according to the materials of the Intern. scientific-practical conf. / ch. ed. I. S. Kopylov; Perm. state nat. researched un-t Electron. Dan. Perm, 2019.29 Mb; 253 p. Access mode: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/aerokosmicheskie-metody-v-geologii.pdf>.*

Аэрокосмические методы в геологии [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Электрон. дан. Пермь, 2019. 29 Мб; 253 с. Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/aerokosmicheskie-metody-v-geologii.pdf>.

4. *Aerospace methods of geological research / Ed. A.V. Perceva. St. Petersburg: VSEGEI, 2000.316 p.*

Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцева. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.

5. *Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Seitkov T.T. Prospects for the search for oil and gas in the Caspian oil and gas province of Kazakhstan using remote methods // Geology and Minerals of the Western Urals. 2017. № 17. P. 75-79.*

Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Сейтеков Т.Т. Перспективы поисков нефти и газа в Прикаспийской нефтегазоносной провинции Казахстана с применением дистанционных методов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 75-79.

6. *Bogdanov A.A., Aeromethods in geological research. Moscow, 1961.*

Богданов А. А., Аэрометоды при геологических исследованиях. Москва, 1961.

7. *Goodilin I.S., Komarov I.S. The use of aeromethods in engineering-geological and hydrological studies. M., "The bowels", 1978.*

Гудилин И.С., Комаров И.С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрологических исследованиях. М., «Недра», 1978.

8. *Katz Ya.G., Ryabukhin A.G., Trofimov D.M. Space methods in geology. M., Moscow Publishing House. University, 1976.*

Кац Я.Г., Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. Космические методы в геологии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1976.

9. *Katz Ya.G., Tevelev A.V., Poletaev A.I. The basics of space geology. M.: Science, 1988.*

Кац Я.Г., Тевелев А.В., Полетаев А.И. Основы космической геологии. М.: Наука, 1988.

10. *Knizhnikov Yu.F. Fundamentals of aerospace methods of geographical research. M.: From Moscow. University, 1980.*

Книжников Ю.Ф. Основы аэрокосмических методов географических исследований. М.: Из-во Моск. ун-та, 1980.

11. *Kopylov I.S. Analysis of the results and prospects of oil and gas prospecting aerospace and geological research of the Perm Urals // Bulletin of the Perm University. Geology. 2015. № 4 (29). P. 70-81.*

Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

12. *Kopylov I.S. Aerospace and geological methods for assessing the geodynamic hazard in karst territories // Modern high technology. 2014. № 6. P. 14-19.*

Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

13. *Kopylov I.S. Methodological foundations of aerospace and geological research in the search for oil and gas // In the collection: Aerospace methods in geology. Perm, 2019. P. 25-37.*

Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.

14. Kopylov I.S. *Scientific and methodological foundations of geocological studies of oil and gas regions and assessment of the geological safety of cities and objects using remote methods / abstract of thesis. ... doctors of geological and mineralogical sciences. Perm, 2014. 48 p.*

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.*

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

Копылов И.С., Бакытжанова Б.Н., Дал Л.И., Сейтеков Т.Т. *Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С.48-54.*

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

17. Kopylov I.S., Kovin O.N., Nakysbek S. *Engineering-geodynamic analysis of the territory at the junction of Russia, China, Kazakhstan and Mongolia for the construction of trunk pipelines // In the collection: Geoecology, engineering geodynamics, geological safety Perm, 2019 P. 197-203.*

Копылов И.С., Ковин О.Н., Накысбек С. *Инженерно-геодинамический анализ территории на стыке России, Китая, Казахстана и Монголии для строительства магистральных трубопроводов // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность Пермь, 2019. С. 197-203.*

18. Kopylov I.S., Konoplev A.V., Iblaminov R.G. *The latest tectonics and modern geodynamics of Western Kazakhstan on the Zhilyansk potassium salt deposit // Modern problems of science and education. 2014. № 5.*

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.*

19. Kravtsova V.I., Kozlova E.K., Thevensky Yu.I. *Space images. M.: Moscow Publishing House. University, 1986. 126 p.*

Кравцова В.И., Козлова Е.К., Фивенский Ю.И. *Космические снимки. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 126 с.*

20. Kronberg P. *Remote sensing of the Earth. trans. with him. M: World, 1988.*

Кронберг П. *Дистанционное изучение Земли. пер. с нем. М: Мир, 1988.*

21. Mishev D. *Remote exploration of the Earth from space. trans. from the Bulgarian M.: Mir, 1985.*

Мишев Д. *Дистанционные исследования Земли из космоса. Пер. с болгарского М.: Мир, 1985.*

22. Savinykh V.P., Malinnikov V.A., Sladkopevtsev S.A., Tsykina E.M. *Geography from space. M: Publishing house "MGUGiK", 2000.*

Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопеевцев С.А., Цыпина Э.М. *География из космоса. М: Изд-во «МГУГиК», 2000.*

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ
В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ
ГЛУБИННОГО ГЕНЕЗИСА УГЛЕВОДОРОДОВ**

Рассмотрены кратко закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре согласно парадигме глубинного генезиса углеводородов. На основании модели глубинного генезиса углеводородов дан региональный прогноз нефтегазоносности лицензионных участков арктического шельфа России.

S.V. Kozlov

PermNIPIneft Branch of LUKOIL-ENGINEERING LLC in Perm,

**REGIONAL FORECAST OF OIL AND GAS POTENTIAL
IN THE RUSSIAN ARCTIC BASED ON THE PARADIGM OF DEEP
GENESIS OF HYDROCARBONS**

The regularities of placement of unique and large oil and gas deposits in the earth's crust according to the paradigm of deep Genesis of hydrocarbons are briefly considered. Based on the model of deep Genesis of hydrocarbons, a regional forecast of oil and gas potential of licensed areas of the Arctic shelf of Russia is given.

Введение

По оценке Минэнерго, суммарные извлекаемые ресурсы российской Арктики - 100 млрд т н.э. (13 млрд т нефти и 87 трлн м³ природного газа). Есть и другие оценки НСР углеводородов. Разведанность начальных ресурсов углеводородов континентального шельфа России на сегодня составляет около 10%. Рентабельность добычи нефти на шельфе Арктики оценочно составляет \$52-81 за баррель. Об этом сообщил первый заместитель министра природных ресурсов Денис Храмов на конференции «Нефть и газ Сахалина 2015». По его словам, в Арктике уже пробурено 89 скважин, стоимость бурения одной составляет \$500-700 млн. При этом вероятность открытия месторождения с коммерческими запасами не превышает 13,5%.

По данным Д.А. Астафьева, В.А. Шеина (2010) Российский шельф содержит 25% запасов нефти и половины запасов газа. Ведущее место принадлежит недрам арктических морей – Баренцева (49%), Печорского (15%), Карского (35%), лишь менее 1% находится в Балтийском море и на участке Каспия.

По прогнозным оценкам на шельфе сосредоточены 85% потенциальных извлекаемых ресурсов газа, нефти, конденсата. В недрах Баренцева и Карского морей основная доля ресурсов УВ представлена газом, в недрах Печорского моря преобладают нефтяные УВ. По оценкам специалистов, к 2050 году арктический шельф будет обеспечивать от 20 до 30% всей российской нефтедобычи [1].

Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре согласно парадигме глубинного генезиса углеводородов

Генетическая цепочка местоскоплений нефти и газа, поддерживаемая последователями глубинного абиогенно-мантийного генезиса нефти, включает в себя четыре генетических звена, порождающих УВ-залежи. Это в порядке реализации процессов: генерация, миграция, аккумуляция и консервация [6, 7]. В двоичной системе алгоритмирования появление одного минуса в любом месте генетического кода приводит к отрицательному результату.

Сейчас достоверно установлено, что процессы изостазии или изостатического равновесия осуществляются в основании литосферы – в астеносфере. Астеносфера – слой менее вязкий, а, следовательно, более пластичный, чем подстилающая его верхняя мантия. Нарушение архимедова равновесия проявляется, прежде всего, как реакция на изменение скорости протекания геологических процессов, таких как выветривание, денудация, ледниковая деятельность, в т.ч. и техногенных процессов перераспределения дополнительной нагрузки на определенных участках территории. Накопление же объема вещества газового плюма, можно предположить, происходит более быстрыми темпами, чем экзогенные процессы на поверхности Земли. Восстановление изостатического равновесия происходит через тектонические нарушения-разломы, проходящие уже в хрупких кристаллических горных породах литосферы, с более значительными скоростями, при которых уже не может выполняться изостазия, как стабильный геологический процесс, т.е. катастрофическими темпами. Плюм на границе литосфера-астеносфера рассматривается в представленной модели как термодинамический реактор (P, V, T), где идет синтез углеводородов. Многие исследователи генезиса глубинной нефти отводят литосферно-астеносферной границе важную роль в накоплении реакционного объема УВ и рассматривают флюидизированные линзы в астеносфере и литосфере Земли в качестве локальных реакторов для окончательного синтеза УВ - смеси. При достижении критического объема вещества газового плюма происходит естественный гидрогазоразрыв пород литосферы и начинается следующая стадия – миграция. Вычисленные объемы зоны генерации, при котором начинается естественный гидрогазоразрыв горных пород литосферы составили, от первых млрд м³ до сотен трлн м³ [2, 3].

Последовательное усложнение C₁-C₄ до более сложных молекул C₅ и выше происходит на путях миграции и, что нам особенно важно, при временных остановках на волноводах, где УВ система перестраивается,

усложняется и стремится к новому состоянию устойчивой связи атомов углерода и водорода в этих изменившихся Р-Т условиях.

Существуют различные методики определения мощности литосферы Земли. Авторами работы [3, 4] предложена методика и выполнен расчет термальной мощности литосферы Земли и распределения в ней значений температуры на основании фактических данных о топографии, возрасте океанического дна, структуре и составе коры, гравитационных аномалиях и среднегодовых значениях температуры на поверхности. Подошва литосферы определялась, как изотерма 1300°C. Данные о термальной мощности литосферы можно использовать при сравнительном геодинамическом анализе различных тектонических структур, а также в качестве исходных данных для численных расчетов в области геодинамики литосферы.

На цифровую карту термальной мощности литосферы был наложен грид (слой) крупнейших месторождений нефти и газа мира (всего 995 месторождений, в т.ч. России – 157 месторождений), расположенных в различных нефтегазоносных провинциях Земли.

Для каждого месторождения было найдено уникальное значение мощности литосферы. Согласно принятой на сегодня в России классификации ресурсов нефти и горючих газов (2013г) в базу данных включены уникальные и крупные месторождения нефти (более 30 млн т) и природного газа (более 30 млрд м³). Категория средних, мелких и очень мелких месторождений данной базой не охвачена. В настоящее время в мире открыто более 80 тысяч месторождений нефти и газа.

В результате анализа установлены следующие закономерности: в интервале мощности литосферы до 80 км месторождений УВ-0,2%, преимущественно газогидратные залежи в акватории морей и океанов; в интервале 80-160 км – 3,5-5,5% запасов и 9% количества месторождений нефти и газа; в интервале 160-280км – 90-95% запасов и 87% количества месторождений нефти и газа; в интервале более 280км – около 4% запасов и количества месторождений нефти и газа.

Высокая степень концентрации запасов нефти и газа (газа около 90%, нефти около 95%) в малом количестве уникальных и крупных месторождений, которых суммарно около 1000 единиц, становится эмпирической закономерностью их тяготения к интервалу мощности литосферы 160-280 км (и около половины запасов нефти и газа к интервалу 200-240 км).

В геодинамическом аспекте, ядро вещества газового плюма, мигрируя по главному разлому, порождает уникальные и крупные месторождения нефти и газа, а на опережающихся разломах, которых и больше, но материнского вещества (на порядок!?) меньше, рождаются средние, мелкие и очень мелкие месторождения нефти и газа, но все они, как спутники, концентрируются вблизи крупных (уникальных) скоплений УВ, образуя нефтегазоносные бассейны и области. На рис.1 отражена гистограмма распределения количества месторождений нефти и газа от мощности литосферы по различным регионам Земли, соотнесенным с запасами нефти и газа.

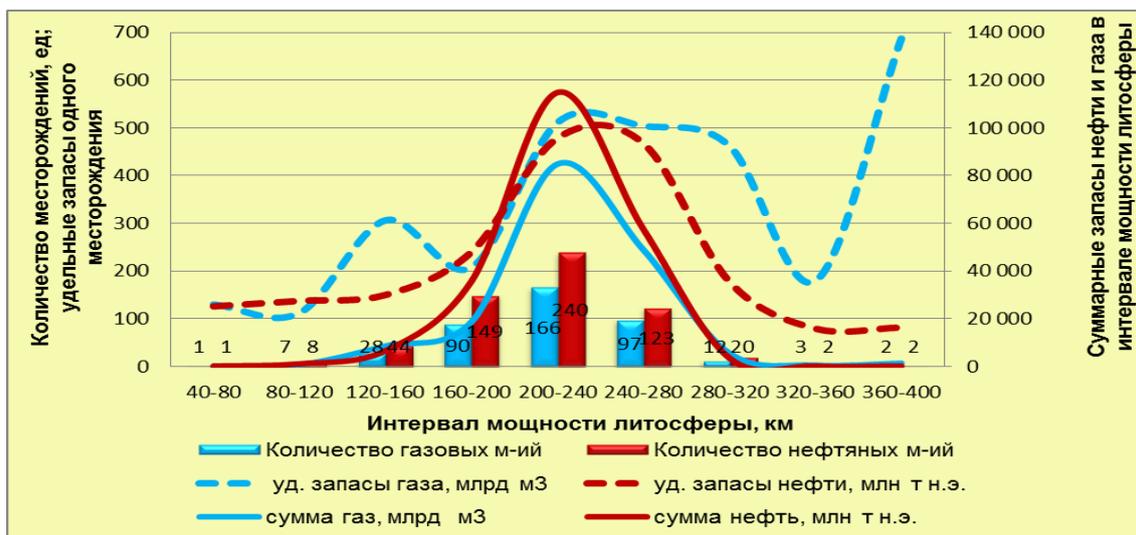


Рис.1. Зависимость количества месторождений нефти и газа от мощности литосферы по различным регионам Земли соотнесенным с запасами нефти и газа

Оптимальными условиями для синтеза УВ - смеси являются условия, правильнее сказать, давления, соответствующие глубинам 160-280 км, причем оптимумом является глубина 220 км. Для указанного интервала мощности литосферы (160-280 км) на глубинах 75-110 км исходя из критических параметров (Ткр.) начинается процесс конденсации углеводородов C_{16} и ниже. Чуть выше, на глубинах 30-50 км, все углеводороды до C_6 включительно приобретают характерные черты нефти, как жидкости с растворенным в ней газами (C_1 - C_4). Очень важный интервал, где сгенерированные углеводородно – кислотные (HCl , H_2SO_4 , HF) гидротермальные водные флюиды конденсируются на глубинах 20-30 км, которые являются агрессивными по отношению к вмещающим горным породам. Эти флюиды активно создают вторичную емкость вокруг первичных порово-трещинных зон пород коллекторов со значительными метасоматическими процессами [2, 3].

Безусловно, возникает вопрос о достаточности исходного количества газового вещества в объеме плюма для генерации нефти. Исходя из закона сохранения масс, который констатирует: при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается постоянной, вытекает следующее. Покажем это на конкретном примере. Подстановка значения средней плотности газового плюма в рамках предложенной модели на уровне 1775 кг/м^3 и его объема на уровне 500 млрд м^3 в базовое соотношение $\rho = m/v$, дает значение массы около 880 млрд т по УВ. Понятно, что данная оценка отражает 100% реализации процесса газ \rightarrow нефть. На самом деле, в природе имеет место процесс с двумя ветвями: газ \rightarrow нефть и газ \rightarrow природный газ. Причем созидательная часть (образование собственно месторождений) значительно уступает безвозвратным потерям, таким как дегазация и диссипация УВ, т.е. $m_1(\text{зона генерации}) = m_2(\text{открытые м-ия}) + m_3(\text{потенциальные м-ия}) + m_4(\text{потери})$. В первом приближении выполненные расчеты показывают достаточность исходного

вещества для формирования уникальных и крупных месторождений нефти и газа.

На карте термальной мощности литосферы были выделены три класса зон отражающих перспективность земель на углеводороды.

1 класс: Бесперспективные земли в интервалах мощности литосферы: 0-80 км и более 360 км.

2 класс: Земли с неопределенными перспективами в интервалах мощности литосферы: 80-160 км и 280-360 км.

3 класс: Перспективные земли в интервале мощности литосферы: 160-280 км, в т.ч. высокоперспективные земли 200-240 км.

Количество открытых на сегодня уникальных и крупных месторождений нефти и газа в указанных трех классах земель находятся в соотношении как 1:12:87, что практически указывает на процент вероятности открытия месторождений УВ в рамках предложенной модели.

Региональный прогноз нефтегазоносности лицензионных участков арктического шельфа

На основании вышеизложенной модели дан региональный прогноз нефтегазоносности лицензионных участков арктического шельфа (рис. 2, табл. 1).

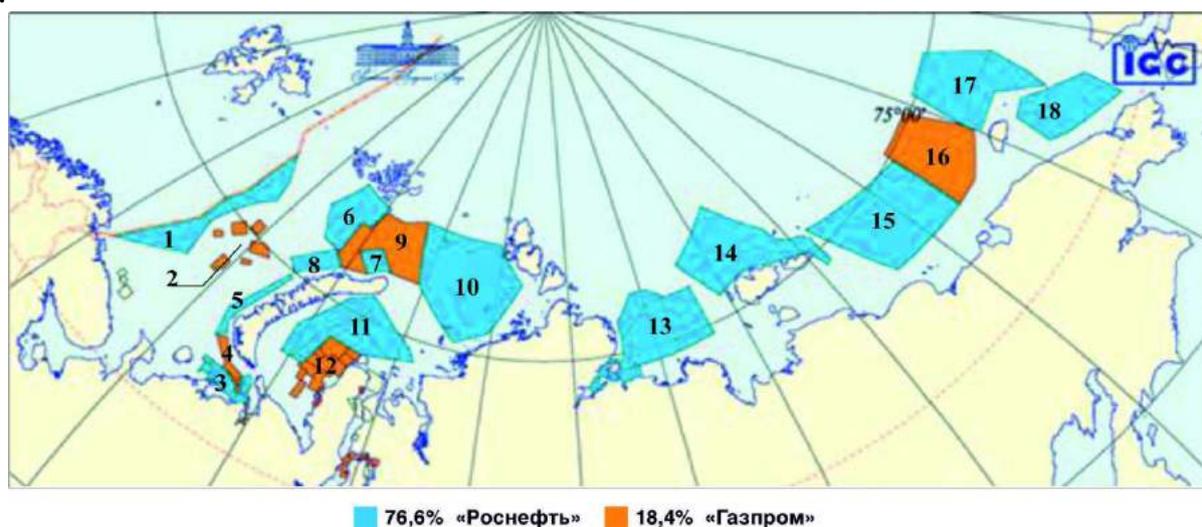


Рис.2. Лицензионные участки на арктическом шельфе России

В середине текущего года департамент по делам нефти Норвегии заявил, что на самом северном участке норвежского шельфа переданного Россией в 2010 году, нефти нет. Причем был проведен большой объем сейсморазведочных работ и была пробурена скважина глубиной 4,2 км. В рамках предложенной модели в региональном плане перспективными районами для открытия месторождений УВ являются переданные участки южнее 76-77°СШ. (Справочно. По состоянию на начало 2018 года на шельфе Баренцева моря Норвегией пробурено 145 поисково-разведочных скважин (ПРС), на всем шельфе Норвегии пробурено более 6 тысяч скважин. Для сравнения: на

Арктическом шельфе России с морских буровых установок пробурено менее 100 ПРС).

Таблица 1

Региональный прогноз нефтегазоносности лицензионных участков арктического шельфа

Номер участка на карте	Оценка перспективности лицензионного участка на открытие углеводородов
1	3 класс; северная часть (Персеевский участок) - 2 класс
2	3 класс
3	3 класс
4	3 класс
5	3 класс
6	Северная часть участка 2 класс; южная часть -3 класс
7	3 класс
8	3 класс
9	Северная часть участка 2 класс; южная часть - 3 класс
10	Северная часть участка 1 класс; юго-восток участка 2 класс; центральная часть - 3 класс
11	3 класс
12	3 класс
13	Северо-западная часть участка-2 класс; большая часть участка 3 класс. Причем перспективность участка растет от центра в С-В и Ю-З направлениях
14	Западная и северо-западная части участка-3 класс; южная и юго-восточная части - 2 класс
15	2 класс большая часть участка; северо-западная часть -1 класс
16	2 класс. Большая вероятность отнесения участка к 1 классу
17	2 класс. Большая вероятность отнесения участка к 1 классу
18	2 класс. Большая вероятность отнесения участка к 1 классу

Расшифровка для таблицы:

1 класс: Бесперспективные земли

2 класс: Земли с неопределенными перспективами

3 класс: Перспективные земли

Следование «общепринятой» осадочно-миграционной теории происхождения нефти арктический шельф станет разорительным проектом для любой нефтегазовой компании. В рамках проекта «Глубинная нефть» за многолетний период сообществом специалистов создан инструмент экспертной оценки заложения поисково-разведочных скважин в пределах лицензионных участков, позволяющий выйти из разорительного некоммерческого коридора успешности 10-30%.

«Не будет преувеличением сказать, что сейчас пришло время испытания для отечественной нефтегазовой науки и время выбора для отечественного нефтегазового сектора: либо дальнейшее развитие ТЭК страны, либо стагнация и окончательная деградация при отсутствии научного обеспечения его развития

со стороны традиционной нефтегазовой науки. Вопросы не праздные, определяющие не только пути развития науки, но и будущее энергетической безопасности страны, ее энергетическую независимость» [5].

Библиографический список

1. Козлов С.В. Арктические планы ТЭК через окно Овертона и парадигму глубинного генезиса углеводородов // 7-е Кудрявцевские Чтения. Материалы Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. М.: ЦГЭ, 2019.

2. Козлов С.В. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре // 6-е Кудрявцевские Чтения. Материалы Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. М.: ЦГЭ, 2018.

3. 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.

4. Козлов С.В., Копылов И.С. Планетарный процесс глубинного образования углеводородов и первичных астеносферных землетрясений // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию профессора И. А. Печеркина. Главный редактор: И.С. Копылов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2019. С. 32-43.

5. Коптев А. И., Еришов А. В. Термальная мощность литосферы Земли: численная модель // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2011. Т. 4, № 5. С. 25-32.

6. Тимурзиев А.И. Развитие теории неорганического происхождения нефти в работах Кудрявцевских Чтений проводимых в рамках проекта «Глубинная нефть» // 6-е Кудрявцевские Чтения. Материалы Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. М.: ЦГЭ, 2018.

7. Тимурзиев А.И. Современное состояние теории происхождения и практики поисков нефти: тезисы к созданию научной теории прогнозирования и поисков глубинной нефти // Электронный журнал «Глубинная нефть». Том 1. №1. 2013. С.18-44.

П.А. Лысенко
ООО «Ямал Петросервис», пгт Уренгой, Россия

ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ НЕФТИ И РАСТВОРЕННОГО ГАЗА ПЛАСТА ТЛ_{2б} КАМЫШЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОБЪЕМНЫМ МЕТОДОМ

Рассмотрены геологические условия Камышловского месторождения нефти. Определены подсчётные параметры по данным геофизических исследований скважин, выполнен анализ керна, данных опробования и испытания пластов. Произведён подсчёт запасов нефти и растворенного газа пласта Тл_{2б} Камышловского месторождения объемным методом.

Ключевые слова: нефть, газ, подсчёт запасов, месторождение, порода-коллектор.

P.A. Lysenko
ООО "Yamal Petroservis", Urengoy, Russia

CALCULATION OF RESERVES OF OIL AND DISSOLVED GAS OF THE RESERVOIR TL2B KAMYSHLOVSKOGO FIELD OF THE VOLUMETRIC METHOD

The geological conditions Kamyshlovskogo deposits of oil. Calculation parameters were determined based on the data of well geophysical studies, core analysis, reservoir testing and testing data were performed. The calculation of oil and dissolved gas reserves of the TL2 b formation of the kamyshlovskoye field was performed using the volumetric method.

Keywords: oil, gas, reserves calculation, field, reservoir rock.

Введение

Объемный метод подсчета запасов играет огромную роль в нефтяной промышленности, так как он является одним из основных методов подсчета запасов и наиболее востребован, а так же на современном уровне научно-технического прогресса дает наиболее точные результаты. Он основан на определении объема порового пространства пород коллекторов, насыщенного нефтью.

Цель исследований – выполнить подсчёт запасов нефти и растворенного газа пласта ТЛ_{2б} Камышловского месторождения объемным методом

Геологические условия Камышловского месторождения нефти

Камышловского месторождения нефти расположено в юго-восточной части Пермского края в Октябрьском районе, в 100км к югу от областного центра. Ближайшая железнодорожная станция г. Щучье Озеро - в 5 км на восток. Речная сеть представлена рекой Уяс и притоками: Егашка и

Камышловка. Ближайшие разрабатываемые месторождения: Павловское в 5,5 км к западу и Одиновское в 2,5 км к северо-западу.

Камышловское месторождение нефти открыто в 1986 г., до 2003 г. находилось в консервации. В 70-80 гг. XX в. на территории юго-востока Пермского края были проведены: геологическая съёмка, магниторазведка, аэромагнитная съёмка, электроразведка, структурно-геологическая съёмка, радиометрия, гравиразведка, аэрогеологические исследования, сейсморазведочные работы, структурно-параметрическое бурение, глубокое поисково-разведочное бурение. Одновременно с глубоким бурением на площади проводилось структурное бурение, которым было подготовлено поднятие. По величине запасов относится к мелким. В разрезе месторождения выявлено 8 продуктивных пластов, каждый из которых является самостоятельным объектом разработки.

В тектоническом плане Камышловское месторождение приурочено к Таньпскому позднедевонскому погребённому атоллу, расположенному в северо-восточной части Башкирского свода на стыке с Юрюзано-Сылвинской депрессией. На территории установлены тектонические нарушения с преобладающим северо-западным направлением, контролирующим основные структуры района. По геодинамическим условиям месторождение находится в благоприятных условиях для накопления углеводородов [3, 5-8].

Геологический разрез месторождения Камышловское вскрыт поисково-разведочными скважинами на глубину 2295 м и представлен отложениями вендского комплекса, девонской, каменноугольной и пермской систем, перекрытыми четвертичными отложениями.

Из семи нефтегазоносных комплексов, выделяемых в разрезе осадочного чехла Пермского Прикамья на месторождении Камышловское промышленно нефтеносны: нижнее-средневизейский терригенный (пласты Тл₂₋₆, Бб₁ и Бб₂) и девонский терригенный (пласты Д₀ и Д₁). В результате поисково-оценочных работ на месторождении открыты залежи нефти в терригенных отложениях тульского (пласт Тл₂₋₆), бобриковского (пласт Бб₁ и Бб₂) горизонтов и нижнефранского яруса (пласты Д₁ и Д₀);

Построение структурных карт проведено по кровле проницаемой части пласта Тл 2б. При этом за основу принималась карта по отражающему горизонту П^к, построенная по результатам сейсморазведки с учётом данных бурения (рис. 1)

Отложения пласта Тл₂₋₆ представлены песчаником мелкозернистым алевритистым и слабо глинистым. В шлифе описан алевролит мелко-крупнозернистый песчаный с кальцитовым цементом до 10%, сложенный полуокатанными и угловатыми кварцевыми зёрнами, поры до 0.15 мм. По данным макроописаний, в составе нефтенасыщенной части пласта присутствуют песчаники мелкозернистые и средне-мелкозернистые, иногда известковистые, алевролиты крупнозернистые и разнозернистые, алевропесчаники.

По результатам анализа и расчетным данным отмечено, что тульская нефть имеет черты сходства с бобриковской. Давление насыщения, газосодержание и объемный коэффициент равны, но плотность и вязкость тульской нефти больше.

По своим свойствам нефти относятся к классу тяжёлых, смолистых, парафинистых.

Нефти месторождения Камышловское пригодны для производства парафинов, битумов, судового, тепловозного и котельного топлива, мазута.

Подсчёт запасов производился объемным методом. Метод применяется на любых этапах и стадиях работы месторождения. Он заключается в определении объёма порового пространства, заполненного нефтью определенных характеристик.

Обоснование выделения подсчётных объектов.

При построении структурной карты по пласту Тл 2-б были учтены все скважины, пробуренные на месторождении.

Для подсчета запасов нефти и газа принят объемный метод. Метод является наиболее универсальным и может быть проведен в любой момент работы месторождения.

Обоснование подсчётных параметров.

Подсчёт площади нефтеносности и объёма нефтяной части проводился по карте эффективных нефтенасыщенных толщин по двум зонам: чисто нефтяная зона – во внутреннем контуре нефтеносности; водонефтяная зона – между внутренним и внешним контурами нефтеносности. Перед измерением планиметром нужно определить цену деления планиметра. Для этого проводится измерение квадрата размером 10x10см (табл. 2).

Таблица 2

Определение цены деления планиметра

Прямой ход	Обратный ход
5774	7811
6791	6790
7811	5770
ср.=1018,5	ср.=1020,5

Из полученных данных вычисляется среднее значение планиметра.

Среднее значение =1019,5 единиц

Площадь квадрата сторонами 10см*10см в масштабе 1:25000 равна:

$$2500\text{м} \cdot 2500\text{м} = 6250000\text{м}^2 = 6250\text{тыс.м}^2$$

Определяется цена деления планиметра:

$$C = 6250 / 1019,5 = 6,13\text{тыс.м}^2.$$

Площадь залежи делиться на чисто нефтяную и водонефтяную. По этим зонам проводится подсчет запасов. На карте эффективных нефтенасыщенных толщин выделены площади ЧНЗ и площади ВНЗ, по каждой из них необходимо

произвести планиметрирование. Чисто нефтяные – это площади, которые находятся в пределах внутреннего контура нефтеносности. Водонефтяные – это площади, которые находятся между внутренним и внешним контурами нефтеносности.

После определения площади нефтеносности необходимо определить объем нефтяной части. Для этого необходимо по карте эффективных нефтенасыщенных толщин высчитать среднюю толщину нефтенасыщенной части по каждой площади (табл. 3).

Для подсчета запасов необходимы суммарные значения площадей и объемов нефтеносности.

Эффективная нефтенасыщенная толщина

Эффективная нефтенасыщенная толщина – это мощность проницаемого прослоя, заполненная нефтью или водонефтяной смесью.

Для подсчета запасов нефти применяют средневзвешанную толщину нефтенасыщенных прослоев. Эта толщину считается для каждой из частей залежи отдельно и для всей залежи в целом.

Средневзвешанную толщину определяется по формуле:

$$h_{\text{ср.вз.}} = \sum V / \sum S, \text{ где}$$

$\sum V$ – сумма объёмов зон;

$\sum S$ – сумма площадей.

$$h_{\text{ср.вз.чнз}} = 6,02 \text{ м}$$

$$h_{\text{ср.вз.внз}} = 2,47 \text{ м}$$

$$h_{\text{ср.вз.пласт}} = 2,96 \text{ м}$$

Таблица 3

Определение эффективной нефтенасыщенной толщ

Зона	№ площади	S, тыс. м ²	h ср., м	V тыс. м ³
ЧНЗ	I	755,522	5,4	4079,819
	II	355,54	6,5	2311,01
	III	257,46	7,5	1930,95
	IV	90,417	8,3	750,461
	V	252,862	4,85	1226,381
Всего по ЧНЗ	V	1711,801	h ср.вз. 6,02	10298,621
ВНЗ	1	15,325	8	122,6
	2	110,34	7,5	827,55
	3	194,627	6,5	1265,075
	4	588,48	5,5	3236,64
	5	1311,82	4,5	5903,19
	6	1563,15	3,5	5471,025
	7	1906,43	2,5	4766,075
	8	2252,775	1,4	3153,885
	9	2605,25	0,5	1302,625
Всего по ВНЗ	9	10548,197	h ср.вз. 2,47	26048,665
Пласт		12259,998	h ср.вз. 2,96	36347,286

Коэффициент пористости

Для подсчета запасов объемным методом применяют средневзвешенный коэффициент пористости ($K_{п.ср.вз}$). Расчет производится по значениям коэффициента пористости ($K_{пi}$):

$$K_{п.ср.вз} = \frac{\sum(h_i * K_{пi})}{\sum h_i}$$

$$\sum(h_i * K_{пi}) = h_1 * K_{п1} + h_2 * K_{п2} + \dots + h_n * K_{пn}$$

$$K_{п.ср.вз} = 17,54\%$$

h_i – мощность проницаемого прослоя;

$K_{пi}$ – коэффициент пористости в данном прослое;

$\sum h_i$ – суммированная мощность всех прослоев в пласте.

Полученный средневзвешенный коэффициент пористости выражается в процентах, в формулу подсчета запасов объемным методом необходимо значение, выраженное в десятых долях единицы: $17,54\% = 0,175$ доли единицы.

Коэффициент нефтенасыщения.

Для подсчета запасов объемным методом применяют средневзвешенный коэффициент нефтенасыщенности. Методика вычисления средневзвешенного коэффициента нефтенасыщенности аналогична методике вычисления средневзвешенного коэффициента пористости ($K_{н.ср.вз}$).

$$K_{н.ср.вз} = \frac{\sum(h_i * K_{ни})}{\sum h_i}$$

$$K_{н.ср.вз} = 80,23\%$$

h_i – мощность проницаемого прослоя, насыщенного нефтью;

$K_{ни}$ – коэффициент нефтенасыщения в данном прослое;

$\sum h_i$ – суммированная мощность всех нефтенасыщенных прослоев в пласте.

Средневзвешенный коэффициент нефтенасыщенности так же необходимо перевести в доли единицы: $80,23\% = 0,8$ доли единицы.

Плотность нефти

Для подсчёта запасов нефти месторождения Камышловское использовались значения плотности нефти (ρ_n), установленные в результате отбора и исследования глубинных проб. В соответствии с ними ρ_n для подсчёта запасов по пласту Тл2б принята величина $= 0,919 \text{т/м}^3$.

Пересчетный коэффициент от пластовых условий к поверхностным

Объемный коэффициент – 1,085

Пересчетный коэффициент из пластовых условий в поверхностные высчитывается через объемный коэффициент. Объемный коэффициент определяется в лаборатории при дегазировании пластовых проб.

Пересчетный коэффициент определяется по формуле:

$$\Theta = 1/b,$$

b – объёмный коэффициент

$$\Theta = 1/1,085 = 0,922$$

Подсчет запасов нефти

Сущность подсчета запасов объемным методом заключается в определении порового пространства породы-коллектора, насыщенного нефтью. Подсчет балансовых запасов ведется по следующей формуле:

$$Q_6 = S * h * K_n * K_{н} * \rho_n * \Theta$$

Q_6 – балансовые запасы, тыс. тонн;

S – площадь нефтеносности, тыс. м²;

h – средневзвешанная мощность по пласту, м;

K_n – средневзвешанный коэффициент пористости по пласту, доли ед.;

$K_{н}$ – средневзвешанный коэффициент нефтенасыщенности по пласту,

доли ед.;

ρ_n – плотность нефти, т/м³;

Θ – пересчетный коэффициент из пластовых условий в поверхностные (табл. 4).

Подсчет запасов растворенного газа

Подсчет запасов растворенного газа осуществляется следующим образом:

$$Q_r = Q_6 * G_c$$

где Q_r – запасы газа, тыс. м³;

Q_6 – запасы нефти, тыс. т;

G_c – газосодержание, м³/т.

Таблица 4

Авторский подсчет запасов нефти Камышловского месторождения

Пласт	Зона	S, тыс. м ²	h _{ср.вз.} , м	V тыс. м ³	K _{п.ср.вз.} д.ед.	K _{н.ср.вз.} д.ед.	ρ_n т/м ³	Θ	Запасы нефти, тыс. тонн
Тл 2-б	ЧНЗ	1711,801	6,02	10298,62	0,175	0,8	0,919	0,922	1222,43
	ВНЗ	10548,197	2,47	26048,66					3090,649
	Пласт	12259,998	2,96	36347,28					4304,836

Подсчёт запасов попутного газа проведён по величине газосодержания (начальный газовый фактор в пластовых условиях), которое для пластов и залежей принято по результатам исследования глубинных проб и равно 27,8 м³/т.

$$Q_r = 4304,836 * 27,8 = 119674,4408 \text{ тыс. м}^3.$$

Заключение

В результате проведенной работы была изучена стратиграфия и литология геологического разреза Камышловского месторождения, выделены коллектора. Для подсчёта запасов нефти и растворённого газа пласта Тл_{2б} были определены подсчётные параметры: площадь нефтеносности по планиметру равная 12260 тыс. м²; эффективная нефтенасыщенная толщина по комплексу ГИС h_{ср.вз.} = 2,96 м; пористость по гамма каротажу которая составила 17,54%; нефтенасыщенность 80,23%; газосодержание равное 27,8 м³/т определено в результате исследования глубинных проб. По определённым подсчётным параметрам подсчитаны запасы нефти и растворённого газа объёмным методом

по пласту Тл2б месторождения Камышловского которые составляют 4304,836 тыс.т. нефти и 119674,4408 тыс.м³ растворённого газа.

Библиографический список

1. Абрикосов И.Х., Гутман И.С. *Общая, нефтяная и нефтепромысловая геология*. М.: Недра, 1982.
2. Габриэлянц Г.А. *Геология нефтяных и газовых месторождений*. М.: Высшая школа, 1981.
3. 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.*
4. Копылов И.С. и др. *Геологический отчёт по Жуковской площади*. ООО «ПермНИПИнефть». 2008.
5. Копылов И.С. *Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.*
6. Копылов И.С. *Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.*
7. 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.*
8. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.*
9. Латышева М.Г., Тузов В.П., Вендельштейн Б.Ю. *Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин*. М.: Недра 1975.
10. Латышева М.Г. и др. *Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин*. М.: Недра, 1990. 312 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧАГОВОГО ЗАВОДНЕНИЯ НА ЗАЛЕЖИ НЕФТИ БАШКИРСКОГО ЯРУСА КЛЯНЧУХСКОГО ПОДНЯТИЯ (ЧЕРЕМУХОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

Изучены геологическое строение, нефтеносность и геолого-физические характеристики башкирского объекта Клянчухского поднятия. Проведен анализ геолого-промысловых данных на основе обработки промысловой информации. Сделан анализ выработки запасов. Предложены рекомендации по совершенствованию системы разработки.

Ключевые слова: клянчухское поднятие, карбонаты, коллекторы, башкирский ярус, закачка, нагнетательная скважина, пласт, давление, очаг заводнения.

L.D. Usmanova

TPP «TatRITEKoil» JSC «RITEK», Nurlat, Republic of Tatarstan, Russia

RESULTS FOCAL WATERFLOODING ON OIL DEPOSITS OF THE BASHKIR TIER BLENCOGO RAISE (CHEREMUHOVSKOE FIELD, RT)

The geological structure, oil-bearing capacity and geological and physical characteristics of the Bashkir object of the Klyanchukhsky uplift were studied. The analysis of geological and field data on the basis of processing of field information is carried out. The analysis of production of stocks is made. Recommendations for improving the development system are proposed.

Keywords: clean-cache raising, carbonates, reservoirs, Bashkirian, injection, injection well, reservoir, pressure, water-flooding source.

Введение

Анализ очагового заводнения на нефтяных залежах является одной из важнейших задач по совершенствованию системы разработки нефтяных месторождений Татарстана.

Цель работы: анализ очагового заводнения на залежи нефти башкирского яруса Клянчухского поднятия. Для достижения поставленной цели выполнялись задачи:

- изучение геологического строения, нефтеносность и геолого-физические характеристики башкирского объекта Клянчухского поднятия;
- анализ геолого-промысловых данных;
- обработка промысловой информации;
- анализ выработки запасов;
- рекомендации по совершенствованию системы разработки.

Автором построены геологический профильный разрез, схема корреляции разрезов скважин, многочисленные графики, отражающие динамику показателей разработки, как по участкам (зонам), группам скважин и

отдельным скважинам. Это позволило получить достаточно детальную картину отражения (влияния) очагов заводнения на характер выработки запасов. Установлено опережающие продвижения закачиваемой воды по определенным направлениям. Комплексный анализ промысловых данных позволил предположить, что это связано с проявлением зон трещиноватости карбонатных пород, во многом совпадающих с направлением планетарной и региональной трещиноватостью [3-11].

Выполнение всех перечисленных работ было осуществлено с использованием опубликованной литературы, а также фондовых материалов ТПП «ТатРИТЭКнефть» ОАО «РИТЭК» [1, 2, 12].

Геологические и промысловые условия

Черемуховское месторождение находится на землях Новошешминского района Республики Татарстан, в 7,5 км к юго-западу от районного центра (рис. 1).

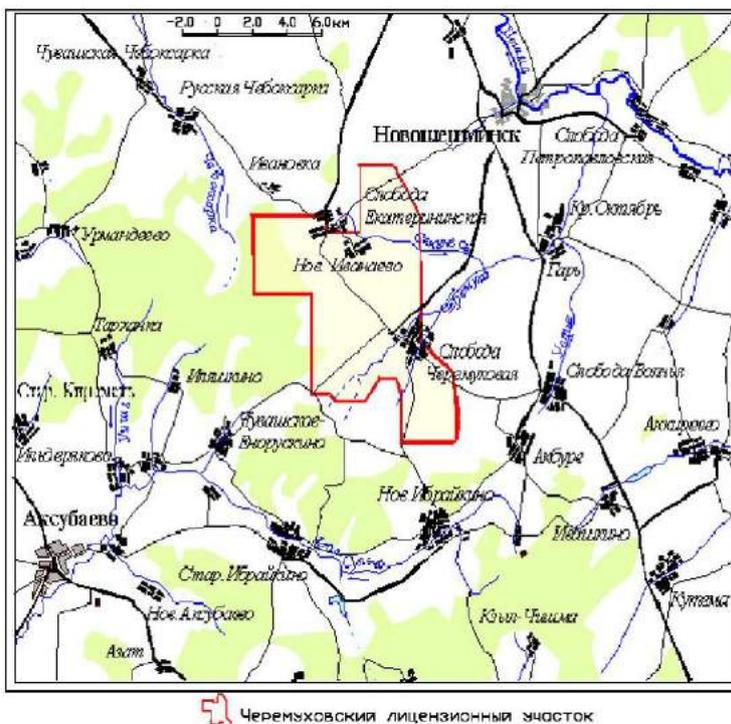


Рис. 1. Обзорная схема Черемуховского месторождения нефти

В региональном тектоническом плане Черемуховское месторождение нефти располагается на восточном борту Мелекесской впадины (рис. 2). В геологическом строении Черемуховского месторождения принимают участие докембрийские, девонские, каменноугольные, пермские, неогеновые и четвертичные отложения. Нефтеносность приурочена к каменноугольному комплексу. Каменноугольный нефтегазоносный комплекс условно делится на две части: первая часть представлена отложениями московского и башкирского ярусов среднего карбона, вторая – отложениями кожимского надгоризонта и турнейского яруса нижнего карбона.

башкирского яруса. В этом плане данный объект не является уникальным. Доля коллекторов 0,33. Коэффициент расчленённости данной залежи 8,8.

Выделяются различные структурно-генетические типы известняков. Обычно коллекторы представлены двумя типами: 1) известняковые раковинные песчаники, известняки биоморфные, обломочные, комковатые, оолитовые; 2) известняки сгустковые, мелкофорамениферово-сгустковые.

Здесь применилось инновационное технологическое освоение залежи. Оно заключалось в бурение скважин с вскрытием продуктивных пластов на депрессии [2].

Первые скважины на Черемуховском месторождении (Клянчухское поднятие), пробуренные во второй половине 2002 г. на депрессии, показали аномально высокие дебиты. Это стало основанием для продолжения бурения скважин с вскрытием продуктивных пластов на депрессии [1].

Методика и результаты исследований

Анализ и обобщение результатов бурения скважин на депрессии на Черемуховском месторождении показали, что по башкирским отложениям начальные усредненные за первые 6 месяцев работы скважин дебиты выше, чем для базовых скважин в 3 раза (табл. 1) [12].

Таблица 1

Показатели работы скважин, пробуренных со вскрытием продуктивного горизонта на депрессии

№ скважины	Дебит нефти, т/сут	Динамический уровень, м	% Воды	Депрессия при вскрытии, МПа
5424	11,4	600	4	1,0
5420	14,3	740	4,6	2,0
5419	8,6	749	6	4,0
5414	11	652	4	2,0
5425	15,3	768	4	1,2-2,7
5426	12,8	711	3	3,5
5418	9,6	768	4	1,5-2,0
5429	12,2	872	4	2,5-4,0
5430	18,2	781	5	2,5-4,0
5431	8,8	577	3	2,7-3,0
5415	7,1	683	3	3,7-4,0
5416	9,5	708	3	3,5-4,0

Проведен подробный анализ промышленных данных полученных от нефтепользователей, который показал следующее. Давление в целом падало. В районе очагов заводнения с 2004 г. по 2006 г. давление снизилось на 0,24 МПа, в результате в результате значительного превышения объема добытой жидкости над объемом закачанной воды с начала разработки залежи, но к 2008 г. оно стабилизировалось. Была рассчитана накопленная компенсация по

зонам влияния очагов заводнения. Было выделено 2 ряда. Один из графиков (динамика обводненности и дебитов жидкости второго ряда очага заводнения 5602) показан на рис. 3.

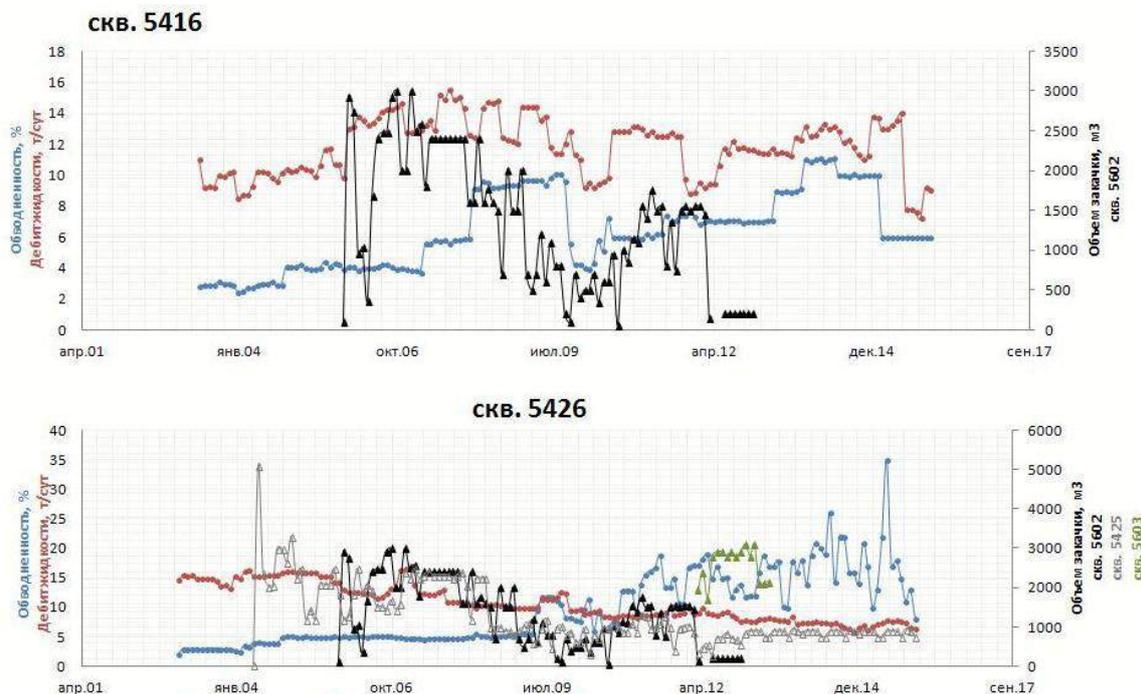


Рис. 3. Анализ результатов очагового заводнения на Клянчухском участке

По скв. 5420 данные разделили пополам. Почти 100% компенсация на северо-западе, в районе ОЗ 5413, но здесь скважины приконтурные. В купольной части накопленная компенсация составила 78%. А на восточной периферии залежи, очаг 5602, всего 29%. Но, не смотря на это, давление в краевых скважинах стабилизировалось. Эти скважины как показал анализ, не испытывают влияния от работы нагнетательной скважины, при этом скважины обводняются пластовой водой. Это позволило сделать вывод о том, что здесь происходит замещение нефти законтурной и подошвенной водой.

Как оказалось направление опережающего продвижения закачиваемой воды во многом совпадает с направлениями планетарной и региональной трещиноватости, характерной для крупных тектонических структур Волго-Камского и Приуральского регионов [3-11] (рис. 4, 5).

Заключение

По геолого-промысловым данным выполнен анализ результатов очагового заводнения на Клянчухском участке Черемуховского месторождения нефти. Были выявлены направления фильтрации закачиваемой воды. Обнаружено, что за счет подтока краевых вод восстанавливается давление в скважинах, на которые нет влияния от очагов заводнения. Были привлечены анализы воды. Также была выявлена зависимость плотности воды от закачиваемой и подошвенной, а также законтурной.

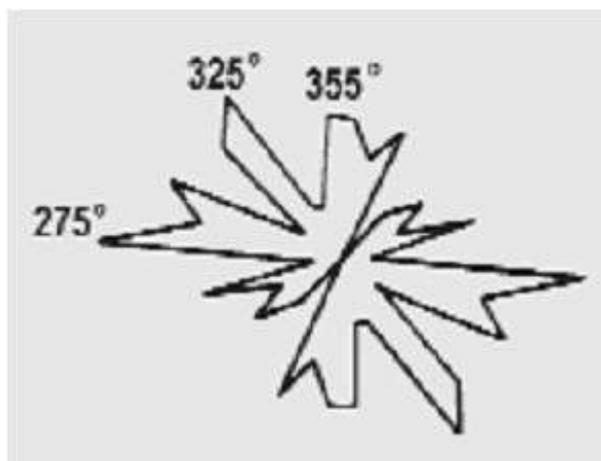


Рис. 4. Диаграмма-роза трещин в карбонатных пластах башкирского яруса (по данным искривления стволов вертикальных скважин [11])

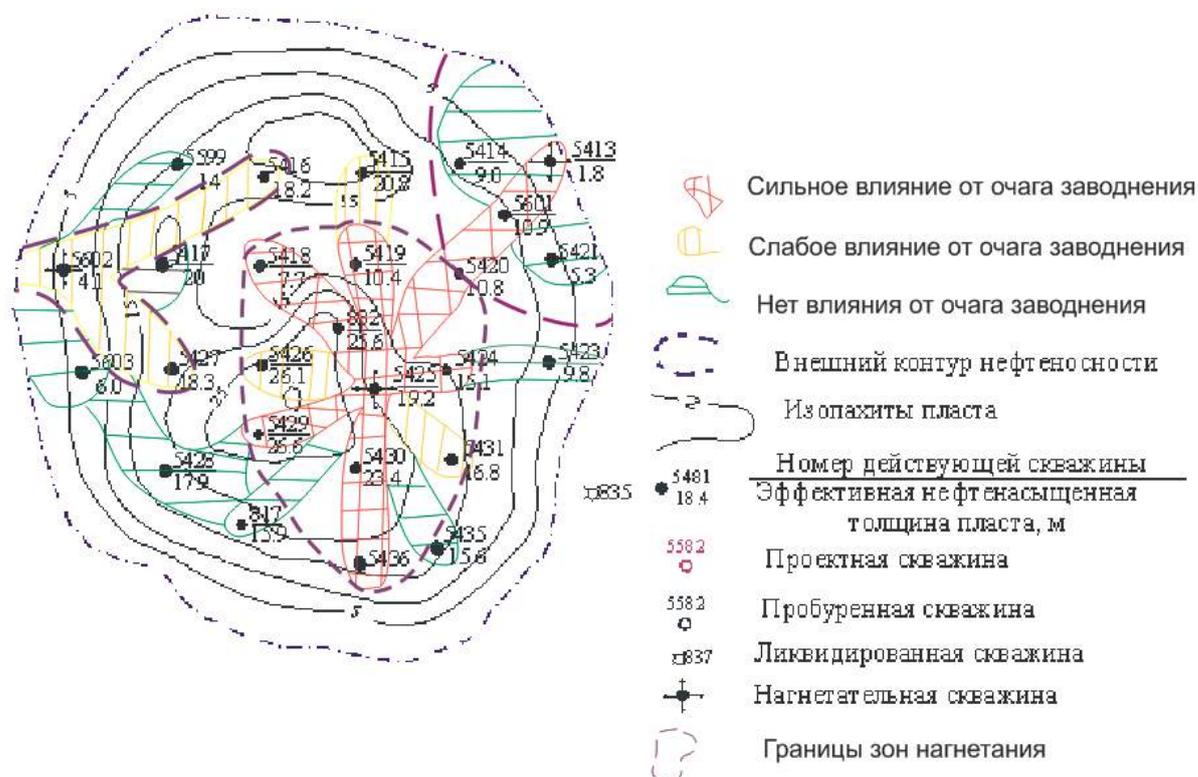


Рис. 5. Направление опережающего продвижения закачиваемой воды

Недокомпенсация отбора жидкости с закачкой воды следует признать целесообразной и сохранить данный подход к эксплуатационному объекту.

Тем не менее, считаем, что можно несколько улучшить характер вытеснения закачиваемой водой путем перевода активно реагирующих на закачку добывающих скважин на циклический режим.

Исходя из полученных результатов комплексного анализа промышленных данных, нами **рекомендуется следующее:**

- продолжение работы очаговых скважин с недокомпенсацией отбора закачки

- для борьбы с непроизводительными объемами закачиваемой воды, добывающие скважины, активно реагирующие на закачку, переводить на циклический режим: запускать их в эксплуатацию в циклы простоя нагнетательных скважин. К таким скважинам отнесем: 832, 5418, 5419, 5420, 5424, 5429, 5430, 5601

Библиографический список

1. Грайфер В.И., Дияшев Р.Н., Якимов А.С. Бурение скважин с вскрытием продуктивных пластов на депрессии: опыт ОАО «РИТЭК» в Татарстане. 2006.
2. Дияшев Р.Н., Агзамов Ф.А., Крысин Н.И., Василюк Т.Н. Анализ технологического процесса при вскрытии пластов на депрессии и освоения скважины. Отчет «ССП УГНТУ ХНИЛ «Бурение», Бугульма, 2006.
3. 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.
4. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
5. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
6. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
7. 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.
8. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
9. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
10. 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.
11. Мухаметшин Р.З. Геологические основы эффективного освоения и извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. М.: ИГиРГИ, 2006. 52 с.
12. Разуменко В.Е. Дополнение к технологической схеме разработки Черемуховского месторождения. Москва, 2012.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НОРИЛЬСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Изучены особенности геологического строения месторождений медно-никелевых руд Норильского района и его петрофизических особенностей, вычислены наборы трансформант гравитационного поля с использованием компьютерной технологии, базирующейся на истокообразной аппроксимации, построены карты изоаномал гравитационного поля и карты остаточных аномалий гравитационного поля, модуля полного горизонтального градиента и гравитационного эффекта от псевдогоризонтального слоя.

Ключевые слова: истокообразные аппроксимации, медно-никелевые руды, Норильск, Красноярский край.

A.O. Ustinov

Perm State University, Perm, Russia

APPLICATION OF TRANSFORMATION OF GRAVIMETRIC DATA FOR REFINING THE GEOLOGICAL STRUCTURE NORILSK ORE DISTRICT

The features of the geological structure of the deposits of copper-nickel ores of the Norilsk region and its petrophysical features were studied, sets of transformants of the gravitational field using computer technology based on source-like approximation were calculated, maps of the isoanomalies of the gravitational field and maps of residual anomalies of the gravitational field, the module of the full horizontal gradient and gravitational effect were constructed from the pseudo-horizontal layer.

Keywords: source approximations, copper-nickel ores, Norilsk, Krasnoyarsk territory.

Введение

В настоящее время, когда идет совершенствование математической геофизики, происходит отказ от идеализированных теоретических представлений, лежащих в основе широко используемых методов преобразования физических полей. При различных геофизических исследованиях всегда нужно пересчитывать потенциальные поля, которые осложнены фоном разного происхождения и которые были измерены в пределах ограниченного по размерам участка, криволинейной границе Земля – воздух, в точках нерегулярной сети. В гравиразведке назрела проблема создания таких алгоритмов и программ, которые были бы ориентированы на решение задач интерполяции (восстановления значений полей в узлах регулярной сети) и трансформации (преобразования наблюдаемых параметров в другие функции) геофизических полей с учетом реальных условий полевых наблюдений.

Очень эффективно использовать для этой цели аппроксимационный подход, а точнее – аппроксимации внешних элементов потенциальных геофизических полей системой истокообразных функций, которые представляют из себя поля эквивалентных источников [2, 3].

Цель: построение трансформаций аномалий силы тяжести с использованием эквивалентных источников на примере Норильского рудного района для уточнения его геологического строения.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью уточнения перспектив рудоносности в данном районе, где располагаются уникальные медно-никелевые месторождения (Талнах и др.).

Для вычисления трансформант гравитационного поля и пересчёта его на горизонтальные плоскости разных высот использовалась программа APPG. Результаты работ представлены в виде карт изолиний.

Краткая характеристика геологических условий Норильского рудного района

Норильский рудный район расположен на северо-западной части Сибирской платформы, в зоне краевых дислокаций и обладает повышенной мобильностью. Толща земной коры (глубина залегания поверхности Мохо) составляет 42-48 км, из них 34-40 км - это сложнодислоцированные толщи метаморфитов гранулитовой и амфиболитовой фаций AR и PR возраста (основание платформы) и 8-18 км - дислоцированные и слабометаморфизованные осадочные и вулканогенные толщи R - V - фанерозоя (плитный чехол платформы).

Основание платформы разбито на многочисленные разломы, которые хорошо фиксируются линеаментами по аэрокосмогеологическим данным [4, 5].

Норильский и Талнахский рудные узлы находятся в плитном чехле платформы. Талнахский рудный узел образует терригенные (возраст: R; мощность примерно 2.5 км), ангидрит-карбонатно-терригенные (возраст: от R3 до C; мощность примерно 5.5-9 км), угленосную карбонатно-терригенную толщу (возраст: C – P; мощность примерно 0,5 км), платобазальты (возраст: P2 - T1; мощность достигает 4 км). Ангидрит-карбонатно-терригенные толщи (возраст: PZ1 – 2) являются пестроцветными. Толщи ангидритов содержат линзы каменной соли, калийных солей, линзы рассолов, пятна нефтидов.

Плутогенная магматическая сульфидная формация является ведущей в Норильском рудном поле. Она образовалась в результате накопления продуктов кристаллизации сульфидных расплавов Co-Ni-Cu-Fe состава и значительно реже Pb-Co-Ni-Cu-Fe состава - дифференциатов рудоносных интрузивов оливиновых и пикритовых габбро-долеритов норильского типа. Магматическая сульфидная Co-Ni-Cu формация обогащена благородными металлами - Pd, Pt, Ag, Au, менее обогащена - Rh, Os, Ir, Ru [6]. На рис. 1. Представлена геологическая модель геоплотностного разреза Норильского района.

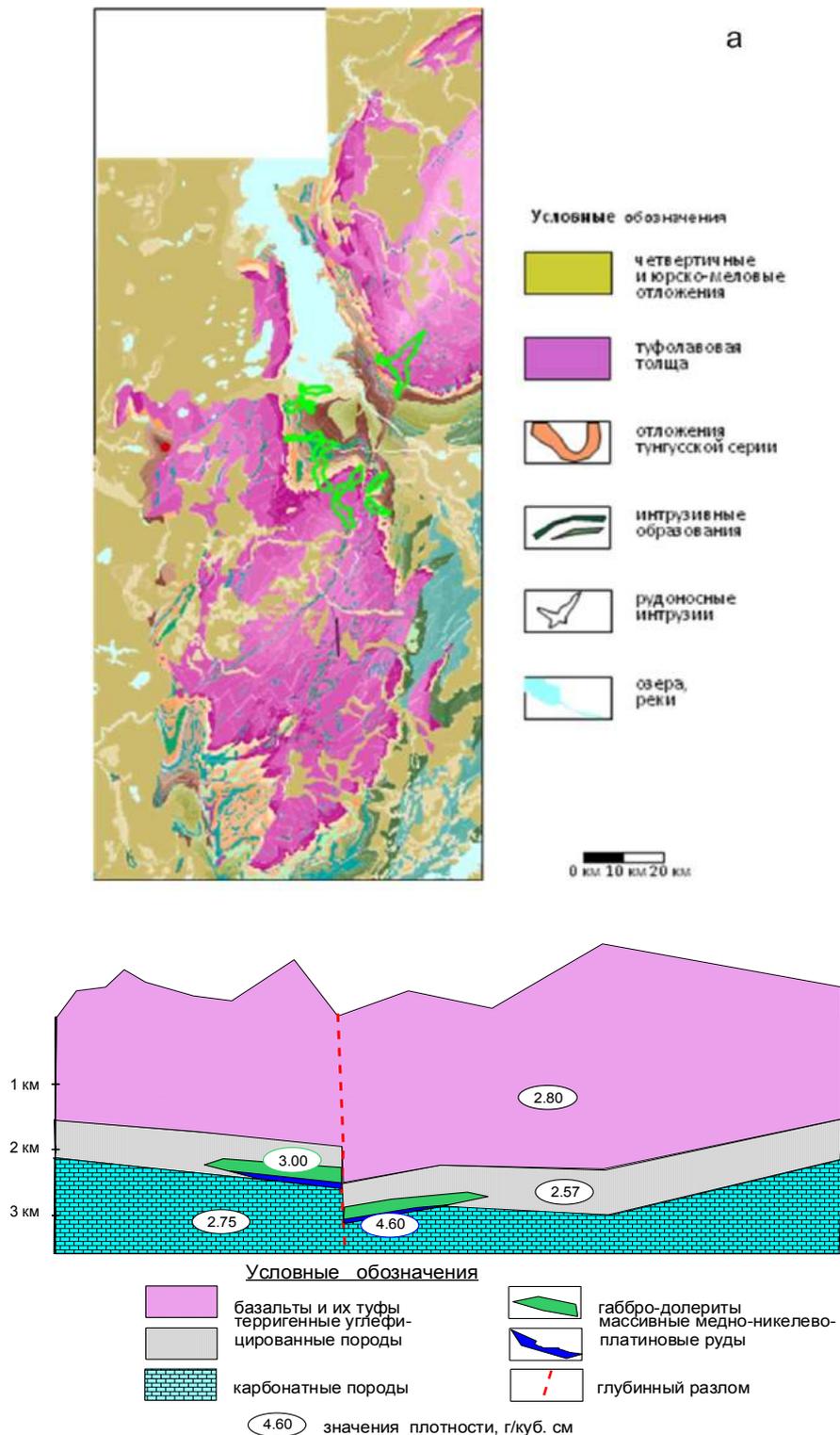


Рис. 1. Модель геоплотностного разреза Норильского района (а – схематическая геологическая карта, б – схематический геологический разрез)

Теоретические основы трансформации потенциальных полей с использованием эквивалентных источников

В гравиметрии существует 4 формы аналитических аппроксимаций: полевые метрологические аппроксимации; полевые интерпретационные аппроксимации; аппроксимации распределений физических параметров, которые создают аномальные поля; аппроксимации отношений между частями

полей или между самими полями и распределением параметров среды, ответственных за поле [7, 8]. В первом случае аппроксимация делается без привлечения дополнительной априорной информации о природе данных полей, либо делается при самом маленьком ее объеме. Во втором случае процесс аппроксимации предполагает значительное количество априорных представлений об аномальных объектах, что делает возможным решать широкий круг задач, в том числе и обратных [9].

Теоретически полевые метрологические аппроксимации основаны на свойстве единственности гармонических функций: «если две гармонические функции совпадают на замкнутой поверхности, то они совпадают везде внутри нее. Гармоническая функция целиком и полностью определяется своими значениями на замкнутой поверхности» [1].

Единые принципы реализации аппроксимационного подхода:

- начальное потенциальное поле $U(x, y, z)$ аппроксимируется полем $U^*(x, y, z)$, за счет некоторого набора источников;
- выбранный набор источников должен быть описан небольшим количеством параметров, которые определяют физико - геометрические характеристики тел, и в то же время должен обеспечивать высокую степень близости полей $U(x, y, z)$ и $U^*(x, y, z)$;
- все следующие преобразования поля сводятся к решению прямой задачи от аппроксимационной конструкции в произвольно заданных точках, лежащих вне источников поля.

Истокообразные аппроксимации полей могут строиться как с использованием эквивалентных моделей геологической среды, так и с использованием адекватных и смешанных моделей [7, 8]. Различия данных моделей между собой состоят в степени соответствия используемых модельных представлений реальным природным соотношениям.

- Адекватная модель - модель, где с высокой точностью осуществляется аппроксимация распределения плотности в изучаемом объеме геологической среды. Данная модель устанавливает нужную степень близости наблюдаемого и модельного полей и решение целевой задачи интерпретации.
- Эквивалентная модель - модель, которая не обеспечивает аппроксимации распределения плотности в среде, но всегда устанавливает нужную степень близости полей.
- Смешанная модель - модель, которая устанавливает нужную степень близости полей и аппроксимацию естественного распределения плотности по объему среды, что позволяет решить целевую задачу интерпретации.

Несомненно, что эквивалентные модели в общем случае являются менее геологически информативными, чем адекватные и смешанные модели. Приведенные выше принципы реализации аппроксимационного подхода ориентированы, в первую очередь, на построение смешанных моделей среды. Безусловно, полное соблюдение этих принципов позволяет осуществлять не только разнообразные преобразования полей, но и получать полезную дополнительную информацию о возмущающих объектах по параметрам самой

модели, в частности - о гармонических моментах тел. Так же есть целый ряд задач, направленных на преобразование геофизических полей (в частности - трансформация), при решении которых построение модели среды есть лишь средство, а не цель интерпретации. Оптимальным решением для реализации такого рода задач в виде компьютерных программ представляется использование именно эквивалентных моделей среды.

В практике интерпретации фактор размерности задач очень важен: обычно, при исследовании одного объекта размер данных составляет десятки тысяч, а иногда первые сотни тысяч точек задания поля. Вычислительные процедуры, необходимые для построения адекватных и смешанных моделей среды являются более сложными, чем процедуры, использующиеся при построении сеточных эквивалентных моделей. В первом случае так или иначе необходимо формализовать некоторую геологическую гипотезу об источниках поля (определить их количество и наметить пространственное расположение) и ввести набор ограничений на параметры этих источников. Подбор поля $U^*(x, y, z)$ во многих точках относительно небольшим числом аномалий предполагает изменение пространственного положения и геометрии источников в процессе решения задачи. Нелинейная обратная задача сводится к решению последовательности СЛАУ. Применительно к реальным задачам геологоразведочной геофизики. В данном случае возникает задача решения СЛАУ больших и сверхбольших размеров со сложной помехой на правой стороне, что требует разработки специальных вычислительных методов [2].

Результаты трансформации поля силы тяжести

Определение распределения аномальной плотности в субгоризонтальном слое горных пород по заданному полю может рассматриваться как один из способов трансформации поля с целью устранения влияния разнорельефности точек наблюдений.

Исходное гравитационное поле, заданное на дневной поверхности может быть преобразовано в функцию аномальной плотности при заданных параметрах субгоризонтального слоя при решении линейной обратной задачи гравиразведки. В данном случае, использовались следующие параметры слоя: кровля слоя совпадала с рельефом земной поверхности, а его подошва представляла собой горизонтальную плоскость с абсолютной отметкой 5000, 10000 и 15000 метров ниже уровня моря. В процессе решения обратной задачи гравиразведки слой разбивался на плотную упаковку, состоящую из прямоугольных призм, непересекающихся, но соприкасающихся друг с другом боковыми гранями. Значение плотности в каждой призматической ячейке принималось постоянным, а размеры ее основания отвечали сети цифровой модели гравитационного поля и составляли $\Delta X = \Delta Y = 100$ метров.

Трансформация значений гравитационного поля в значения аномальной плотности в слое позволяет избавиться от эффекта разнорельефности и, одновременно, сохранить информацию о локальной составляющей поля силы тяжести. В то же время функцию плотности не следует рассматривать как истинное распределение плотности горных пород в заданном интервале глубин

геологического разреза, поскольку наблюдаемое поле содержит суммарное гравитационное влияние плотностных неоднородностей, залегающих на различных глубинах. Функция плотности и результаты ее дальнейших преобразований использовались в процессе качественной интерпретации результатов гравиметрической съемки (рис. 2).

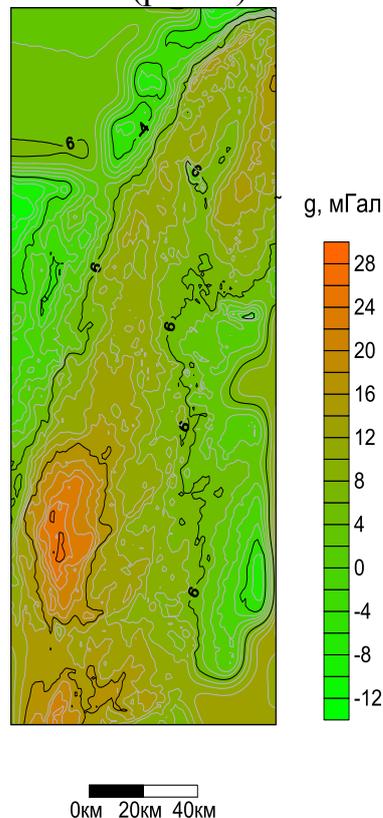


Рис. 2. Карта изоаномал наблюдаемого гравитационного поля Δg Норильского района

Гравитационное поле Δg на высотах 5, 10 и 15 км

Построены цифровые модели поля, восстановленного на высоте 5 км, 10 км, 15 км. Аномальная зона, которая начинается на северо-востоке и идет по диагонали на юго – запад, идет увеличение аномалии от 5 до 17 мГал. Каждая из этих карт отражает влияние преимущественно глубинных геоплотностных неоднородностей, т.к. гравитационные эффекты от малоуглубинных объектов (1-2 км примерно) на таких высотах существенно затухают.

Разностные аномалии на высотах 5, 10 и 15 км

Построены цифровые модели разности исходного поля с полем, которое было восстановлено на высоте 5 км, 10 км, 15 км (остаточные аномалии). Эти аномалии отражают влияние, в первую очередь, сравнительно близповерхностных объектов (порядка 1-3 км) (рис.3).

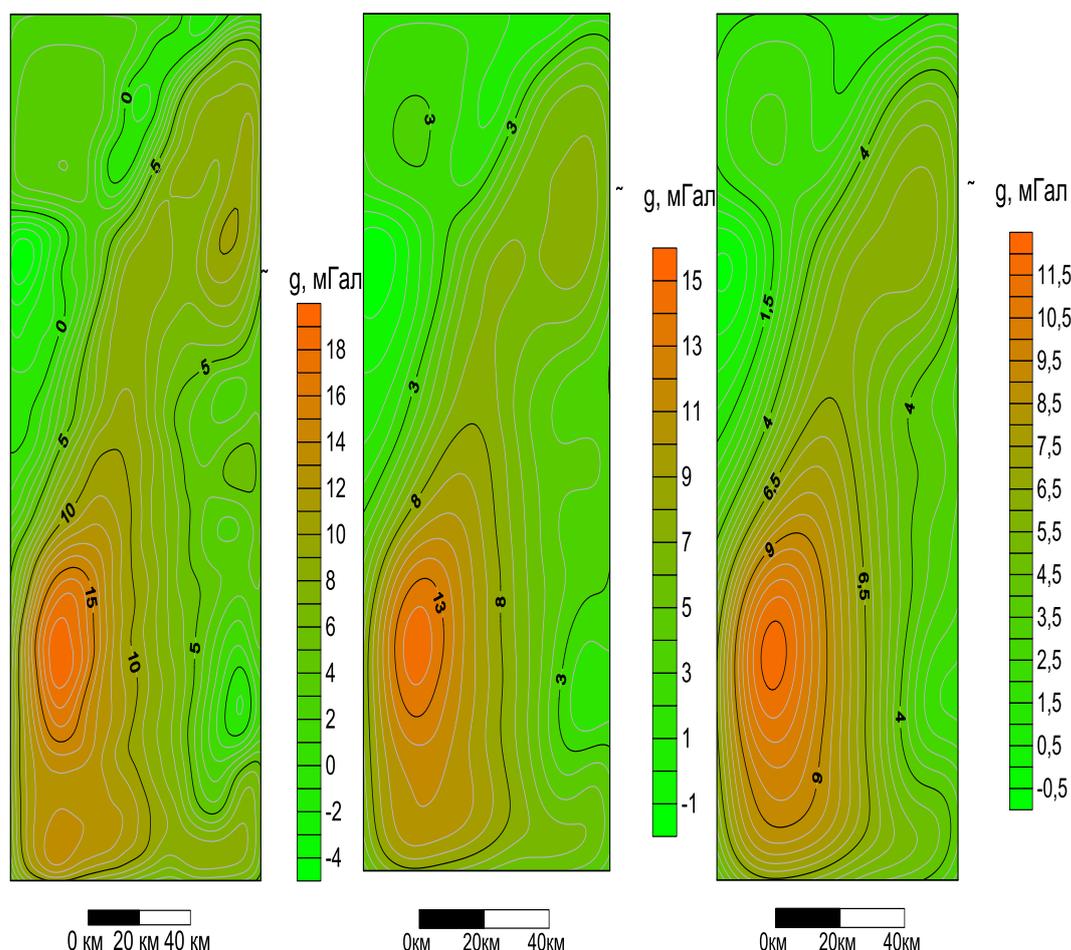


Рис. 3. Карты изоаномал гравитационного поля на высоте 5, 10 и 15 км (слева на право соответственно)

Разностные аномалии на высотах 5, 10 и 15 км

Построены цифровые модели разности исходного поля с полем, которое было восстановлено на высоте 5 км, 10 км, 15 км (остаточные аномалии). Эти аномалии отражают влияние, в первую очередь, сравнительно близповерхностных объектов (порядка 1-3 км) (рис.4).

Модуль полного горизонтального градиента на высоте 2 км

Вычисление горизонтальных градиентов помогает локализовать границы геоструктур и отдельные разломы. Наиболее ярко выделяющимся элементом геоплотностного разреза Норильского района является крупная глубинная дугообразная зона повышенной плотности горных пород, имеющая северо-северо-восточное простираие. Предположительно данная зона является глубинным каналом, контролирующим процессы глубинного интрузивного магматизма, связанного с мантией (рис.5).

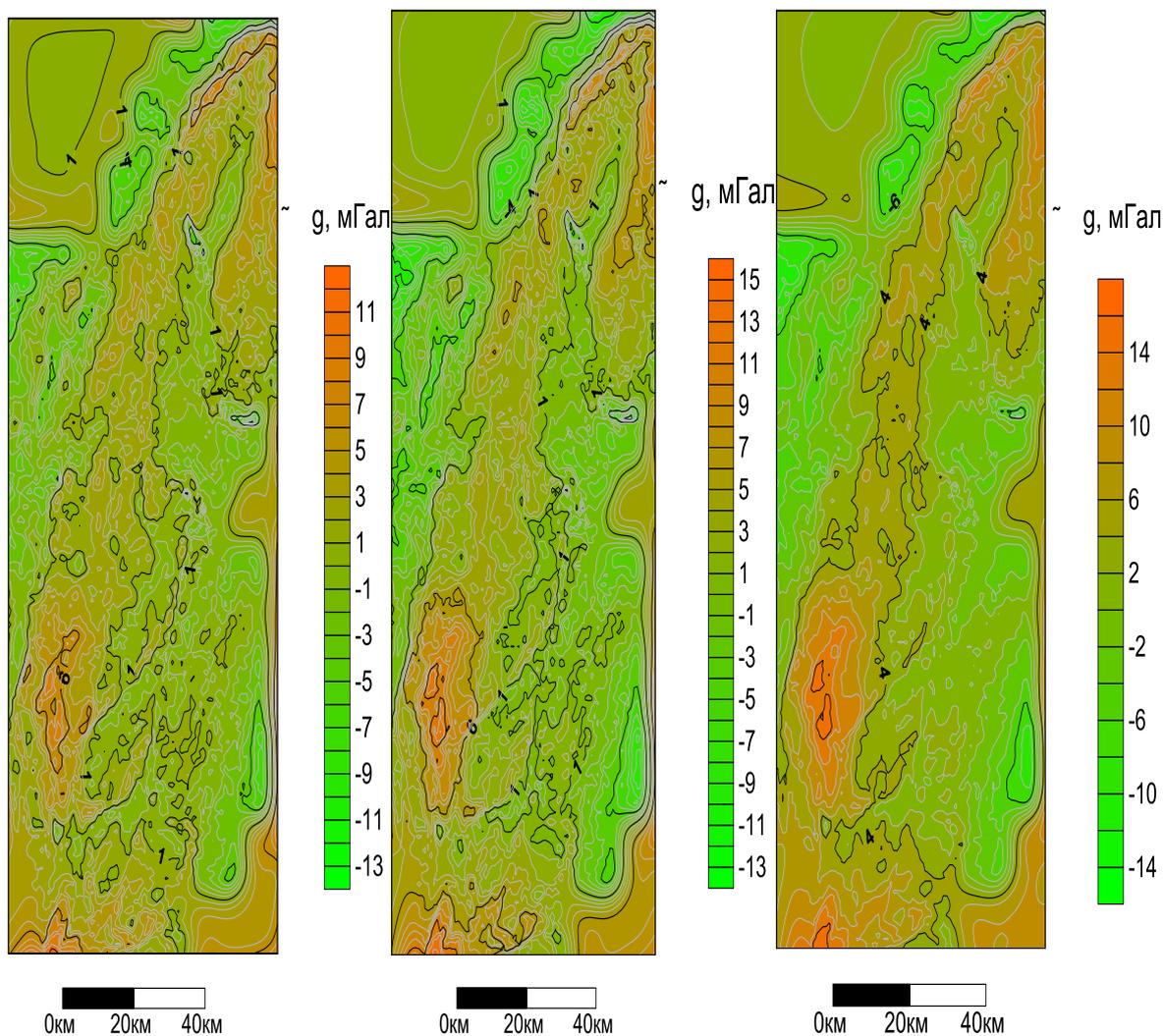


Рис. 4. Карты остаточных аномалий гравитационного поля на высотах 5, 10 и 15 км (слева на право соответственно)

Гравитационный эффект псевдогоризонтального слоя с глубинами кровли 2 км, подошвы - 5 км

В первом приближении в качестве гравитационного эффекта от горизонтального слоя горных пород можно принять разность полей H_1 - H_2 на двух высотах H_1 и H_2 . Меньшее значение высоты H_1 примерно отвечает кровле слоя, большее H_2 - его подошве.

На карте показан гравитационный эффект псевдогоризонтального слоя при $H_1 = 2$ км, $H_2 = 5$ км. Выявленные таким образом локальные положительные аномалии силы тяжести с амплитудой от 1.5 мГал и выше отвечают крупным геоплотностным неоднородностям магматической природы. Эти аномалии являются потенциально перспективными на обнаружение медно-никелевых руд (рис. 6).

Граница между Енисей-Хатангским прогибом
и Тунгусской синеклизой

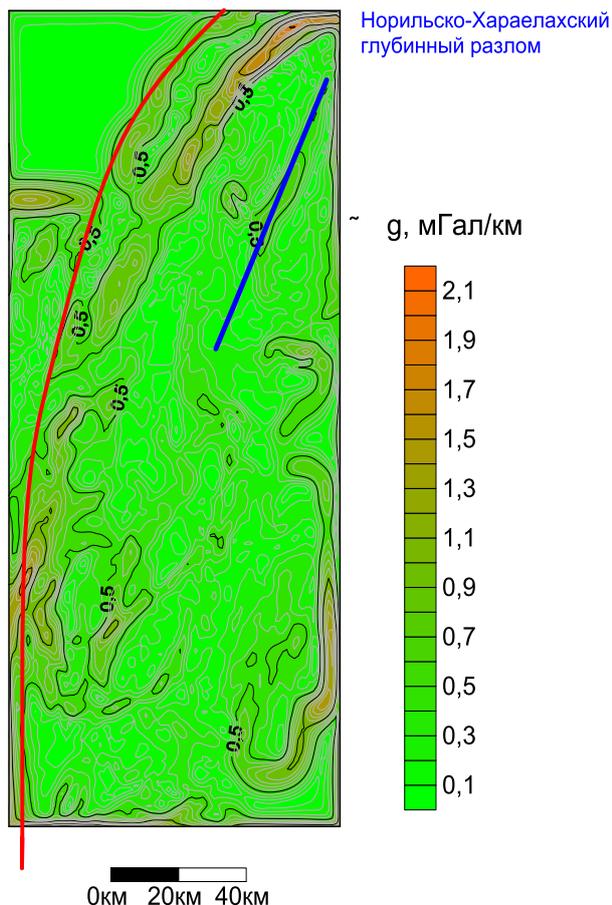


Рис. 5. Модуль полного
горизонтального градиента
на высоте 2 км

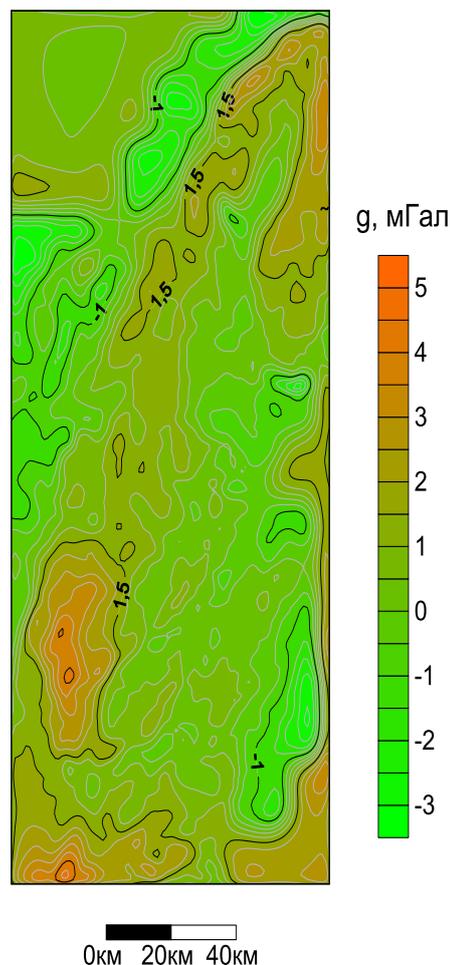


Рис. 6. Гравитационный эффект
псевдогоризонтального слоя с
глубинами кровли 2 км, подошвы - 5
км

Выводы

В результате исследований помощью векторного сканирования получены сведения о пространственном распределении плотностных неоднородностей геологического разреза и глубинном строении исследуемой территории.

По особенностям трансформант геофизических полей прослежена граница между Енисей – Хатангским прогибом и Тунгусской синеклизой, которая имеет северо – северо – восточное направление и выделен Норильско – Хараелахский глубинный разлом, который протягивается вдоль северного и западного фаса Хараелахской трапповой мульды (ХТМ) и западного фаса Норильской трапповой мульды (НТМ), а также уточнены перспективы территории на обнаружение месторождений медно-никелевых руд.

Дальнейшие исследования по уточнению геологического строения Норильского рудного района предполагаются провести комплексированием геофизических данных с данными дистанционного зондирования и линеаментно-геодинамического анализа [5, 10].

Библиографический список

1. Булах Е.Г., Шуман В.Н. Основы векторного анализа и теория поля. Киев: Научн. Думка. 1998.
2. Долгаль А.С. Компьютерные технологии обработки и интерпретации данных гравиметрической и магнитной съемок в горной местности. Абакан, ООО «Фирма-МАРТ», 2002. 188 с.
3. Долгаль А.С., Калинин Д.Ф., Олешкевич О.И., Симонов О.Н. Применение компьютерных технологий интерпретации геопотенциальных полей при прогнозировании платино-медно-никелевого оруденения // Разведка и охрана недр. 2006. № 8. С. 57-65.
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. 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.
6. Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы норильского рудного поля. Москва, МГУ, 2010.
7. Страхов В.Н. Главнейшая задача в развитии теории и практики интерпретации потенциальных полей в начале XXI века – разрушение господствующего типа мышления. Геофизика. 2001.
8. Страхов В.Н. Разрушение господствующего стереотипа мышления - главнейшая задача в развитии теории и практики интерпретации потенциальных полей (гравитационных и магнитных аномалий) в начале XXI века. РАН, Объед. ин-т физики Земли им. О. Ю. Шмидта. М.: ОИФЗ РАН, 2000. 44 с.
9. Страхов В.Н. Третья парадигма в теории и практике интерпретации потенциальных полей (гравитационных и магнитных аномалий). Ч. III, ОИФЗ РАН, 1998.
10. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.

Р.А. Шушаков

Пермский государственный научный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

КАЛИЕНОСНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

Приведена характеристика калиеносных отложений Тюбегатанского месторождения солей. Изучены структурные и текстурные особенности солей. Исследования подтверждают обедненность бромом сильвинитовых пород Тюбегатанского месторождения

Ключевые слова сильвинит, каменная соль, калийные соли, бром, Тюбегатанского месторождения солей, Узбекистан.

R.A. Shushakov

Perm State University, Perm, Russia

POTASSIUM DEPOSITS OF TUBEGATAN SALT DEPOSIT

The characteristic of potassium-bearing deposits of the Tyubegatan salt deposit is given. Structural and textural features of salts were studied. Studies confirm bromine depletion of sylvinite rocks of the Tyubegatan field.

Key words sylvinite, rock salt, potassium salts, bromine, Tyubegatan salt deposit, Uzbekistan.

Верхнеюрские соленосные отложения, распространенные на территории Средней Азии, охватывают пространства юго-восточной части Туркменистана, юга Узбекистана, юго-запада Таджикистана и северную часть Афганистана. Морские образования разделяются на две свиты гиссарскую и гаурдакскую. Также существует разделение на две формации в разрезе верхнеюрских отложений: карбонатную (келловей-оксфорд) и галогенную (киммериджитон). Формирование калийных солей в регионе происходило в пределах внутриконтинентального морского Среднеазиатского бассейна. Структуры по периферии бассейна оставались устойчиво приподнятыми и служили источником сноса обломочного материала (преимущественно пелитового). Образование калийных солей происходило, по мнению исследователей [7], в удаленной от открытого моря мелководной части бассейна. Разнообразие образовавшихся соляных структур связано с влиянием тектоники. В юго-западной части Гиссарского хребта расположены Гаурдакское, Кугитангское, Окузбулакское, Карабильское, Карлюкское и Тюбегатанское месторождения, значительными запасами обладают последние два из перечисленных.

Тюбегатанское месторождение, расположено на границе Узбекистана (Дехканабадский район Кашкадарьинской области) и Туркменистана.

По геодинамическим условиям район Тюбегатанского месторождения находится в сложных тектонических и сейсмических условиях, находясь на стыке планетарных (Евразийская и Индийская плиты) и субпланетарных (Туранская плита и Тянь-Шанский ороген) тектонических структур. Блоково-надвиговое взаимодействие этих крупных тектонических структур осложняется локальной сдвиговой и соляно-купольной тектоникой, формируя сложную современную геодинамическую обстановку. Основная геодинамическая активность, по-видимому, связана с системой северо-восточного тектонического нарушения, проходящего через всю Тюбегатанскую структуру с юга-запада на северо-восток. Его пересекают многочисленные локальные субширотные и диагональные линеаменты, которые в свою очередь «оперяются» короткими линеаменами, детально изученные И.С. Копыловым и др. [2-5, 9].

Калийные породы Тюбегатанского месторождения содержатся в составе трех горизонтов и представлены сильвинитом. Промышленные содержания КСI установлены во втором пласте (Нижний-II) нижнего горизонта и составляют 15,55 до 50,53 % (среднее – 34,3 %) при мощности 0,8 до 12,8 м при среднем значении 5,65 м [6].

При детальном изучении разреза продуктивного пласта Нижний-II отмечены следующие особенности слагающих толщу пород – сильвинитов и каменной соли.

Структуры пород по генетической классификации [8] относятся к кристаллически-зернистым, которые в отличие от зонально-зернистых структур характеризуются полным отсутствием остатков первично-зонального строения в зернах соляных минералов. Встречаются петельчатая, ориентированная и стекловидная разновидности структур (рис. 1-2). Размеры зерен меняются в широких пределах, в основном преобладают кристаллы с величиной от 2-3 до 10-12 мм. Зерна галита преимущественно идиоморфные, в то время как для сильвина характерны неправильные извилистые контуры. Текстуры пород неяснослоистые, обусловленные неравномерным распределением красящего пигмента в минералах и примесей, расположенных в составе минеральных зерен и промежутках между ними (рис. 3). Реже встречаются брекчиевидные текстуры (рис. 4).

Перекристаллизация соляных пород происходит на стадии диагенеза и обусловлена стремлением к уменьшению поверхностной энергии вещества, что приводит к укрупнению кристаллов. Специфические структуры в породах указывают также на процесс «очистительной перекристаллизации, когда все механические примеси кристаллизационной силой отесняются на край зерна. Ориентированные структуры несут информацию о процессах соляной тектоники и влиянии давления на породы в результате их погружения на значительные глубины [7].

Сильвинитовый пласт начинается с каменной соли кирпично-красного цвета со значительной примесью глинисто-карбонатного вещества, которое также присутствует в виде неясно выраженных прослоев и в промежутках между породообразующими минералами. В нижней части продуктивной толщи

маркирующим горизонтом служит мелкозернистая галит-карбонатная порода, которая вверх по разрезу переходит в галит-ангидрит-карбонатную. Карбонаты представлены магнезитом и доломитом в разных соотношениях. Примечательно, что преобладает магнезит. Среди силикатов установлены иллит и хлорит, а также кварц. Кварц и карбонаты имеют хорошо сформированные кристаллы, что указывает на их аутигенное происхождение.



Рис. 1. Петельчатая структура



Рис. 2. Стекловидная структура



Рис. 3. Неяснослоистая текстура



Рис. 4. Брекчиевидная текстура

Для калийных месторождений Среднеазиатского бассейна исследователями отмечается низкое содержание в них брома, что связывается с потерей его в процессе миграции рассолов в более глубокие и менее прогреваемые части бассейна [1]. Исследования подтверждают обедненность бромом сильвинитовых пород Тюбегатанского месторождения – максимальные содержания элемента в породах составляют 0,08 %.

Анализ геологического строения Тюбегатанского месторождения показывает на очень сложные геологические условия для ведения горных работ

при разработке месторождения. Обусловлены они высокой степенью геодинамической активности и высокой тектонической трещиноватостью и карстом [3, 4, 9].

Библиографический список

1. Высоцкий Э.А., Гарецкий Р.Г., Кислик В.З. Калиеносные бассейны мира. Мн.: Наука и техника, 1988. 387 с.

2. 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.

3. 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.

4. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности Тюбегатанского месторождения калийных солей (Южный Узбекистан) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 36-39.

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

6. Поздеев А.А., Земсков А.Н., Ибрагимов Г.И. Некоторые аспекты освоения Тюбегатанского месторождения калийных солей // Рудник будущего. Пермь. № 1, 2010. С. 6-10.

7. Седлецкий В.И., Деревягин В.С. Строение и состав калиеносных отложений Карлюкского месторождения // Особенности строения залежей бишофита и калийных солей. Новосибирск: Наука, 1980. С 70-90.

8. Яржемский Я.Я., Протопопов А.Л., Лобанова В.В. и др. Атлас структур и текстур галогенных пород СССР. Л.: Недра, 1974. 231 с.

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

Научное издание

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
Печеркинские чтения**

Сборник научных статей по материалам
Международной научно-практической конференции,

г. Пермь, 14–15 ноября 2019 г.

Издается в авторской редакции
Фото на обложке (Северный Урал, вид с плато Муни-Тумп): *М. В. Rogozin*
Техническая подготовка и обработка материалов: *И. С. Kopylov*

Объем данных 27,7 Мб
Подписано к использованию 28.04.2020

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 1