



**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**GEOECOLOGY,
ENGINEERING GEODYNAMICS,
GEOLOGICAL SAFETY**



Пермь 2021

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

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Печеркинские чтения

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

г. Пермь, 17 ноября 2020 г.



Пермь 2021

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 научно-практической конференции (г. Пермь, 17 ноября 2020 г) / гл. ред. И. С. Копылов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 26,5 Мб ; 465 с. – Режим доступа: www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2021.pdf. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3672-3

Сборник содержит статьи по материалам V Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения», состоявшейся 17 ноября 2020 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, Поволжья, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока и других регионов России, а также Средней Азии (Казахстана, Узбекистана) и Восточной Африки (Сомали).

Для геологов широкого профиля, экологов и других специалистов по исследованию недр Земли и окружающей среды, а также для студентов, изучающих естественнонаучные дисциплины.

УДК 502/504+55
ББК 20.1+26.3

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

д.г.н. **С.А. Бузмаков**, к.г.-м.н. **В. В. Голдырев**, PhD **О. Н. Ковин**,
к.т.н. **А. В. Коноплев**, д.г.-м.н. **И. С. Копылов** (главный редактор),
к.г.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 978-5-7944-3672-3

© ПГНИУ, 2021

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 17, 2020)



Perm 2021

UDC 502/504+55
LBC 20.1+26.3
G35

Geoecology, engineering geodynamics, geological safety.
G35 Pecherkinskie reading : Series of scientific article. Materials of V International sci.-pract. conf. Ed. I.S. Kopylov, Perm State University, Perm, 2021. 465 p.

ISBN 978-5-7944-3672-3

An issue of Series of scientific articles on Materials of V International Scientific and Practical Conference «Geoecology, Engineering Geodynamics, Geological Safety. Pecherkinskie Reading», which took place on November 17, 2020 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, the Volga region, Western and Eastern Siberia the Far East and other regions of Russia, as well as Central Asia (Kazakhstan, Uzbekistan) and East Africa. (Somalia).

For general geologists, ecologists and other specialists in the study of the Earth's interior and the environment, as well as for students studying natural sciences.

UDC 502/504+55
LBC 20.1+26.3

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

EDITORIAL BOARD:

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

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|--|------|
| ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ | 17 |
| В.И. Каченов, И.С. Копылов, П.А. Красильников, В.В. Середин, В.М. Шувалов НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОФЕССОРА И.А.ПЕЧЕРКИНА И ЕЕ РАЗВИТИЕ НА КАФЕДРЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА..... | 17 |
| И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.А.ПЕЧЕРКИНА В НАУЧНОЙ ШКОЛЕ «ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» | 23 |
| И.С. Копылов, С.А. Бузмаков ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ – НОВЫЙ СПЕЦКУРС ДЛЯ МАГИСТРАТУРЫ ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА..... | 31 |
| Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, ПРЕЗЕНТАЦИЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА. ЭКСПЕРТИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ» | 39 |
| В.Н. Комлев ЗАКОН О НЕДРАХ КАК ГАРАНТ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ | 45 |
| Н.Н. Семчук, С.Н. Гладких МЕТОД ПРОЕКТОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ПРОСВЕЩЕНИИ..... | 59 |
| ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА НЕДР | 64 |
| В.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS OF KAZAKHSTAN..... | 64 |
| А.А. Бобошина ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЯСНОПОЛЯНСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА НА ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ №208..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| С.И. Борисова О СОСТОЯНИИ ПОЧВ В МОСКОВСКОМ ЛЕСОПАРКЕ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА..... | 84 |
| С.Н. Гладких, В.Е. Игнатьев ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА..... | 91 |
| А.П. Дудин ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ... | 97 |
| Е.И. Епанова РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ..... | 104 |
| И.С. Копылов, А.В. Коноплев, П.А. Красильников, И.В. Кустов ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ Г. ПЕРМИ..... | 111 |
| И.С. Копылов, Л.И. Копылова ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ГОРНОЗАВОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА.... | 122 |
| И.С. Копылов, М.В. Чусов РЕЗУЛЬТАТЫ ЗИМНЕЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА НИЖНЕКАНСКОМ ГРАНИТОИДНОМ МАССИВЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ..... | 135 |
| С.М. Костарев АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРМСКОГО КРАЯ..... | 144 |
| А.М. Кривцов ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ЛИПОГОРСКИЙ» В ГОРОДЕ ПЕРМИ..... | 152 |
| А.С. Леконцев ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЮГО-ЗАПАДА ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ (ЛИСТЫ О-40- XXVI, XXXII)..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| Я.Р. Пришвина ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИДОМОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРУПНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОРОДА ПЕРМИ (НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «БОРОВИКИ»)..... | 169 |
| К.А. Проничева ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА СРЕДНЕ- КЕУМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ..... | 177 |
| Р.А. Рамазанов СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИ ОТВОДЕ ЛЕСОСЕК В ПЕРМСКОМ КРАЕ..... | 182 |
| М.В. Рогозин, В.В. Михалев СТРУКТУРА СЕТЕЙ, ОБРАЗУЕМЫХ МАЛЫМИ ГЕОАКТИВНЫМИ ЗОНАМИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ..... | 188 |
| М.М. Санкло ПЕРЕОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПО ВОДОЗАБОРНОМУ УЧАСТКУ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД «СВЕТЛОГОРСКИЙ, СКВАЖИНА № 2301»..... | 199 |
| А.А. Чабина АНАЛИЗ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ И БУРОВЫХ ОТХОДОВ ООО «ПРИРОДА-ПЕРМЬ»..... | 207 |
| В.Н. Чекменев КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДНЕГО ПРИКАМЬЯ (ЛИСТ О-40-ХV)..... | 215 |
| ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ..... | 225 |
| Ю.А. Килин, И.И. Минькевич ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО КАРСТА В ОРДИНСКОМ РАЙОНЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ..... | 225 |
| Т.Г. Ковалёва, А.А. Санников ПРИЧИНЫ АКТИВИЗАЦИИ ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЯ В ГАГИНСКОМ РАЙОНЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ..... | 238 |

| | |
|---|-----|
| Д.В. Козлов, И.С. Копылов ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕРХНЕКАЗЫМСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)..... | 244 |
| И.С. Копылов ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРНОЗАВОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА..... | 253 |
| И.С. Копылов, О.Н. Ковин, В.В. Голдырев, Э.Е. Малеев, В.Н. Брюхов ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ..... | 268 |
| И.С. Копылов, Е.В. Хлебникова ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ В ПРЕДЕЛАХ ВЛАДИМИРСКОЙ И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ..... | 290 |
| Е.Ю. Ликутков РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПОДПРУЖИВАНИЯ БУРЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ДЕКАБРЬ 2018 г.), УСЛОВИЯ, ОПАСНОСТЬ И ПРОГНОЗ ИХ ДЕЙСТВИЯ..... | 306 |
| Е.Ю. Ликутков СТРОЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА – ОСНОВА СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ЛИВНЕВОГО СТОКА НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ..... | 318 |
| В.С. Попов О ПРОБЛЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В СОЛИКАМСКОМ РАЙОНЕ..... | 331 |
| Е.О. Шаравин, В.А. Дубровская, Л.В. Пихконен ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ОТБОРА ПРОБ ДЛЯ АНАЛИЗА УДАРООПАСНОСТИ И ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА БАЗЕ ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКОГО МЕТОДА МОНИТОРИНГА | 338 |

| | |
|--|------------|
| МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ) | 346 |
| З.Ф. Абдуллина ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕГИОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ХМАО)..... | 346 |
| Г.Р. Ахтамова ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ БОБРИКОВСКОГО ГОРИЗОНТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ИМ. В.С. АФАНАСЬЕВА (БАШКОРТОСТАН)..... | 357 |
| В.Н. Голдырев, В.А. Наумов ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА..... | 363 |
| А.В. Козлов, А.О. Вотинова, Н.С. Санникова, К.А. Равелев ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ НЕФТЕНАСЫЩЕННОГО ПЛАСТА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ... | 373 |
| И.С. Копылов ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЖУКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (БАШКИРСКИЙ СВОД)..... | 381 |
| I.S. Kopylov, M.D. Ali AEROSPACE ANALYSIS OF EAST AFRICA AND NORTHERN SOMALIA (FOR GEODYNAMIC ASSESSMENT AND SEARCHING FOR OIL AND GAS)..... | 406 |
| И.С. Копылов, А.К. Айткалиева АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЖИЛЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (ЗАПАДНЫЙ КАЗАХСТАН)..... | 419 |
| И.С. Копылов, В.М. Бабеньшев ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ МАРГАНЦЕВЫХ РУД НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ..... | 429 |

| | |
|--|-----|
| Н.С.Санникова, К.А. Равелев, А.В. Козлов, А.О.Вотинова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛОВ, СЛАГАЮЩИХ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, НА ИНТЕНСИВНОСТЬ УХУДШЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА..... | 440 |
| А.А. Чорпитюк ЛИТОЛОГИЯ АЛЕВРО-ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ ЕН-ЯХИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО)..... | 449 |
| Р.А. Шушаков ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО И ОТНОСИТЕЛЬНОГО БРОМХЛОРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В ХЛОРИДНЫХ СОЛЯНЫХ ПОРОДАХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СИЛЬВИНИТОВ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УЗБЕКИСТАН)..... | 457 |

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION, THEORETICAL ISSUES OF GEOLOGY | 17 |
| V.I. Kachenov, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, V.V. Seredin, V.M. Shuvalov SCIENTIFIC ACTIVITY OF PROFESSOR I.A. PECHERKIN AND ITS DEVELOPMENT AT THE DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY AND SUBSOIL PROTECTION OF PERM UNIVERSITY..... | 17 |
| I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin DEVELOPMENT OF THE IDEAS OF I.A. PECHERKIN IN THE SCIENTIFIC SCHOOL "GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS, GEOLOGICAL SECURITY"..... | 23 |
| I.S. Kopylov, S.A. Buzmakov APPLIED GEOECOLOGY - A NEW SPECIAL COURSE FOR MASTER'S SCHOOL OF PERM UNIVERSITY..... | 31 |
| T.I. Karavaeva, V.P. Tihonov PRESENTATION OF THE EDUCATIONAL MANUAL «ECOLOGICAL DESIGN AND EXPERTISE. EXPERTISE OF RESULTS OF ENGINEERING SURVEY»..... | 39 |
| V.N. Komlev MINERAL LAW AS A GUARANTEE OF LONG-TERM RADIATION SAFETY | 45 |
| N.N. Semchuk, S.N. Gladkikh PROJECT METHOD IN ENVIRONMENTAL EDUCATION..... | 59 |
| GEOECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION..... | 64 |
| B.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS OF KAZAKHSTAN..... | 64 |
| A.A. Boboshina GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE YASNOPOLYANSKY LICENSE AREA IN THE TERRITORY OF THE ORENBURG REGION FOR THE DEVELOPMENT OF THE BRUSH SITE..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| S.I. Borisova ON THE CONDITION OF SOILS IN THE MOSCOW FOREST PARK OF THE CITY OF YEKATERINBURG..... | 84 |
| S.N. Gladkikh, V.E. Ignatiev RESEARCH ON THE QUALITY OF DRINKING WATER IN VELIKY NOVGOROD..... | 91 |
| A.P. Dudin PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE OPERATION OF OFFSHORE OIL AND GAS FIELDS..... | 97 |
| E.I. Epanova DISTRIBUTION OF CYCLIC ELEMENTS IN SOILS IN THE TERRITORY OF OIL DEPOSITS IN THE PERMAN REGION..... | 104 |
| I.S. Kopylov, A.V. Konoplev, P.A. Krasilnikov, I.V. Kustov ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL PROBLEMS, STATE OF STUDY AND MAPPING OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN PERM..... | 111 |
| I.S. Kopylov, L.I. Kopylova GEOECOLOGICAL ESTIMATION AND STABILITY OF NATURAL ENVIRONMENT OF GORNOZAVODSKY CITY DISTRICT..... | 122 |
| I.S. Kopylov, M.V. Chusov RESULTS OF WINTER GEOCHEMICAL SURVEY ON THE OF THE NIZHNEKANSKY GRANITOID MASSIF FOR ASSESSMENT OF GEODYNAMIC ACTIVITY..... | 135 |
| S.M. Kostarev CURRENT ASPECTS OF OIL FIELD HYDROGEOLOGY IN OIL PRODUCTION AREAS OF PERM REGION..... | 144 |
| A. M. Krivtsov INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC LOAD ON A SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA "LIPOGORSKY" IN THE CITY OF PERM | 152 |
| A.S. Lekoncev GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE SOUTH-WEST PERM KAMYA (SHEETS O-40- XXVI, XXXII)..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| Y.R. Prishvina ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF EMISSIONS OF MOTOR TRANSPORT ON THE QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR IN THE HOUSE TERRITORIES OF LARGE RESIDENTIAL COMPLEXES OF THE CITY OF PERM (ON THE EXAMPLE OF THE RESIDENTIAL COMPLEX "BOROVIKI")..... | 169 |
| K.A. Pronicheva INDICATORS OF THE LEVEL OF SOIL CONTAMINATION WITH OIL PRODUCTS AND HEAVY METALS AT THE SREDNE-KEUM DEPOSIT OF THE TYUMEN REGION..... | 177 |
| R.A. Ramazanov BIODIVERSITY CONSERVATION DURING CUTTING IN THE PERM REGION..... | 182 |
| M.V. Rogozin, V.V. Mikhalev STRUCTURE OF NETWORKS FORMED BY SMALL GEOACTIVE ZONES AND GEODYNAMIC ACTIVITY OF TERRITORIES | 188 |
| M.M. Sanklo REMEASUREMENT OF INVENTORIES AT THE WATER INTAKE LOT OF FRESH GROUNDWATER "SVETLOGORSKY, WELL № 2301" | 199 |
| A.A. Chabina ANALYSIS OF UTILIZATION OF OIL-CONTAINING AND DRILLING WASTE OF LLC «PRIRODA-PERM»..... | 207 |
| V.N. Chekmenev COMPREHENSIVE GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MIDDLE KAM'S REGION (SHEET O-40-XV)..... | 215 |
| ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY | 225 |
| Y.A. Kilin, I.I. Minkevich INTENSITY OF SURFACE KARST DEVELOPMENT IN ORDA REGION OF PERM REGION..... | 225 |
| T.G. Kovaleva, A.A. Sannikov ANALYSIS OF POSSIBLE REASONS FOR THE ACTIVATION OF KARST SINKHOLES IN THE GAGINSKY DISTRICT OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION | 238 |

| | |
|---|-----|
| D.V. Kozlov I.S. Kopylov ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS VERKHNEKAZYMSKY OIL FIELD (WESTERN SIBERIA)..... | 244 |
| I.S. Kopylov ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF GORNOZAVODSKY CITY DISTRICT..... | 253 |
| I.S. Kopylov, O.N. Kovin, V.V. Goldyrev, E.E. Maleev, V.N. Bryukhov MAIN FACTORS OF MINING-GEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL RISKS IN THE TERRITORY OF VERKHNEKAMSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT..... | 268 |
| I.S. Kopylov, E.V. Khlebnikova ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEODYNAMIC EVALUATION OF THE TERRITORY OF A HIGH-SPEED RAILWAY IN THE VLADIMIR AND NIZHNY NOVGOROD REGIONS..... | 290 |
| E.Yu. Likutov RELIEF-FORMING PROCESSES OF CATASTROPHIC SPRINGING OF THE BUREYSKY RESERVOIR (DECEMBER 2018), CONDITIONS, DANGER AND FORECAST OF THEIR ACTION..... | 306 |
| E.Yu. Likutov STRUCTURE AND FORMING OF RELIEF - THE BASIS FOR CREATING THE SYSTEMS OF STORM RUN-OFF IN URBAN AREAS..... | 318 |
| V.S. Popov ABOUT THE PROBLEM OF SAFETY OF SUBSOIL USE IN THE SOLIKAMSKY DISTRICT..... | 331 |
| E.O. Sharavin, V.A. Dubrovskaya, L.V. Pikhkonen DETERMINATION OF SAMPLING SITES FOR ANALYSIS OF ROCK BURST AND OUTBURST HAZARD OF COAL SEAMS BASED ON SEISMIC METHODS OF MONITORING..... | 338 |

| | |
|--|------------|
| RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL, AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC METHODS)..... | 346 |
| Z.F. Abdullina GEOLOGICAL STRUCTURE AND ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT STATE OF THE MEGION DEPOSIT (KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG)..... | 346 |
| G.R. Akhtamova GEOLOGICAL CONDITIONS AND ANALYSIS OF THE STATE OF DEVELOPMENT OF THE BOBRIKOVSKY HORIZON AT THE FIELD NAMED AFTER V.S. AFANASIEVA (BASHKORTOSTAN)..... | 357 |
| V.N. Goldyrev, V.A. Naumov FEATURES OF FORMING OF TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS OF DIFFERENT TYPES OF EPITHERMAL GOLD DEPOSITS..... | 363 |
| A.V. Kozlov, A.O. Votnova, N.S. Sannikova, K.A. Ravelev A STUDY OF THE INFLUENCE OF OCCURRENCE DEPTH OF OIL FORMATION, THE INTENSITY OF FORMATION OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS..... | 373 |
| I.S. Kopylov GEOLOGICAL STRUCTURE OF ZHUKOVSKY SQUARE (BASHKIRSKY ARCH)..... | 381 |
| I.S. Kopylov, M.D. Ali AEROSPACE ANALYSIS OF EAST AFRICA AND NORTHERN SOMALIA (FOR GEODYNAMIC ASSESSMENT AND SEARCHING FOR OIL AND GAS)..... | 406 |
| I.S. Kopylov, A.K. Aitkaliyeva GEOLOGICAL AND GEODYNAMIC CONDITIONS OF THE ZHILYANSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT (WESTERN KAZAKHSTAN) | 419 |
| I.S. Kopylov, V.M. Babenyshev PROSPECTS FOR SEARCHING FOR MANGANESE ORE IN THE NORTHERN URALS..... | 429 |
| N.S. Sannikova, K.A. Ravelev, A.V. Kozlov, A.O. Votnova RESEARCH OF THE INFLUENCE OF MINERALS FORMING ROCKS ON THE INTENSITY OF DECORATION OF THE COLLECTOR PROPERTIES OF THE BOTTOMHOLE ZONE..... | 440 |

| | |
|---|-----|
| A.A. Chorpityuk LITHOLOGY SILTY-SANDY ROCKS OF THE ACHIMOV DEPOSITS EN- YAKHINSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD (YAMALO- NENETS AUTONOMOUS OKRUG)..... | 449 |
| R.A. Shushakov USING THE ACTUAL AND RELATIVE BROMINECHLORINE COEFFICIENTS IN CHLORIDE SALT ROCKS TO DETERMINE THE FORMATION CONDITIONS (FOR EXAMPLE, SYLVINITE DEPOSIT TUBEGATAN)..... | 457 |

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

УДК 624.131.1

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

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

**НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОФЕССОРА И.А. ПЕЧЕРКИНА И ЕЕ
РАЗВИТИЕ НА КАФЕДРЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ
НЕДР ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рассмотрены аспекты научной деятельности основателя кафедры инженерной геологии Пермского университета профессора Игоря Александровича Печеркина. Показаны современные научные направления и публикационная активность сотрудников 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

**SCIENTIFIC ACTIVITY OF PROFESSOR I.A. PECHERKIN AND ITS
DEVELOPMENT AT THE DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY
AND SUBSOIL PROTECTION OF PERM UNIVERSITY**

Aspects of the scientific activity of the founder of the Department of Engineering Geology of the Perm University, Professor Igor Aleksandrovich Pecherkin, are considered. The modern scientific directions and publication activity of the staff 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

Научной деятельности доктора геолого-минералогических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, основателя кафедры инженерной геологии Пермского университета **Игоря Александровича Печеркина** (19.04.1928 – 12.12.1991), посвящено немало литературы [1-16].

© В.И. Каченов, И.С. Копылов, П.А. Красильников, В.В. Середин, В.М. Шувалов, 2021

В настоящей статье она рассматривается в аспекте развития научных идей И.А. Печеркина в современной деятельности кафедры инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН).

Некоторые аспекты научной деятельности И.А.Печеркина

Профессор, д.г.-м.н. Печеркин И.А. основал кафедру инженерной геологии (с 1996 года кафедра инженерной геологии и охраны недр) в 1977 году и руководил ею до конца жизни руководил ею на протяжении 14 лет.

Деятельность профессора И.А. Печеркин была многогранной, включала многие сферы жизни – общественную, образовательную, научную, культурно-просветительную и др. В области научной деятельности она охватила все виды от проведения ученым непосредственных исследований, написания монографий и статей, до проведения научных конференция и редактирования сборников научных трудов. Он был деканом геологического факультета, проректором ПГУ по научной работе. Игорь Александрович был организатором нескольких десятков всесоюзных и международных конференций по инженерной геологии и карстоведению. Он выполнял огромную редакторскую работу, дав «путевку в жизнь» десяткам научных сборников и монографий. 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.).

Профессор И.А. Печеркин провел огромную работу в научно-образовательной сфере подготовив более 30 кандидатов наук и сотни дипломированных специалистов во многих направлениях инженерной геологии. Он постоянно и активно участвовал в деятельности диссертационных и Ученых советов (был председателем специализированного совета по присуждению ученых степеней кандидата геолого-минералогических и географических наук, членом Научного Совета АН СССР), присуждал и оппонировал по многим докторским и кандидатским диссертациям. 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. С 1978 г. он был директором Всесоюзного института карстоведения и спелеологии Географического общества СССР.

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.

И.А. Печеркин написал 9 крупных работ (более 5 печ. л.), 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.

Современная научная деятельность на кафедре ИГиОН

В настоящее время состав кафедры ИГиОН включает 27 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, А.В. Татаркин, В.П. Тихонов, В.М. Шувалов, М.Р. Ядзинская; старшие преподаватели: к.г.-м.н. П.А. Белкин, Н.С. Бахарева, Л.А. Новопоселенских, К.Л. Трусова, К.А. Алванян; ассистенты к.г.-м.н. Т.Ю. Хлуденева (зам. декана по общим вопросам), М.В. Федоров; зав. методкабинетом Т.В. Шаварина, инженер И.В. Вострецова.

Сотрудниками кафедры ИГиОН в последнее десятилетие (с 2011 г.) 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 геоэкологии: 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.B., Rybnikov P.A., Naumov V.A., Navolokina V.Yu., Sosnin V.E., Kopylov I.S., 2019); Инженерная геодинамика: практикум: учебное пособие (Т.И. Караваева, 2019); Экологическое проектирование и экспертиза: экспертиза результатов инженерных изысканий: учебное пособие (Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, 2019); Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности (И.С. Копылов, 2019); Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края (И.С. Копылов, 2021).

В этот период сотрудниками кафедры ИГиОН было опубликовано около 700 статей в различных журналах и материалах конференций, при этом за последние 3 года сделано около 200 публикаций (табл. 1)

Таблица 1

Анализ публикационной активности сотрудников кафедры ИГиОН

| № | Сотрудники кафедры ИГиОН | Количество публикаций (РИНЦ) | |
|---------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|
| | | За 10 лет (2011-2020) | За 3 года (2018-2020) |
| 1 | Алванян А.К. | 17 | 5 |
| 2 | Алванян К.А. | 19 | 7 |
| 3 | Бахарева Н.С. | 7 | - |
| 4 | Белкин П.А. | 22 | 12 |
| 5 | Блинов С.М. | 37 | 11 |
| 6 | Гайнанов Ш.Х. | 8 | 6 |
| 7 | Димухаметов Д.М. | 8 | 1 |
| 8 | Караваева Т.И. | 40 | 8 |
| 9 | Каченов В.И. | 16 | 3 |
| 10 | Ковалева Т.Г. | 22 | 7 |
| 11 | Копылов И.С. | 226 | 74 |
| 12 | Красильников П.А. | 54 | 21 |
| 13 | Леонович М.Ф. | 6 | 2 |
| 14 | Маклашин А.В. | 3 | - |
| 15 | Малышев Е.А. | 18 | 5 |
| 16 | Маковецкий О.А. | 55 | 13 |
| 17 | Новопоселенских Л.А. | 7 | - |
| 18 | Середин В.В. | 102 | 25 |
| 19 | Татаркин А.В. | 18 | 4 |
| 20 | Тихонов В.П. | 34 | 5 |
| 21 | Трусова К.Л. | - | - |
| 22 | Шувалов В.М. | 16 | 4 |
| 23 | Федоров М.В. | 14 | 10 |
| 24 | Хлуденева Т.Ю. | 2 | 2 |
| 25 | Ядзинская М.Р. | 19 | 2 |
| Всего: | | 770 | 227 |

Анализ научных направлений и работ И.А. Печеркина и кафедры ИГиОН

Как известно [2-4] в творческом наследии И.А. Печеркина (где многие публикации имеют комплексный характер), условно выделено 9 научных направлений. На кафедре ИГиОН в той или иной мере развиваются все эти направления. Наукометрический анализ работ И.А. Печеркина, кафедры ИГиОН (за последние 10 лет, с 2011 г.) отражен в табл. 2.

Таблица 2

Наукометрический анализ работ И.А. Печеркина и сотрудников кафедры ИГиОН

| Разделы науки, развиваемые И.А.Печеркиным | | И.А.Печеркин 361 печатных работ % | Кафедра ИГиОН 2011-2020 гг. ок. 700 печатных работ % |
|---|---|--|--|
| 1 | Грунтоведение | 6 | 15 |
| 2 | Инженерная геодинамика | 6 | 10 |
| 3 | Региональная и специальная инженерная геология | 13 | 25 |
| 4 | Карстоведение | 24 | 4 |
| 5 | Водохранилища | 20 | 1 |
| 6 | Геоэкология и охрана окружающей среды | 10 | 20 |
| 7 | Гидрогеология | 6 | 6 |
| 8 | Гидрохимия | 6 | 6 |
| 9 | Научно-организационные вопросы | 9 | 3 |
| 10 | Поисковая геология | 0 | 10 |

Примечание: больше статей меньше статей примерно равное число статей

В результате анализа установлено, что научные геологические разделы: «Инженерная геодинамика», «Гидрогеология», «Гидрохимия» в настоящее время на кафедре ИГиОН развиваются примерно в том же объеме, что и фактически делалось И.А. Печеркиным. Более активно развивается раздел «Грунтоведение» и раздел «Региональная и специальная инженерная геология». 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 «Поисковая геология», вопросами которой И.А. Печеркин не занимался.

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. 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.) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 17-29.
3. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского университета: история и современное состояние // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 23-37.
4. Каченов В.И., Копылов И.С., Середин В.В., Шувалов В.М. Основные научные исследования и труды профессора И.А. Печеркина (к 90-летию со дня рождения) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2019. С. 17-23.
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
6. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении - НШ "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. 2016. С. 19-27.
7. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О развитии научного направления - "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НШ "ГИГГБ") // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 30-34.
8. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Научная школа Пермского университета и Естественнонаучного института "Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность" // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Пермь, 2016. С. 90-98.
9. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Развитие идей И.А. Печеркина в научных геологических направлениях НШ «ГИГГБ» // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 38-43.
10. Кутепов В.М., Печеркина Л.А., Каченов В.И., Димухаматов М.Ш. Игорь Александрович Печеркин – основатель Пермской инженерно-геологической школы // В сборнике: Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ. Пермь, 2008. С.215-222.
11. Печеркина Л.В. К 90-летию профессора И.А. Печеркина // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2019. С. 13-16.
12. Печеркина Л.А., Гаев А.Я., Дублянский В.Н. Игорь Александрович Печеркин – основоположник Пермской инженерно-геологической школы // В сборнике: Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды. Пермь, 1997. С.5-11.
13. 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.
14. Профессора Пермского университета. 1916-2016 / Гл. ред. В.И. Костицын. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. 451 с.
15. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. Печёркин Игорь Александрович – основатель кафедры инженерной геологии Пермского университета, основоположник Пермской инженерно-геологической школы // В сборнике: Инженерная геология и охрана недр. Пермь, 2012. С. 6-12.
16. Середин В.В., Каченов В.И., Печеркина Л.А. О научном вкладе в развитие инженерной геологии И.А. Печеркина // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 13-18.

**РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.А.ПЕЧЕРКИНА В НАУЧНОЙ ШКОЛЕ
«ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Рассматривается развитие научной школы Пермского государственного национального исследовательского университета и Естественнонаучного института «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность», ее научная и научно-образовательная деятельность в аспекте научной деятельности основоположника научной школы профессора И.А. Печеркина. Дана краткая характеристика основных научных направлений, которые входили в сферу интересов профессора И.А. Печеркина и новых научных направлений за 5 последних лет.

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 THE IDEAS OF I.A. PECHERKIN IN THE
SCIENTIFIC SCHOOL "GEOECOLOGY, ENGINEERING
GEODYNAMICS, GEOLOGICAL SECURITY"**

The development of the scientific school of the Perm State National Research University and the Natural Science Institute "Geoecology, Engineering Geodynamics and Geological Safety", its scientific and educational activities in the aspect of scientific activities of the founder of the scientific school, Professor I.A. Pecherkin. A brief description of the main scientific directions that were included in the sphere of interests of Professor I.A. Pecherkin and new scientific directions over the last 5 years.

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

В 2020 г. исполняется 5 лет со дня образования Научной школы Пермского государственного национального исследовательского университета «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность» (НШ «ГИГГБ»), которая была создана (зарегистрирована) в ноябре 2015 г. в ПГНИУ на базе научно-исследовательской лаборатории геологического моделирования и прогноза (НИЛ ГМП ЕНИ) 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 Пермского Университета, обеспечение преемственности поколений

в научном сообществе по организации научно-исследовательской работы; развитие интеграции науки и образования, высококачественная подготовка молодых специалистов и специалистов высшей квалификации в областях естественных наук на основе интеграции научных исследований и образовательного процесса.

В наших работах [52-55], а также на сайте научной школы [108] приведена подробная характеристика деятельности НШ «ГИГГБ»: показаны цели и задачи научной школы, ее методологическая основа, творческие биографии основоположников и предшественников. 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).

Геодинамические и другие аспекты научной деятельности И.А. Печеркина

Научная деятельность профессора **И.А. Печеркина** освящена во многих работах и включала 9 основных направлений [55]. Особый интерес, на протяжении всей жизни, начиная со студенческих лет, Игорь Александрович проявлял к геодинамике. Еще, будучи студентом 2-3 курса геолого-географического университета Пермского университета он начал проводить опыты по экспериментальному геодинамическому моделированию. Одна из курсовых работ его называлась «Экспериментальная тектоника», дипломная работа – «Эксперименты по образованию складчатых структур». В числе многих преподаваемых И.А. Печеркиным дисциплин были сложнейшие геологические курсы: «Геотектоника» и «Инженерная геодинамика». В последствии, по разделу «Геодинамика» И.А. Печеркиным были написаны десятки работ, в том числе ей посвящены докторская диссертация и его главная работа – двухтомная монография «Геодинамика побережий камских водохранилищ» (Печеркин, 1966, 1969). Несколько его учеников защитили кандидатские диссертации по геодинамическим процессам, также было

выполнено более 200 дипломных работ под руководством профессора И.А. Печеркина.

Основные направления научной школы «ГИГГБ»

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*. 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. Работы имеют фундаментальный и прикладной характер. По фундаментальным исследованиям 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*. Особенно интенсивно разрабатываются теоретические и методические основы *космогеологических и геоинформационных исследований*. По прикладным исследованиям за последние годы исследователями НШ «ГИГГБ» выполнено более 30 хоздоговорных работ научно-прикладного характера. Сведения о них приведены в работах [52-55]. В региональном отношении основная часть работ выполнена по Приволжскому, Уральскому, Сибирскому, Дальневосточному и другим регионам России, а также Казахстану, Китаю, Сомали, Финляндии, Узбекистану, Туркменистану.

В настоящее время, сложилось следующие основные научные направления НШ «ГИГГБ»:

- геоэкология и охрана недр,
- гидрогеология и гидрогеоэкология,
- инженерная геология, геодинамика и геологическая безопасность,
- методы исследований месторождений полезных ископаемых,
- общие и теоретические вопросы науки и образования.

Они тесно связаны с теми вопросами и проблемами, которые изучал *И.А. Печеркин*, которые в сгруппированном виде приведены на рис. 1.

Среди работ *И.А. Печеркина* подавляющая часть (69%) посвящена научному направлению *«Инженерная геология и геодинамика»*; в работах НШ «ГИГГБ» их удельный вес значительно меньше (40%), тем не менее это основное направление школы. Вторым главным направлением НШ «ГИГГБ» является *«Геоэкология и охрана окружающей среды»* (30%), у *И.А. Печеркина* их было меньше (10%). Паритет работ наблюдается в направлении *«Гидрогеология, гидрогеоэкология и гидрохимия»* (12%). Больше внимания *И.А. Печеркин* уделял работам направления *«Теоретические вопросы науки и образования, научно-организационные вопросы»* (9%); у НШ «ГИГГБ» (3%),

но в последнее время начинают публиковаться работы по данной тематике. Сотрудники НШ «ГИГГБ» также активно проводят исследования в области направления *«Поисковая геология и методы исследований месторождений полезных ископаемых»* (15%).

Таблица 1

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

| Главные научные направления, развиваемые И.А. Печеркиным и в современной НШ «ГИГГБ» | | И.А.Печеркин 361 печатных работ % | НШ «ГИГГБ» 2015-2020 гг. ок. 360 печатных работ % |
|--|---|--|---|
| I | Инженерная геология и геодинамика (грунтоведение, инженерная геодинамика, региональная и специальная инженерная геология, карстоведение, водохранилища, геологическая безопасность) | 69 | 40 |
| II | Геоэкология и охрана окружающей среды | 10 | 30 |
| III | Гидрогеология, гидрогеоэкология и гидрохимия | 12 | 12 |
| IV | Поисковая геология и методы исследований месторождений полезных ископаемых | 0 | 15 |
| V | Теоретические вопросы науки и образования, научно-организационные вопросы | 9 | 3 |
| Примечание: больше статей меньше статей примерно равное число статей | | | |

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 2015-2020 гг. в процессе научно-образовательной деятельности студентами геологического факультета ПГНИУ на научных конференциях и семинарах под руководством членов НШ «ГИГГБ» сделано более 850 докладов, опубликовано и подготовлено более 430 статей и тезисов конференций.

Основные научные публикации. Научные и научно-методические публикации коллектива: более 600 в т.ч.: монографии – 22, методические и учебные издания – 10, патенты и изобретения – 7.

За 2015-2020 гг. НШ «ГИГГБ» организованы и проведены 9 международных конференций и несколько научных семинаров. Опубликовано: 8 монографий, 6 сборников научных трудов (рис. 1), около 360 статей (РИНЦ), основные из них приведены в списке [1-107].

Библиографический список

1. Бабеньшиев В.М., Копылов И.С. Результаты прогнозно-поисковых работ на меднополиметаллические руды на Приполярье Урала в пределах Тькотловской площади // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 320-329.
2. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С. Особенности геологического строения и экологические проблемы при разработке газонефтяного месторождения Жанаталап (Казахстан) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 53-62.
3. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., 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.
4. Двинских С.А., Копылов И.С. Концепция индекса экологического благополучия города // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 75-86.
5. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 152 с.
6. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета (1977-2017 гг.) // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 17-29.
7. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр пермского университета: история и современное состояние // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 23-37.
8. Каченов В.И., Копылов И.С., 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. Печеркинские чтения Пермь, 2019. С. 17-23.
9. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.
10. Козлов С.В., Копылов И.С. Геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина) в связи с его газоносностью // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2016. № 16. С. 98-101.
11. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
12. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Формирование ГИС-атласа "Инженерная геология и геоэкология города Перми" // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 154-157.
13. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. №4(29). С. 70-81.
14. 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.
15. Копылов И.С. Геохронологические условия юго-запада Восточной Сибири // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 192-204.
16. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.
17. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
18. Копылов И.С. Гидрогеологическая карта и подземные воды Кизеловского угольного бассейна // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 92-101.
19. 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. 2016. С. 206-217.
20. Копылов И.С. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия Юрлинского муниципального округа: картографирование, районирование, оценка // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 205-215.
21. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линеваком участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 148-158.
22. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
23. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
24. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.
25. Копылов И.С. Методология аэрокосмогеологических и структурногеоморфологических исследований при поисках алмазов и ее применение на Среднем Урале // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 41-65.
26. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.
27. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.

28. 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.
29. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности территории Качканарского ГОК по результатам крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 240-253.
30. 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.
31. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа - история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 13-24.
32. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа - характеристика основных результатов региональных и нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 13-40.
33. 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.
34. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // В сборнике: *Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ*. 2017. С. 178-186.
35. Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 210-217.
36. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазности // В сборнике: *Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология*. 2015. С. 109-110.
37. Копылов И.С. Применение структурно-гидрогеологического анализа и модуля подземного углеводородного стока при поисках нефти и газа // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2018. № 18. С. 225-229.
38. Копылов И.С. Проведение линейно-геодинамического анализа горного алтая и трассы проектируемого газопровода "Алтай" // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 8-3. С. 398.
39. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.
40. Копылов И.С. Региональный линейно-геодинамический анализ Удмуртии для оценки инженерно-геологических и гидрогеологических условий // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 254-264.
41. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологических исследований в Приморском крае для проведения инженерных мероприятий по защите от подтопления зданий и сооружений на горных отводах шахт «аоа «Приморскуголь» // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 265-273.
42. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологических исследований в центральной части Кировской области для поисков подземных вод в трещинных зонах // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 274-283.
43. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 38-47.
44. Копылов И.С. Результаты детального дешифрирования космических снимков для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков города Кентау (Южный Казахстан) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Сборник научных статей. Под общей редакцией И.С. Копылова*. 2020. С. 284-291.
45. Копылов И.С. Результаты детальных аэрокосмогеологических исследований в восточной части Тимано-Печорской плиты (Северо-Югидская площадь) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 223-233.
46. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геотектоническое обеспечение // В сборнике: *Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 321-328.
47. Копылов И.С. Современные проблемы геологии и геологического образования: итоги трехлетнего научно-исследовательского семинара по геологии в Пермском университете и НШ ГИГГБ // В сборнике: *Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 44-54.
48. 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.
49. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ при оценке геодинамической активности Нижнекамского гранитоидного массива // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2016. № 19. С. 356-361.
50. Копылов И.С. Теоретические основы учения о геодинамических активных зонах, прикладные аспекты в решении задач инженерной, экологической, поисковой геологии и геологической безопасности // В сборнике: *Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2016. С. 32-47.
51. Копылов И.С., Бабенышев В.М. Поиски полиметаллов и золота на Приполярном Урале с применением аэрокосмических методов // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 159-166.
52. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Научная школа Пермского университета и естественнонаучного института «геозкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность» // В сборнике: *Теория и методы исследований в естественных науках*. 2016. С. 90-98.
53. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении – НШ «Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» // В сборнике: *Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2016. С. 19-27.
54. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О развитии научного направления - "Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НШ "ГИГГБ") // В сборнике: *Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 30-34.

55. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Развитие идей И.А. Печеркина в научных геологических направлениях НШ «ГИГГБ» // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 38-43.
56. Копылов И.С., Даль Л.И. Геозкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.
57. Копылов И.С., Даль Л.И. Геозкологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 92-110.
58. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.
59. Копылов И.С., Даль Л.И. Роль геологических факторов в формирования геопатогенных зон и геозкологической обстановки // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12-2. С. 221-222.
60. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Геологические предпосылки создания геопарка на Среднем Урале // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 50-56.
61. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Проблемы и возможности создания геопарка на Среднем Урале для развития геотуризма и историко-геологического наследия // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 99-106.
62. Копылов И.С., Зарипова Д.А. Инженерно-геологические условия на юго-западе Пермского края (на примере Беляевского нефтяного месторождения) // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 185-196.
63. 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.
64. 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: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 197-203.
65. Копылов И.С., Коврижных С.Б., Наумова О.Б., Попов А.Г. Аэрокосмические методы в геологии - учебнометодический курс в Пермском университете // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 101-111.
66. Копылов И.С., Коноплев А.В. Применение аэрокосмических методов и геоинформационного моделирования на Кукляндинской площади (Енисейский край) для поисков россыпного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 167-175.
67. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 63-76.
68. Копылов И.С., Копылова Л.И. Геозкологическая оценка и устойчивость природной среды Юрлинского муниципального округа // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 102-113.
69. Копылов И.С., Мельчакова Н.П. Инженерно-геологическая оценка и районирование центральной части Пермского края для проектирования газопроводов // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 216-229.
70. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 95-100.
71. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 77-84.
72. 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.
73. Копылов И.С., Оборин В.В. Изучение инженерно-геокриологических и геодинамических условий территории ПТБО г. Игарки на основе изысканий, аэрокосмических исследований и электроразведки // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 218-227.
74. Копылов И.С., Оборин В.В. Инженерно-геоморфологические условия на подтопляемых территориях Приморского края в Партизанском угольном бассейне // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2020. № 3 (40). С. 281-291.
75. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Методический подход к инженерно-геологическому изучению и комплексной разработке месторождений строительных материалов с улучшением их качества (на примере района железной дороги "Белкомур") // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 154-160.
76. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 228-238.
77. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-X, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.
78. Копылов И.С., Сулов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россытей // В сборнике: Россыти и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. 2015. С. 111-112.
79. Костарев С.М., Бачурин Б.А., Одицова Т.А. Методические проблемы оценки нефтяного загрязнения подземных вод // Нефтепромысловое дело. 2016. № 12. С. 52-56.
80. Красильников П.А. Использование геоинформационных систем для решения прогнозных инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 1. С. 65-72.

81. 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.
82. 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.
83. Наумов В.А., Фиоруччи А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н., Фетисов В.В. Теоретические и прикладные аспекты управления геологическими процессами в техногенно-минеральных образованиях // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 128-133.
84. 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.
85. Оборин В.В., Копылов И.С. Инженерно-геокриологическая оценка и прогноз развития геодинамических процессов территории ПТБО г. Игарки // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 231-238.
86. Оборин В.В., Копылов И.С. Инженерно-геокриологические и геодинамические условия территории Амурского газохимического комплекса // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 210-218.
87. Оборин В.В., Копылов И.С. Обоснование гидрогеологического доизучения и геоэкологического картирования масштаба 1:200 000 листа 0-40-X (Кизеловская площадь) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2020. № 3 (40). С. 3-11.
88. Оборин В.В., Копылов И.С. О проблеме подтопления шахтными водами населенных пунктов угледобывающих территорий в Приморском крае: факторы, причины, пути решения // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 127-136.
89. 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.
90. Попов А.Г. Глубинный геологический разрез и тектоника Северного Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. Т. 16. № 1. С. 26-34.
91. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 223-227.
92. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биолокация и био-геоактивные зоны // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 53-57.
93. Рогозин М.В., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы. Пермь, 2015. 277 с.
94. Рогозин М.В. Лесные экосистемы и геобиологические сети. Пермь, 2016. 171 с.
95. Санкло М.М., Копылов И.С. Влияние неотектоники на инженерно-геологические и гидрогеологические условия вод в пределах восточной части Балтийского щита // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 219-231
96. 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.
97. Харитонов Т.В. Алмазность Урала. Обзор литературы. Аннотированный библиографический указатель. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
98. Харитонов Т.В. Три стадии образования медистых песчаников Пермского края: теоретические рассуждения и поисковые выводы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2019. № 22. С. 263-272.
99. Шапошиников Ф.Д., Копылов И.С. Инженерно-геологическая оценка и районирование Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 297-304.
100. 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.
101. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Satekov T.T. Regional environmental risk assessment of geosystems of Kazakhstan // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. 2016. С. 154-162.
102. Georadar usage for characterization of the clay bands in limestone quarry: case study of Chanva deposit / Oleg K., Adnan A., Valeriy G., Vitaliy B. // Theory and practice of exploration and petroleum geophysics. 2020. С. 288-293.
103. Kovin O.N. Using migration to improve mine georadar data interpretation: potash mine case study // Theory and practice of exploration and petroleum geophysics. 2018. С. 191-194.
104. 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. 2019. С. 48-54.
105. 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 (см. в книгах). 2015. № 1-3. С. 305-311.
106. Kopylov I.S., Kovin O.N., Nahesbik S. Regional aerospace-geological analysis for the design of major linear engineering objects of Western China // Aerospace methods in geology. 2019. С. 55-62.
107. 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.
108. <http://georif.nethouse.ru>. Сайт научной школы.

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ – НОВЫЙ СПЕЦКУРС ДЛЯ МАГИСТРАТУРЫ ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Дисциплина «Прикладная геоэкология» направлена на формирование у студентов магистрантов представлений об основных проблемах и задачах прикладной геоэкологии - междисциплинарного научного направления, объединяющего исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов; изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды; умение анализировать многообразную экологическую информацию о геоэкологических условиях и использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований; оформление результатов в соответствии с требованиями и их презентации с использованием современных медиа технологий. Объект исследований геоэкологии – среда обитания человека и организмов биосферы т.е. окружающая среда, изменяющаяся под воздействием природных и техногенных факторов на локальном, региональном и глобальном уровнях. Предметом дисциплины являются теоретические, методологические, методические и прикладные аспекты и проблемы геоэкологии. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды текущего контроля: устный опрос по отдельным темам, подготовка докладов и презентаций по темам семинарских занятий, подготовка к публикации научной статьи.

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

I.S. Kopylov, S.A. Buzmakov

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

APPLIED GEOECOLOGY - A NEW SPECIAL COURSE FOR MASTER'S SCHOOL OF PERM UNIVERSITY

The discipline "Applied Geoecology" is aimed at forming undergraduates ' ideas about the main problems and tasks of Applied Geoecology - an interdisciplinary scientific direction that combines research on the composition, structure, properties, processes, physical and geochemical fields of the Earth's geospheres as a habitat for humans and other organisms; study of changes in the life-supporting resources of geospheric shells under the influence of natural and anthropogenic factors, their protection, rational use and control in order to preserve for current and future generations of people a productive natural environment; ability to analyze a variety of environmental information about geo-ecological conditions and use modern methods of processing and interpreting environmental information in scientific and industrial research; design results in accordance with the requirements and their presentation using modern media technologies. The object of Geoecology research is the habitat of humans and biosphere organisms, i.e. the environment that changes under the influence of natural and man-made factors at the local, regional and global levels. The subject of the discipline is theoretical, methodological, methodological and applied aspects and problems of Geoecology. The program of the discipline provides the following types of current control: oral questioning on certain topics, preparation of reports and presentations on the topics of seminars, preparation for publication of a scientific article.

Key words: applied geoecology, goal and objectives, thematic plan, main content, Perm State University.

Введение

В 2020 г. на кафедре биогеоценологии и охраны природы географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета организован новый спецкурс для магистратуры – дисциплина «Прикладная геоэкология». В структуре образовательной программы данная дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям): Направление: 05.04.06 Экология и природопользование. Направленность: Экология и природопользование нефтегазового комплекса [15].

В общей системе географического и экологического образования данная дисциплина относится к числу методологических дисциплин, составляющих основу фундаментального геоэкологического образования и имеющих большое прикладное значение. Знания, полученные при изучении дисциплины, могут быть востребованы в практической деятельности при проведении комплексного природопользования и недропользования, разномасштабных геоэкологических исследованиях и картографировании, мониторинге окружающей среды, научной и производственной деятельности.

Цели и задачи

Целью дисциплины «Прикладная геоэкология» является получение теоретических и методических знаний в области прикладной геоэкологии, формирование у студентов геоэкологических научно-практических представлений о взаимодействии человека с окружающей средой; формирование определенного состава компетенций для подготовки к профессиональной и научной деятельности, умения самостоятельного поиска и аналитической обработки информации для обоснования постановки проблем, формулировки задачи и выбора методов исследований разного типа (теоретического, методического, прикладного), включая комплексные и междисциплинарные исследования по проблемам прикладной геоэкологии; формирование способности использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований.

Цели освоения дисциплины соответствуют целям основной образовательной программы для направления магистратуры 05.04.06. «Экология и природопользование» двух профилей «Устойчивое развитие и охрана природы» и «Экология и природопользование нефтегазового комплекса».

Задачи курса

1. Формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей высшего образования в магистратуре в выбранном направлении.

2. Формирование умения:

- проведения самостоятельных творческих исследований по анализу основных тенденций развития теории и практики геоэкологии в России и за рубежом;
- получения, обработки, интерпретации экологической информации современными методами прикладной геоэкологии;
- по выполнению анализа и обобщению результатов научных и производственных исследований с использованием современных достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области геоэкологии.

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

Дисциплина «Прикладная геоэкология» направлена на формирование у студентов – магистрантов представлений об основных проблемах и задачах прикладной геоэкологии – междисциплинарного научного направления, объединяющего исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов; изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды; умение анализировать многообразную экологическую информацию о геоэкологических условиях и использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований; оформление результатов в соответствии с требованиями и их презентации с использованием современных медиа технологий.

Объект исследований геоэкологии – среда обитания человека и организмов биосферы т.е. окружающая среда, изменяющаяся под воздействием природных и техногенных факторов на локальном, региональном и глобальном уровнях. **Предметом дисциплины** являются теоретические, методологические, методические и прикладные аспекты и проблемы геоэкологии.

Требования к уровню освоения дисциплины

Дисциплина читается после изучения дисциплин математического, естественнонаучного и профессионального цикла бакалавриата, специалитета (Геоэкология, География, Геология, Биогеография, Почвоведение, Биогеоценология, Основы природопользования, Учение о сферах Земли, Техногенные системы и экологический риск, Экологический мониторинг, Геоинформационные технологии в природопользовании, Экологическое картографирование, Математические методы в экологии). Поэтому студенты должны быть достаточно хорошо подготовленными к ее усвоению.

В результате изучения дисциплины «Прикладная геоэкология» студент

должен:

- **знать** теоретические основы прикладной геоэкологии, структурно-функциональные особенности окружающей среды, как сферы жизнедеятельности человечества;

- **уметь:**

- применять геоэкологические знания и навыки в субъектно-объектной деятельности;

- использовать современные методы геоэкологических исследований и методы обработки и интерпретации экологической информации;

- критически анализировать многообразную экологическую и техно-природную и информацию;

- проводить качественную и количественную интерпретацию экологической информации;

- выполнять интегральную оценку геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий;

- **владеть:**

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

- навыками обработки комплексной геоэкологической и аэрокосмической информации с применением современных геоинформационных технологий.

Объем дисциплины в часах и виды учебной работы приведен в табл. 1, тематический план изложен в табл. 2, основное содержание по разделам и темам и форма отчетности представлены в табл. 3.

Основная и рекомендуемая литература изложена в библиографическом списке [1-26].

Заключение

Реализация спецкурса «Прикладная геоэкология» на кафедре биогеоценологии и охраны природы в 2020 г., не смотря на то что, освоение дисциплины осложнялось частично дистанционным форматом (в связи с пандемией коронавируса), показала положительные результаты. Более 90 % магистрантов получили отличные и хорошие оценки. При этом лучшие показатели были у студентов, более подготовленными по геоинформационным технологиям, картографии и теоретическим основам. Было подготовлено 25 докладов по различной тематике прикладной геоэкологии, опубликовано 11 статей в сборниках научных трудов.

Таблица 1

Объем и содержание дисциплины «Прикладная геоэкология» [15]

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

Таблица 2

Тематический план [15]

| Наименование тем и разделов | Всего ак.час | Аудиторные занятия | | | самостоятельная работа |
|--|--------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | | лекции | лабораторные занятия | практические занятия | |
| 1 триместр | 108 | 12 | 0 | 24 | 72 |
| Прикладная геоэкология | 108 | 12 | 0 | 24 | 72 |
| Введение в дисциплину: Современные проблемы прикладной геоэкологии и основы научных исследований | 8 | 2 | 0 | 0 | 6 |
| 1. Теоретико-методологические основы геоэкологии | 30 | 2 | 0 | 8 | 20 |
| 2. Методы геоэкологических исследований | 32 | 4 | 0 | 8 | 20 |
| 3. Геоэкологический анализ и оценка природных и урбанизированных территорий | 38 | 4 | 0 | 8 | 26 |

Таблица 3

Основное содержание дисциплины по разделам и темам, форма отчетности [15]

| Основные разделы | Темы и содержание | Форма отчетности |
|---|--|---|
| Введение в дисциплину: Современные проблемы прикладной геоэкологии и основы научных исследований | Основные цели и задачи курса «Прикладная геоэкология». Основы научных исследований. Основные требования и рекомендации при подготовке докладов и презентаций по темам семинарских занятий, подготовке к публикации и оформлению научной статьи | Тест входного контроля |
| 1. Теоретико-методологические основы геоэкологии | Теоретические основы геоэкологии, как междисциплинарного научного направления (исторические предпосылки, понятия, структура, основные положения; предмет, задачи, направления прикладной геоэкологии). Основные проблемы геоэкологии (системный характер проблем геоэкологии; экосфера и геосферы; источники и виды техногенного воздействия на геосферы; геологическая роль и экологические функции геосфер; устойчивость жизни на Земле; ноосфера). Методология исследований в геоэкологии (системный анализ, оценка, прогноз, модель концепции) | Презентация и оформление научной статьи (на основе бакалаврской работы) (РБС=30 баллов). Тест (входит в общий тест) |
| 2. Методы геоэкологических исследований | Общие методы и источники получения экологической и техно-природной информации. Геоэкологические исследования и картографирование. Оценка воздействия на окружающую среду. Геоэкологический мониторинг. Специальные и тематические геоэкологические исследования. Аэрокосмические методы в геоэкологии. Геоинформационные технологии в геоэкологии и математические методы обработки и интерпретации экологической информации | Общий теоретический тест или научная статья (РБС=30 баллов) |

| | | |
|--|--|--|
| 3. Геоэкологический анализ и оценка природных и урбанизированных территорий | Принципы и критерии интегральной геоэкологической оценки. Основные природные и техногенные факторы формирования геоэкологической обстановки. Краткие основы нефтегазовой геологии и геоэкологии. Региональный геоэкологический анализ и оценка крупных территорий (страна, округ, край, область, район). Детальный геоэкологический анализ, оценка и прогноз изменения геоэкологических обстановок локальных территорий и объектов (недропользования, строительства, полигонов отходов и др.). Оценка техно-природных рисков и районирование территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями. Оценка экологического и экономического ущерба горно- и нефтегазопромышленных комплексов на биосферу. Оценка геоэкологической безопасности городов | Отчет по практической работе (презентация доклада, научная статья) (РБС=40 баллов). |
|--|--|--|

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / С.А. Бузмаков, А.И. Зырянов, В.Г. Калинин и др.; под общ. ред. А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Братков В.В., Овдиенко Н.И. Геоэкология / Учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. М.: Высш. шк., 2006. 311 с.
3. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 2003. 171 с.
4. Быков В.Н. Экология недропользования / Учеб. пособие: В 2-х кн. Кн. 2. Перм.ун-т, Перм. техн. ун-т; Под ред. Я.И. Вайсмана. Пермь, 2000. 186 с.
5. Голубев Г.Н. Геоэкология / Учебник для студ. высш. учеб. завед. М.: Изд-во ГЕОС, 1999. 338с.
6. Двинских С.А., Копылов И.С. Концепция индекса экологического благополучия города // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. 2019. С. 75-86/
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.
9. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. Тамбов, 2011. № 8 (23). С. 126-129.

10. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
11. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.*
12. Копылов И.С. *Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.*
13. Копылов И.С. *Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.*
14. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.*
15. Копылов И.С., Бузмаков С.А. *Прикладная геоэкология / Рабочая программа дисциплины. Направление: 05.04.06 Экология и природопользование. Направленность - Экология и природопользование нефтегазового комплекса. Код УМК 96081. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2020. 15 с.*
16. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1.*
17. Лобастова С.А. *Прикладная геоэкология нефтегазового комплекса. Учебное пособие. Электронный вариант. 2006. 252 с.*
18. Парфенов В.Г., Сивков Ю.В. *Геоэкология / Учеб. пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 176 с.*
19. Розанов Л.Л. *Динамическая и прикладная геоэкология / Учеб. пособие. М.: Ленанд, 2017. 396 с.*
20. Розанов Л.Л. *Дисциплина «Динамическая и прикладная геоэкология» в программе классических университетов // В сборнике: Добродеевские чтения - 2017 I Междун. науч.-практ. конф. 2017. С. 230-233.*
21. Розанов Л.Л. *Концептуальная основа динамической геоэкологии // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 5. С. 98-105.*
22. Розанов Л.Л. *Основы учения о геоэкологических процессах // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. № 1. С. 137-142.*
23. Розанов Л.Л. *Прикладная геоэкология: потенциальный спецкурс // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2017. № 1. С. 85-89.*
24. Розанов Л.Л. *Учение о геоэкологических процессах: Теория и практика. Ленанд. 2019. 300 с.*
25. Семячков А.И., Воробьев А.Е., Дребеништедт К. *Геоэкология / Учеб. пособие для высших учебных заведений горно-географического профиля / Под ред. ак. РАН В.Н.Большакова, ак. РАН А.И.Татаркина. Изд-во: Уральский государственный горный университет. Екатеринбург, 2012. 289 с.*
26. *Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000.*

**ПРЕЗЕНТАЦИЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ
«ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА.
ЭКСПЕРТИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ»**

Учебное пособие содержит курс лекций и задания для практических работ по дисциплине «Экологическое проектирование и экспертиза» по разделу «Экспертиза результатов инженерных изысканий» и состоит из 4 лекционных тем и 3 практических работ. Объем учебного пособия в электронном виде составляет 1,20 Мб или 98 страниц текста. В лекционной части пособия рассматриваются требования законодательства РФ и нормативных документов к результатам инженерно-экологических изысканий, особенности проведения экспертизы результатов инженерно-экологических изысканий и типичные ошибки при выполнении изысканий. Значительное внимание уделяется методическим основам составления разделов технических отчетов по инженерно-экологическим изысканиям и экологическому сопровождению проектов или экологическому проектированию, источником данных для которого являются изыскания. Исходными данными для разработки учебного пособия являются результаты многолетних инженерно-экологических изысканий авторов и участие в государственной экспертизе проектной документации.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, геосистема, состояние природной среды, оценка воздействия, прогнозирование, экспертиза

T.I. Karavaeva, V.P. Tihonov

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

**PRESENTATION OF THE EDUCATIONAL MANUAL
«ECOLOGICAL DESIGN AND EXPERTISE.
EXPERTISE OF RESULTS OF ENGINEERING SURVEY»**

The manual contains a course of lectures and assignments for practical work in the discipline «Environmental design and expertise» under the section «Expertise of the results of engineering surveys» and consists of 4 lecture topics and 3 practical works. The volume of the textbook in electronic form is 1.20 MB or 98 pages of text. The lecture part of the manual examines the requirements of the legislation of the Russian Federation and regulatory documents for the results of engineering and environmental surveys, the features of the examination of the results of engineering and environmental surveys and typical mistakes when performing surveys. Considerable attention is paid to the methodological basis for the preparation of sections of technical reports on environmental engineering surveys and environmental support of projects or environmental design, the source of data for which is surveys. The initial data for the development of a textbook are the results of many years of engineering and environmental research by the authors and participation in the state examination of project documentation.

Keywords: engineering and environmental surveys, geosystem, state of the natural environment, impact assessment, forecasting, expertise.

Инженерно-экологические изыскания выполняются для экологического обоснования планируемой деятельности с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических последствий. В учебном пособии «Экологическое проектирование и экспертиза. Экспертиза результатов инженерных изысканий», изданном в ПГНИУ в 2019 г., рассматриваются основные требования нормативно-технической документации к составу разделов технического отчета по изысканиям. Состав инженерных изысканий, объемы, методики и технологии работ, необходимые и достаточные для выполнения задания, определяет и обосновывает исполнитель инженерных изысканий в программе работ, которой уделено особое внимание авторов. В учебном пособии выделяется, что основной законодательной и нормативной документацией, обосновывающей выполнение инженерных изысканий, является Технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) и Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 31.07.2020). С 2020 г. при выполнении изысканий следует руководствоваться сводом правил 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».

Новый Градостроительный кодекс Российской Федерации в числе основных принципов градостроительной деятельности установил обеспечение безопасности и благоприятных условий для жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений. Федеральным законом от 31.12.2005 г. № 210-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации» впервые на законодательном уровне введено понятие «результаты инженерных изысканий» (подп. «а» п. 17 ст. 1). Это обусловлено особой важностью данного понятия, поскольку результаты инженерных изысканий подлежат государственной экспертизе, передаются в информационную систему обеспечения градостроительной деятельности.

Инженерные изыскания являются видом строительной деятельности, обеспечивающей комплексное изучение природных и техногенных условий территории, составление прогнозов взаимодействия техногенных объектов с окружающей средой, необходимых для разработки проектных решений относительно такой территории. Важной задачей пособия является развитие у студентов понимания, что разделы технических отчетов по результатам инженерно-экологических изысканий разрабатываются с учетом основных геологических, гидрогеологических, биологических и геоэкологических закономерностей развития природно-территориальных комплексов. Частные, но очень важные вопросы, отражаемые в разделах отчета в пособии, подробно рассматриваются на основе проведенных многочисленных исследований [1, 4-11]. Инженерные изыскания должны быть обеспечены необходимыми исходноразрешительными документами, установленными законодательными и иными нормативно-правовыми актами Российской Федерации, в том числе

техническими и градостроительными регламентами. Результаты изысканий оформляются в виде технического отчета в соответствии с ГОСТ 21301-2014 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям».

Предусмотренные законодательством государственные экспертизы (экологическая и градостроительная) проводятся в отношении проектной документации и результатов инженерных изысканий на объекты капитального строительства.

Необходимость проведения государственной экологической экспертизы определена Федеральным законом от 23.11.1995 № 174-ФЗ и Положением об организации и проведении экспертизы, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 05.03.2007 № 145. Особенности проведения экспертизы отражены в Административном регламенте Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по предоставлению государственной услуги по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня от 06.05.2014 № 204.

По результатам анализа замечаний государственной экспертизы к техническим отчетам в пособии рассматриваются типичные ошибки, допущенные изыскателями при проведении изысканий, и варианты устранения этих замечаний, приводится краткий порядок организации и проведения в Российской Федерации государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий.

В учебном пособии предлагается основные причины ошибок объединить в следующие группы:

1. Несоответствие структуры технического отчета по инженерным изысканиям требованиям свода правил СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».

2. Несоответствие полученных результатов целям изысканий.

3. Недостаточная компетентность специалистов по инженерным изысканиям.

В процессе лекций проводится анализ каждой группы ошибок изыскателей.

В учебном пособии рассматриваются основные методические подходы, позволяющие использовать фундаментальные закономерности для достоверной оценки состояния природной среды и составления прогноза при проведении инженерно-экологических изысканий. Методическое обоснование выбора территории инженерно-экологических изысканий следует проводить на геосистемной основе [2]. На практике границы территории изысканий часто выбираются произвольно, без учета особенностей природных условий ландшафта, в пределах которого будут проявляться последствия планируемой деятельности. В результате изыскания проводятся в пределах геометрической фигуры, очерченной на карте, но закономерности функционирования природной среды не подчиняются и не укладываются в геометрические формы.

Приводится обоснование, что геолого-геоморфологическая основа является причиной формирования конкретной структуры зонального биогеоценоза (геосистемы как территории изысканий), а его биологическое разнообразие и динамика развития – следствием. Принципиальным методическим положением инженерно-экологических исследований следует считать геосистемный подход, когда природные компоненты территории изучаются не изолированно друг от друга, а в тесной взаимосвязи в пределах структурной единицы ландшафта. Каждая форма рельефа отличается своими особенностями геологического строения, растительности и почв, микроклимата и увлажнения, особенно почвенного. Вследствие этого каждому участку соответствуют свои условия местообитания (экологические условия). В зависимости от них формируются фитоценоз и свойственные ему животные. В процессе материально-энергетического обмена между компонентами формируются почва, водный режим, геохимические условия, т. е. складываются основные природные свойства геосистем.

Такая методологическая основа изысканий кардинально меняет оценку состояния природной среды, которую следует проводить в соответствии с фундаментальными закономерностями развития биосферы. Следствием использования этих закономерностей является прогнозирование изменений компонентов природной среды, адекватное эволюционному тренду развития зональных геосистем в присутствии техногенеза, как внешнего возмущающего фактора воздействия [3].

В методических документах по инженерным изысканиям отсутствует механизм разработки одного из наиболее важных и сложных разделов технического отчета – прогнозирование изменений природной среды в результате реализации планируемой деятельности. В учебном пособии уделяется особое внимание теоретическому обоснованию решения этой проблемы. Процесс прогнозирования следует начинать с определения цели, объекта и предмета, так как именно они определяют тип прогнозирования, содержание и набор методов прогнозирования, его временные и пространственные параметры. Целью прогнозирования в общем виде является оценка предполагаемой реакции окружающей природной среды на прямое или опосредованное воздействие человека для принятия своевременных решений в связи с ожидаемыми состояниями окружающей среды. Объектом прогнозирования является зональный биогеоценоз. Предметом прогнозирования следует считать изменения экологических средообразующих функций биогеоценозов. Необходимо различать причину и следствие изменений свойств природных систем, которые заключаются в том, что внешняя среда изменяет функцию, а функция изменяет структуру биогеоценоза.

В процессе проведения инженерно-экологических изысканий, учитывая цели, сроки и детальность исследований, при прогнозировании наиболее целесообразно использовать актуализированный метод экстраполяции тенденций развития геосистемы в ранге биогеоценоза. Актуализация метода заключается в оценке тенденции развития прогнозируемого объекта на

конкретный период времени под влиянием планируемых воздействий на условия местообитания. В прогнозировании учитываются внутренние факторы – свойства собственно природного компонента и внешние – источники воздействия. Для прогнозирования изменчивости свойств геосистемы необходимо знать количественные показатели изменчивости и факторы, определяющие эту изменчивость. Количественные показатели изменчивости – это территория, изымаемая из геосистемы (земельный и горный отводы, охранные полосы, технологические автодороги и т.п.). Степень техногенного воздействия определяет показатель изменчивости геосистемы, отклонение ее характеристик от зональной нормы.

Практическая целесообразность и техническое задание на выполнение инженерно-экологических изысканий не оставляют возможности для детальной экологической оценки компонентов природной среды, изучения динамики биогеоценоза и на этой основе прогнозирования изменений его свойств под техногенным влиянием объекта. Поскольку на этапе проведения изысканий собственно объекта воздействия еще нет, соответственно, нет и четкого представления о степени воздействия и его площадном влиянии. Чтобы воздействие на биогеоценоз проявилось в виде последствий в ответной реакции, оно должно превысить некий пороговый уровень, различный для каждого компонента, что требует определенного времени, которого у изыскателя нет. Единственным инструментом изыскателя для прогнозирования и определения допустимости этих последствий являются знание фундаментальных законов природы и личный профессиональный опыт, т. е. экспертная оценка. Чтобы свести к минимуму субъективность этой оценки, следует в полной мере использовать фундаментальные законы природы и их следствия.

Понимание теоретической основы развития природных комплексов является важнейшей формируемой компетенцией студентов, реализуемой в учебном пособии, что в полной мере соответствует требованиям к магистерскому курсу.

Усвоение теоретических положений лекционного курса проводится на практических занятиях на основе материалов фактически проведенных инженерно-экологических изысканий и проектной документации, прошедшей государственную экспертизу.

Учебное пособие предназначено для студентов геологического факультета направления подготовки 05.04.01 Геология (магистратура), а также для широкого круга специалистов, деятельность которых связана с инженерными изысканиями и экологическим сопровождением проектной документации.

Электронное издание «Караваева Т.И., Тихонов В.П. Экологическое проектирование и экспертиза: экспертиза результатов инженерных изысканий: учебное пособие. Пермь, 2019. ISBN 978-5-7944-3399-9» (© 2019 ПГНИУ, © 2019 Караваева Т. И., Тихонов В. П.) зарегистрировано в ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР». Адрес размещения издания в сети Интернет:

Библиографический список

- 1 Батрак Г.И. Закономерности формирования режима уровня грунтовых вод городских территорий (на примере г. Москвы): автореф. дис. ... к.г.-м.н. М., 2000.
- 2 Караваева Т.И., Тихонов В.П. Геосистемное обоснование выбора границ территории проведения инженерно-экологических изысканий // Инженерные изыскания. 2012. № 11. С. 70-74.
- 3 Караваева Т.И., Тихонов В.П. Основы прогнозирования состояния геосистем при проведении инженерных изысканий // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. ст. юбилейной конф., посвящ. 100-летию Перм. ун-та и 85-летию геол. ф-та / под общ. ред. Р.Г. Ибламинова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 153-156.
- 4 Коноплянцев А.А., Ковалевский В.С., Семенов С.М. Естественный режим подземных вод и его закономерности. М.: Госгеолтехиздат, 1963.
- 5 Макрушин А.В. Возможности и роль биологического анализа в оценке степени загрязнения водоемов // Гидробиологический журнал. 1974. Т. 10. № 2. С. 98-104.
- 6 Мусихина Е.А. Методологический аспект проблемы оценки воздействий на природную систему // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2007. № 2 (30). С. 54-59.
- 7 Пашковский И.С. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и окружающая среда // Вторая конференция партнеров и пользователей «Геолинк Консалтинг». Электрон. дан. URL: <http://www.geolink-consulting.ru/company/confer2/pashkvsk.html> (дата обращения: 25.11.2019).
- 8 Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна (к СНиП 2.05.02-85*); утв. приказом по Союздорнии от 31.08.1987 № 151.
- 9 Справочное пособие для обработки материалов инженерно-геологических изысканий. М.: ФГУП НИИ ВОДГЕО, 2005.
- 10 Экология эрозионно-русловых систем России / под ред. Р.С. Чалова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 163 с.
- 11 Якимов А.В., Шаповалов М.И., Шекихачев Х.Х., Ефимова Т.Н., Гладкая О.Т. Экологическая оценка антропогенного воздействия на бентофауну реки Баксан (Кабардино-Балкарская Республика, Центральный Кавказ) // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 4: Естественно-математические и технические науки. 2012. № 3 (106). С. 99-106.

ЗАКОН О НЕДРАХ КАК ГАРАНТ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Впервые, пожалуй, на примере объектов Железногорска Красноярского края сделана попытка рассмотреть совместно разные грани российского обоснования мест захоронения радиоактивных отходов. Сформирована подборка регулирующих и экспертных документов и их разделов по тематике. Подборка достаточна для важных проверок полноты и качества научно-технических подходов к оценке безопасности. Прежде всего, в контексте гидрогеологических условий. Показано, что многие аспекты безопасности федерального пункта захоронения радиоактивных отходов могут нуждаться в надежном доказательстве на базе разведочной стадии геологического изучения площадки и соблюдения законодательства, норм и правил в области использования и охраны недр.

Ключевые слова. Захоронение радиоактивных отходов, геология, право, лицензия, экспертиза, жизнь, Росатом, ФГУП «НО РАО», участок «Енисейский», Красноярск, Россия.

V.N. Komlev

MINERAL LAW AS A GUARANTEE OF LONG-TERM RADIATION SAFETY

For the first time, perhaps, using the example of the objects of Zheleznogorsk in the Krasnoyarsk Territory, an attempt was made to consider jointly different facets of the Russian substantiation of radioactive waste disposal sites. A selection of regulatory and expert documents and their sections on the subject has been compiled. The selection is sufficient for important checks on the completeness and quality of scientific and technical approaches to safety assessment. First of all, in the context of hydrogeological conditions. It is shown that many aspects of the safety of a federal radioactive waste disposal facility may need reliable evidence based on the exploratory stage of geological study of the site and compliance with legislation, norms and rules in the field of the use and protection of subsoil.

Key words. Radioactive waste disposal, geology, law, license, expertise, life, Rosatom, FSUE «NO RWM», Yenisei site, Krasnoyarsk, Russia.

Введение

В Железногорске Красноярского края захоронение радиоактивных отходов (РАО) на полигоне «Северный» (жидкие) Горно-химического комбината (ГХК) дополняют другими. Два пункта глубинного захоронения твердых РАО (ПГЗРО): федеральный и локальный ГХК – «реакторов на месте». А также - приповерхностный ПЗРО, засыпка грунтом бассейнов жидких РАО. Законом о недрах в контексте настоящей статьи введены понятия:

1) Лицензирование недропользования – получение права пользования недрами в определенных границах по площади и разрезу с установленными целью, сроком и условиями;

2) Виды пользования недрами: изучения и оценки пригодности для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, строительства и эксплуатации сооружений, не связанных..., образования научных и учебных полигонов.

Федеральный (как минимум) ПГЗРО планируют разместить в недрах участка «Енисейский». Оценочные работы проведены в 2010-2011 гг. (лицензия КРР 01696 ТП, 2006 г., владелец – ГХК). Изучение и оценка пригодности участка (лицензия ФГУП «НО РАО» КРР 15864 ЗП, 2015 г., до 2020 г.) В лицензиях КРР 01696 ТП и КРР 15864 ЗП для разных владельцев цели схожи. Документы для ПГЗРО оформлены ФГУП «НО РАО» уже (!) в 2016 г. Решения о создании – Распоряжение Правительства РФ № 595-р и лицензия от Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318, о захоронении РАО – лицензия от Минприроды КРР 16117 ЗД. Строительство начато.

Рассмотрим нормы захоронения РАО и параметры пород, особенности участка «Енисейский» по открытым документам. Статья структурирована соответственно. Приведены прямые или косвенные цитаты (иногда объединенные в группу по смыслу) и после знака // комментарии и вопросы к ним. Сквозная нумерация римскими цифрами отражает массив смыслов в целом. При цитатах сохранено обозначение источника. Возможно, текст осложнен повторами смыслов разными документами – наличие повторов сохранено сознательно, поскольку они отражают «рейтинги» факторов безопасности с горно-геологических позиций.

ДОКУМЕНТЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

Закон о недрах

I. Для площадок вблизи и в пределах промышленной территории могут быть введены ограничения на пользования недрами [статья 8]. // Участок «Енисейский», безопасность которого еще не доказана, расположен на территории ядерно-космического кластера.

II. Горный отвод - часть недр, в которой отходы локализуются в строго определенных границах. Горноотводный акт включается в лицензию. // Горный отвод начали оформлять в 2018 г. после лицензий, без разведки путей разгрузки подземных вод.

III. Право пользования недрами может быть прекращено... в случаях [статья 20] ... нарушения существенных условий лицензии. // Условие лицензий КРР 01696 ТП (п. XXXV) и КРР 15864 ЗП (п. XXII) (разведочная стадия) не выполнено.

IV. Пользователь обязан обеспечить [статья 22]. 1) Соблюдение законодательства, наличие специальной квалификации и опыта. // Аргументы настоящей статьи (по пунктам I, II, IV-XXI, XXIV, XXXII, XXXIII, XLII, XLIII, LI, LII) доказывают, что это требование не всегда соблюдается. В условиях

лицензии ГН-01,02-304-3318 (п. 2) не прописано напрямую выполнение Закона о недрах. 5) представление достоверных данных в фонд геологической информации; 7) соблюдение требований по охране недр. // Не доказана безопасность ПГЗРО и окрестностей, соответствие их нормам НП-055-04(055-14), данные, ставящие под сомнение информацию 2016 г., распорядителю недр не представлены. Руководитель и научный руководитель ФГУП «НО РАО» (как и первого недропользователя - ГХК), руководитель, научный руководитель и ответственные исполнители от ИБРАЭ РАН не имеют специальных знаний и опыта. Вряд ли и ИБРАЭ как организация имеет лицензию на выполнение геологических и горных работ, анализ их результатов.

V. Требованиями являются [статья 23]. 1) Соблюдение порядка предоставления недр и недопущение самовольного пользования ими. // Не соблюдены этапность лицензирования и работ по ПГЗРО, стадийность геологического изучения. Как регулировались работы до первой лицензии КРР 01696 ТП? 2) Обеспечение полноты изучения; 3) Проведение опережающего изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку; 8) Предотвращение загрязнения недр. // Пользователю неоднократно рекомендовали разведку участка «Енисейский» и путей предполагаемой миграции радионуклидов, обеспечение гидрогеологических моделей фактическими данными и другое. Рекомендации по полноте опережающего изучения не выполнялись. Начавшееся захоронение РАО на других площадках «на месте» удовлетворяет этим требованиям?

Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр

VI. «Методические рекомендации...» регламентируют выбор участков для целей, не связанных..., их изучение и экспертизу геологических материалов. 1.1. Методические рекомендации устанавливают единые для РФ принципы выбора, изучения и обоснования возможности использования участков. 1.2. Выбору и изучению подлежат участки, предназначенные для подземного захоронения радиоактивных, отходов. См. также 1.3, 1.4 и 1.5. // Назначение площадки для могильника РАО ГХК на участке «Енисейский», автоматически превратившееся в назначение площадки для федерального ПГЗРО. Наверняка эти действия регламентировались какими-либо документами. Данные «Методические рекомендации...» входили в их число, в каких документах, обосновывающих именно выбор, а не последующее изучение площадки ПГЗРО, отражена опора на «Методические рекомендации...» или на Закон о недрах?

VII. 2.1. Изучение недр для захоронения РАО могут регулировать другие федеральные законы с соблюдением принципов, установленных Законом о недрах. // Все ли этапы пользования недрами участка «Енисейский» при их изучении (особенно, начальные) базировались на положениях «Методических рекомендаций...» и Закона о недрах?

VIII. 2.20. Геологические исследования и последующие инженерные изыскания для подготовки обоснований инвестиций... должны обеспечивать получение необходимых и достаточных материалов о природных и

техногенных условиях намеченных вариантов мест размещения объекта для обоснования выбора площадки, определения базовой стоимости строительства... // Этих положений авторы участка «Енисейский» вряд ли придерживались. В Стратегии создания ПГЗРО базовая стоимость строительства не приведена.

IX. 3.1.2.4. Пригодными для захоронения отходов являются тектонически ненарушенные участки недр, исключаящие контакт отходов с подземными водами. // Контакт РАО с подземными водами участка «Енисейский» не исключен.

X. 3.3.6. При выборе участка необходимо учитывать: назначение, срок службы, условия строительства и эксплуатации объекта. // Часто сверхдолговременным сроком службы и условиями эксплуатации объекта в оценках пренебрегают на фоне условий строительства. А трансформация площадки ПГЗРО ГХК в площадку федерального ПГЗРО не соответствует требованию в целом.

XI. 4.1. Необходимо соблюдать стадийность в проведении геологоразведочных работ. 4.2. Независимо от стадии эти работы проводятся только при наличии соответствующей лицензии и по геологическому проекту. 4.4. Устанавливаются следующие стадии геологоразведочных работ: поисковая, оценочная и разведочная. На действующих объектах - эксплуатационной разведки. // Это классика геологоразведочных работ. Она не нашла применения при изучении участка «Енисейский», так как до проектирования ПГЗРО разведочная стадия не реализована. Именно на разведочной стадии (п.4.5) выполняют комплексное обоснование намечаемого объекта, включая размеры горного отвода и санитарно-защитных зон. Геологические задания и проекты на выполнение этапов изучения участка (утверждается, что с 1992 г.) имеются?

XII. 4.10. Целевому изучению предшествует сбор, обобщение и анализ всех имеющихся по району работ геологических материалов. Особое внимание уделяют опыту эксплуатации аналогичных объектов в сходных условиях. Предварительные выводы о перспективности конкретных площадей могут быть получены с помощью карт ФГУП «Гидроспецгеология». // Анализ разведки массива, горных работ и эксплуатации подземного комплекса ГХК, бурения по гнейсам полигонов «Северный» и «Западный», туннеля под берегами и дном Енисея имеется в приложении к ПГЗРО? «Методические рекомендации...» на примере карт Гидроспецгеологии напоминают о важном для национального ПГЗРО методологическом подходе – идти от оценки территории страны. Эти карты или другие геологические материалы использованы при реальном поиске перспектив?

XIII. 4.10.5. Могут разрешить опытно-промышленную стадию. Когда есть данные эксплуатации в сходных условиях аналогичного объекта, геологические условия сложны, производительность объекта мала, изучить массив другими способами нереально или дорого. При строительстве ПГЗРО допускают создание подземной лаборатории по экспериментальному размещению отходов с последующим переводом ее в состав могильника. // На участке «Енисейский» опытно-промышленное захоронение РАО считают возможным (п. XXII). Но

соответствующее решение официально не принято ФГУП «НО РАО». Есть опыт ГХК эксплуатации условно (п. XLIV) аналогичных объектов. Но при этом нет обоснования гидрогеологической аналогии разных участков промышленной зоны ГХК и анализа данных эксплуатации массива. Производительность намечаемого ПГЗРО велика. Изучение массива другими способами возможно и эффективно экономически. Но пользователь недр не принял рекомендации ГКЗ перейти к разведочной стадии. Опыт строительства и эксплуатации ПГЗРО в России отсутствует. Декларируемая Национальным оператором подземная исследовательская лаборатория (ПИЛ) не идентична лаборатории по экспериментальному размещению отходов. **Вывод:** ПИЛ ФГУП «НО РАО» не соответствует смыслу и условиям разрешаемой опытно-промышленной эксплуатации объекта; не соответствует и «Методическим рекомендациям...».

Федеральные нормы и правила «Захоронение радиоактивных отходов» действовавшие на момент «выбора» участка «Енисейский» НП-055-04

XIV. Участок не соответствует пунктам 3.1.1 (не исследованы в должной мере фактические гидрогеологические факторы, особенно – по направлению разгрузки подземных вод от ПГЗРО), 3.1.4 (поставщики и планируемые объемы РАО для ПГЗРО не были полностью известны при планировании цеха ГХК в 1992 г. и ПГЗРО в 2006 г.), 3.1.7 (в части отсутствия трещиноватых зон с водопритоком в выработки и их затоплением на этапе автономного существования ПГЗРО либо прежде при прекращении водоотведения по экстремальным причинам) и 3.1.8 (в части отсутствия гидравлической связи ПГЗРО с дневной поверхностью и водоносными горизонтами).

Действующие в настоящее время НП-055-14

XV. Участок не соответствует следующим требованиям. 1. Невозложение бремени на будущие поколения (п. 5). 2. Ограничение контакта подземных вод с инженерными барьерами и миграции радионуклидов при нарушении этих барьеров (п. 29). 3. Техногенное неснижение изолирующих свойств естественных барьеров (п. 32). // Скважины из ПИЛ при трещиноватых зонах на уровне ПГЗРО и плохой сохранности скважин могут интенсифицировать водоприток в него. 4. Учет внешних воздействий (п.33). // Судоходная река и плотины ГЭС повышают риски внешних воздействий на ПГЗРО. 5. Достаточность изысканий и научных исследований для определения и обоснования безопасности ПГЗРО (п. 34). 6. П. 35 и 36 (в части выхода радионуклидов из ПГЗРО, их переноса подземными водами). 7. П. 38 и 39 (мониторинг миллион лет). 8. Знание характеристик участка, главные из них (гидрогеологические) противоречивы либо на путях разгрузки не определены. 9. П. 40-42 (прогноз безопасности по фактическим данным). 10. Исследование характерных гидрогеологических условий (к п. 46). 11. П. 49 (оценка безопасности ПГЗРО), 51 (размеры площадки ПЗРО, см. комментарий предыдущего раздела к п. 3.1.4, объемы РАО не были полностью известны и в

2018 г.), 53 (однородные породы без трещиноватых зон), 54 (см. п. 3.1.8 предыдущего раздела).

Закон «О лицензировании отдельных видов деятельности»

XVI. Статья 15, п. 1_1. Лицензия на размещение отходов I-IV классов опасности имеет приложение, в котором... указываются виды и (или) группы отходов // Такая предписанная детализация относительно обобщенного вида «твердые РАО» приложена к лицензиям для ПГЗРО? Если детализации нет, то как быть, например, с графитом АЭС?

Методические указания по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных...

XVII. Затраты по участку «Енисейский» авторы стройки в Железногорске толкуют как обеспечение «научного объекта без РАО и без проходки и обустройства эксплуатационных выработок для захоронения РАО». «Решение о создании ПГЗРО будет принято только после подтверждения его безопасности по результатам исследований в ПИЛ, общественных обсуждений и получения лицензии». // Реализуют новый вид пользования, который распорядителем недр не рассмотрен и фактически обнуляет смысл принятых ранее для ПГЗРО (введение и п. XIII) документов. Имеет ли ФГУП «НО РАО» лицензии именно для самостоятельного, якобы предваряющего ПГЗРО, достаточно длительного строительства и эксплуатации ПИЛ, чтобы сформировать комплект документов на «весь цикл работ по недропользованию»? Есть ли право пользования участком недр, относящимся именно к ПИЛ, «в определенных границах по площади и разрезу с установленными целью, сроком и условиями пользования»? И есть ли лицензия на исследования после 2020 г. участка «Енисейский» (на которые и деньги не предусмотрены)?

XVIII. 1.7. Пользоваться недрами можно после: **а) решения Правительства РФ** по согласованию с органами исполнительной власти субъектов, территория которых будет использована для захоронения РАО. // Правительство Красноярского края, судя по письму Администрации Президента РФ № А26-02-99156691 от 27.09.2019, согласования Распоряжения Правительства № 595-р и лицензии КРР 16117 ЗД не осуществляло. В 2009 г. регионом согласованы лишь проектно-изыскательские работы на участке, а в 2013 г. – ПГЗРО (статус «планируемый») в схеме территориального планирования РФ в области энергетики. Право ФГУП «НО РАО» хоронить РАО в недрах участка «Енисейский» законно?; **г) решения органа управления недрами**, согласованного с органами исполнительной власти субъектов РФ, для изучения. // Было ли согласование с распорядителем недр права изучения участка? Есть от 07.09.2009 письмо-согласование зам. губернатора Красноярского края о проектно-изыскательских работах в адрес Росатома (а не распорядителя недр), которое оформлено, похоже, на основе недостоверной информации письма-запроса от Росатома (обосновывающая ссылка на работы 1992-2005 годов по площадкам Нижнеканского массива **гранитов**, а запрашиваемое согласование по участку «Енисейский» «Нижнеканского» массива **гнейсов**) и единолично, а отправлено не без вопросов. По какому

согласованию распорядителя недр с регионом выполнялись все стадии геологического изучения? // В публикации «Ответ на многочисленные обращения граждан по вопросам нарушения законодательства при планировании Госкорпорацией «Росатом» строительства пункта захоронения радиоактивных отходов 1 и 2 класса в ЗАТО Железногорск Красноярского края» от 21 Сентября 2016 г. лишь перечислены некоторые регламентирующие документы и некоторые выполненные действия при оформлении разрешительных документов. В частности, не упоминают факты необходимого согласования с регионом прав недропользователя (сначала - ГХК, потом - НО РАО) на захоронение РАО и геологическое изучение недр до проекта ПГЗРО на всех стадиях с самого начала. В ответе Минприроды забыли о явных нарушениях законодательно установленной процедуры оформления прав пользования недрами.

XIX. 2.2.3. Право на строительство и эксплуатацию объекта предусматривает двухэтапный порядок. На первом этапе - детальные геолого-гидрогеологические исследования... // Этот, один из двух возможных, вариант зафиксирован лицензиями ФГУП «НО РАО» при отказе от разведочной стадии (первый вариант)?

XX. 7.1.3. Горный отвод определяют на основе прогнозирования влияния РАО на окружающие участки недр. // Оценить гидрогеологическое влияние ПГЗРО, особенно на путях разгрузки подземных вод, нельзя без известных по факту характеристик массива.

XXI. 7.3.2. Для захоронения РАО выбирают практически водонепроницаемые породы. // Это для участка «Енисейский» и соседних натурными исследованиями не доказано.

Протокол ГКЗ № 4523 от 03-02-2016

Решение комиссии

XXII. 2.1. Участок «Енисейский» потенциально пригоден для захоронения РАО в объеме до 160 тыс. куб. м. // В прилож. 3 применен термин «пригодный». Такое же несоответствие - в прилож. 10 к лицензии КРР 16117 ЗД. Пользователем предложение о захоронении РАО не принято. 2.2. Возможны разведка и опытно-промышленная эксплуатация участка. // ФГУП «НО РАО» предложения о разведке и опытном захоронении РАО не приняты.

Приложение 2, рекомендации, О.И. Гуськов и Л.З. Быховский

XXIII. Стр. 24-25. Представить материалы разведки. Уточнить... обстановку на путях миграции радионуклидов..., уделяя особое внимание численным характеристикам свойств массива. Изучить на пути... трещиноватость и целостность массива, гидрогеологические условия детально. Выполнить инженерные изыскания... до Енисея... // Рекомендации реализованы?

Приложение 3, Справка об особенностях участка и его пригодности, В.А. Караулов

XXIV. Стр. 26. Термины: «Окончательная изоляция радиоактивных отходов», ... // Законом № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными

отходами...» предписаны «захоронение радиоактивных отходов» и «пункт захоронения радиоактивных отходов».

XXV. Стр. 29. «В выработках не отмечались... опасные явления». // Замалчивают возможную фильтрацию воды из массива в выработки, которая может при ремонте и водоотливе опасности не представлять, но стать опасной для автономного ПГЗРО. Существует ли дренаж выработок-примера? Предусмотрен ли он в ПГЗРО?

XXVI. Стр. 30. Обозначено ожидаемое выполнение задач на оценочной стадии. // Результаты учтены при оформлении лицензии КРР 16117 ЗД?

XXVII. Стр. 31. В связи с глубиной исследований 700 м в качестве основных были приняты результаты изучения массива при бурении 10 поисково-оценочных, 4 гидрогеологических и 6 изыскательских скважин. // Номинальную глубину 700 м задали лишь 8 скважинам.

XXVIII. Стр. 33. Зоны тектонических нарушений полностью «залечены» и не имеют отличий фильтрационных свойств от окружающих пород. // Это не доказано.

XXIX. Стр. 33. Разделение пород по водопроницаемости - ГОСТ 25100-2011. // Практика гидрогеологических оценок для горнорудных объектов. Но ГОСТы – это зафиксированный нормой опыт безопасной **массовой** деятельности с применением проверенных **массовых** технологий и материалов для результатов с гарантией пригодности до сотни лет. ГОСТы приняты только в СНГ. ГОСТ 25100-2011 отражает условия наземного или приповерхностного строительства. ПГЗРО – единичное изделие, в мире нигде нет, этап и нормы строительства при этом не являются главными. Например, заказчик TACIS Project NUCRUS 95410 – Европейская Комиссия первой задачей видела разработку критериев. И не на основе сторонних стандартов, с учетом, но не исключительно на рекомендациях МАГАТЭ, а на анализе заново международного опыта единичных работ именно по захоронению РАО, еще не отформатированных стандартизацией. Так появился в NUCRUS 95410 критерий пригодности по водопроницаемости $<0,001$ м/сут, который не соответствует границе ГОСТа $0,005$ м/сут. ГОСТ 25100-2011 обеспечивает сохранность строительных конструкций на относительно небольшом интервале времени. Природно-техногенный ПГЗРО (главное - массив) предназначен не сохранять искусственные конструкции, а миллион лет предотвращать выход радиоактивности в биосферу за пределы горного отвода при любой степени сохранности инженерных барьеров безопасности (стекло, металл, бетон).

XXX. Стр. 33. Водоносный горизонт четвертичных отложений влияния на строительство не окажет. // А на сверхдолговременное существование разных ПЗРО? Стр. 33-34. Относительно водоносная зона - до глубины 50-100 м. Четких границ с породами ниже не имеет. Коэффициенты фильтрации - от $0,0004$ до $0,11$ м/сут, в среднем $0,011$ м/сут. // По NUCRUS 95410 эта зона не должна вмещать в себя ПЗРО. Стр. 34. Для «водонепроницаемой зоны» значений нет. // Целевой интервал?!

XXXI. Стр. 34-35. Гидрогеологическая модель, оценка миграции и радиационного воздействия... // Без разведки теоретические оценки по

представлениям на 2016 г. недостоверны. См. также нерешенные задачи в перечне стр. 36, противоположные 2016 г. негативные представления 2019 г. о гидрогеологии участка, натурные данные о плохой устойчивости пород по 20 исследовательским скважинам, аргументы настоящей статьи. Как показано Б.Е. Серебряковым, из-за некорректного учета изотопного состава РАО, искажений при определении коэффициентов фильтрации и человеческого фактора представленные оценки опасности, обусловленной возможными выносами из ПГЗРО, имеют шанс быть аннулированы.

XXXII. Стр. 35. Территория не имеет законодательных запретов на строительство. // Смелое заявление без горного отвода и доказательства безопасности ПГЗРО. Стр. 35. Размеры площадки полностью обеспечивают размещение необходимых сооружений. // Этот «вывод» не соответствует знаниям 2016 г. (см. комментарий к п. 51 НП-055-14). Поставщики и объемы РАО для ПГЗРО вряд ли полностью известны и сейчас. У желания Росатома разместить здесь как можно больше отходов, похоже, вообще нет предела. Стр. 35. Единое тело, ... имеющее низкую трещиноватость. // У многих специалистов мнение иное. См. абзац 3 стр. 52 протокола ГКЗ. Стр. 35. В пределах рабочей толщи не содержится... пластов проницаемых пород. Массив ... с глубины 80-200 м представлен водонепроницаемыми породами. Трещиноватые зоны не выявлены. // На стр. 34 начало «водонепроницаемых» пород обозначено на глубине 50-100 м? Водонепроницаемые породы выявлены в 2019 г. по тем же первичным материалам, которые положены в основу выводов В.А. Караулова. Стр. 36. Вопрос о взаимодействии подземного потока с Енисеем. // Он не должен решаться на стадии «рабочий проект» - это противоречит практике геологоразведки.

XXXIII. Стр. 36. Участок «Енисейский» можно считать соответствующим требованиям МАГАТЭ, НП-055-04, а также Методическим рекомендациям... и, соответственно, пригодным для строительства и опытной эксплуатации объекта изоляции РАО в составе подземной лаборатории и первоочередного объекта захоронения. // 1. Не указано соответствие Закону о недрах. 2. Документы по ссылкам содержат рекомендации и нормы не только относительно участка, но и процедуры его выбора. 3. «Участок можно считать...пригодным для... захоронения». В.А. Караулов и ГКЗ вопреки формулировкам ФГУП «НО РАО» и ИБРАЭ РАН уже фиксируют пригодность участка и для строительства, и для опытной эксплуатации объекта захоронения. Да еще и разделяют составляющие подземного комплекса. 4. Каким конкретно требованиям МАГАТЭ соответствует участок? Нормы МАГАТЭ по безопасности. Захоронение радиоактивных отходов. Пункты 1.4 – необходимость выбора площадок, 1.8 – возможность извлечения РАО в будущем, 1.10 (с,d) – миграция радионуклидов, 1.20 – варианты возвращения к предыдущему этапу. Требование 3, ответственность оператора (в частности, за выбор площадки), пункты 3.12 и 3.13 - ответственность за исследования. Требования 4-6... Этим требованиям - соответствует? 5. Международной практике в части гидрогеологии на примере NUCRUS 95410 участок не соответствует. 6. Как показано аргументами

настоящей статьи, он еще много чему не соответствует. 7. См. также критику обоснования ПГЗРО в статьях Б.Е. Серебрякова на сайте «Проатом».

Целесообразна такая формулировка: по особенностям выбора и геологического изучения, инструментально измеренных характеристик пород и изотопного состава РАО обоснование участка «Енисейский» может не соответствовать ни документам МАГАТЭ, ни международной практике захоронения отходов, ни практике надежных гидрогеологических исследований, ни Закону о недрах и Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр, ни Закону и Методическим указаниям о лицензировании, ни требованиям НП-055-04/НП-055-14; не доказана потенциальная пригодность участка для строительства и опытной эксплуатации ни ПИЛ, ни какой-либо из очередей ПГЗРО, а толкования ситуации разными группами (Красноярскгеология + ГКЗ, НО РАО + ИБРАЭ РАН) участников проекта противоречат друг другу.

Приложение 4, экспертное заключение, А.А. Рошаль

XXXIV. Стр. 37. Представлены материалы... для обоснования строительства объекта. // Цель в сравнении с прилож. 3 обозначена более правильно: не ПИЛ и не «первая очередь». Стр. 37. Участок «Енисейский» Нижне-Канского массива. // Каково полное и по правилам русского языка геолого-географическое название массива?

XXXV. Стр. 37-38. Лицензия КРР 01696 ТП на изучение участка «Енисейский» выдана 26.12.2006 (до 2015 г.). Поисковые работы – до II кв. 2007 г. Разведка – до 2012 г. // 1. По протоколу ГКЗ (стр. 6) поиски на участке – 2009-2010 гг. Первая скважина 1-Е (когда?). 2. Не слишком ли быстрый поиск неизвестной площадки и неизвестного целевого интервала? 3. Третье мнение – на участке поиски начались в 2003 г. Если здесь работы выполнялись ранее, то по какой лицензии? 4. Как учитывались Закон о недрах, НП-055-04 и НП-055-14 (2014-2015 гг.), Методические рекомендации... (2008-2015 гг.), Методические указания...? 5. Все документы к оформлению лицензии КРР 01696 ТП и рассмотрению итогов работ по ней в ГКЗ? 6. Не выполнены разведочные работы.

XXXVI. Стр. 37-41. История и изменения планировавшихся работ, выводы и рекомендации экспертиз, планы и результаты, противоречия между документами. // История, похоже, повторилась в соответствующих планах (этапы I и II,) и результатах ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года». Причина, вероятно, не только в изменявшемся статусе ПГЗРО, объемах РАО, пользователе недр, но и в том, что задача обоснования назначенной площадки на деле оказалась сложной. Стр. 41-42. Доизучение участка проводилось одновременно с инженерными изысканиями. Проектно-изыскательские работы. // Изучение/доизучение – работа до проектирования ПГЗРО. Геологический проект доизучения участка и сопряженных территорий вряд ли правомерно подменять инженерными изысканиями под фрагменты проекта строительства.

XXXVII. Стр. 45. Локально обводненный горизонт четвертичных отложений не окажет существенного влияния на строительство. // А на

функционирование ПГЗРО? Стр. 46. В «относительно водоносной» и «водонепроницаемой» зонах встречаются породы с коэффициентом фильтрации до десятых долей м/сут. Разгрузка вод «водонепроницаемой» зоны происходит за пределами изученного. // Заполненный отходами ПГЗРО может быть затоплен в режиме фильтрации воды через него в смежные породные комплексы. Нужны натурные исследования процесса на разведочной стадии. Стр. 46-47. Воды «водонепроницаемой» зоны в сравнении с «относительно водоносной» зоной несут заметные примеси. // Возможно, дренирование воды в массиве не свободно от заимствований компонентов пород и переноса их на значительные расстояния – тревожный факт, учитывая низкую устойчивость техногенных барьеров к воде. Стр. 47. «Водонепроницаемая» зона окажет ограниченное влияние на обводненность выработок. // Для ПГЗРО предполагают обратное.

XXXVIII. Стр. 47. Выбор участка и целевых горизонтов возражений не вызывает. // О каком «выборе» идет речь? У многих процедура «выбора» и результат вызывают возражения.

XXXIX. Стр. 50-64. Фильтрационная модель со множеством допущений, неточностей и ошибок. // См. комментарий к п. XXXI.

XL. Стр. 51. Относительно водоносная зона до 50-150 м представлена, в основном, непроницаемыми породами. // Это утверждение не коррелирует с условиями бурения скважин - неустойчивостью ствола в верхних (и не только) интервалах. В шести скважинах, сохраненных для мониторинга, стволы до глубины 100 м были укреплены обсадкой. Стр. 55. Прогнозные водоприток в выработки: например, до 10 куб. м/час и более на 10 метров открытого ствола до его глубины 130 м. // Противоречие тезису о непроницаемых породах.

XLI. Стр. 59. В скважине ПР-1 проводился односкважинный трассерный опыт для оценки потока подземных вод. Противоречивые результаты (хаотичное изменение индикатора в отбираемых на протяжении почти двух месяцев пробах) авторы-исполнители не объясняют, сообщая, о том, что «не было обнаружено существенного поступления жидкости извне в исследуемый интервал». Но есть результаты простой и очевидной проверки. Изолированный от скважины по всему стволу до отметки 492 м массив из своих запасов через целевой интервал (492-520 м) пять суток исправно, настойчиво и быстро компенсировал откачиваемые ежедневно из него 200 л воды «жидкостью извне». // Породы «водонепроницаемой» зоны, похоже, проницаемы. А отсутствие или необнаружение потока вод могут иметь другие причины. Достаточно создать в массиве неоднородность гидравлического потенциала (построить ПГЗРО с прогревом его на 700 лет тепловыделениями РАО до 70-100 градусов и конвективной составляющей вод в восходящем направлении – стр. 64 протокола ГКЗ) – порода удерживать воду не будет.

XLII. Стр. 60. Участок «Енисейский» по гидрогеологическим условиям является благоприятным... Он соответствует нормативным требованиям. // 1. Участок по гидрогеологическим условиям не является благоприятным в пределах рабочей толщи. Пути разгрузки подземных вод в смежные массивы и Енисей не изучены. 2. Участок не соответствует требованиям НП-055-14. Стр.

65. Водозабор подземных вод (семь скважин на удалении 1,5 км от ПГЗРО, на расстоянии 200 м друг от друга, производительностью 120 куб. м/сут на скважину). // Противоречие тезису о непроницаемых породах. Стр. 69. Пригодность участка – повторы. // Не доказано.

Приложение 6, экспертное заключение, А.А. Верчеба

XLIII. Стр. 82-83. На путях миграции радионуклидов практически отсутствуют фактические данные. Район изучен слабо, особенно гидрогеологические условия..., распространение подземных вод. // Важнейший недостаток изучения участка отмечен неоднократно в протоколе ГКЗ.

XLIV. Стр. 84. Приведен убедительный материал по устойчивости выработок ГХК в пользу выбора места для хранилища РАО. // Эта устойчивость – не главное. ПГЗРО – не хранилище. Место для него не выбрано соответственно международной геологической процедуре, а назначено в связи с корпоративной потребностью. «Жизнь» выработок ГХК при контроле изнутри, возможности ремонта, удалении поступающей из массива воды, в течение десятков лет не может быть безусловным обоснованием строительства ПГЗРО на миллион лет. См. п. XXV.

XLV. Стр. 84. В отчете нет фотодокументации керна. // Это обстоятельство способствует появлению у исполнителей субъективных оценок недопустимого уровня. Фотодокументация керна была, а информация о стенках скважин - плохое качество пород. Б.Е. Серебряков на сайте «Проатом» предлагает поручить независимым геологам/горнякам выполнить ревизию керна участков «Енисейский» и «Верхнеитатский», сравнительную оценку трещиноватости на основе существующих классификаций. Керна – основной источник информации для нашего и будущих поколений по безопасности массива на всех этапах ПГЗРО. Он и электронная копия его фотодокументирования должны храниться практически вечно.

XLVI. Стр. 85. Исследования позволяют уверенно утверждать, что условия массива и целевого интервала благоприятны. // Интерпретация 2019 г., информация о состоянии скважин (индикатор инженерного качества пород), односкважинный трассерный опыт и другие аргументы настоящей статьи утверждают обратное. Стр. 85. Бурение глубоких скважин в контуре ПГЗРО не проводилось во избежание нарушения сплошности массива. // 1. Какой классификации скважин принадлежит термин «глубокие»? 2. Данное обоснование отсутствия бурения (сохранение недоказанной сплошности) спорно. 3. Почему не выполнено бурение на смежных с площадкой ПГЗРО территориях? 4. Настойчивое (с 2012 г.) невыполнение рекомендаций Минприроды по переходу к разведке способствует сохранению мифа о сплошности массива.

XLVII. Стр. 85. Гидрогеологические условия являются подходящими. // Интерпретация 2019 г., применение по примеру международного проекта NUCRUS 95410 критерия допустимой проницаемости пород <0.001 м/сут, аргументы настоящей статьи утверждают обратное. Стр. 86. Гидродинамические условия изучены. Позволительно признать участок

пригодным для строительства ПГЗРО. // Информация из разных источников утверждает обратное. Стр. 86. Для подтверждения выводов необходимо получение фактических данных о проницаемости разреза и структуре подземного потока к зонам разгрузки. Вопрос о пространственном распределении и строении водопроводящих зон открыт. // Справедливое мнение.

XLVIII. Стр. 87. По сравнению с условиями в других странах показатели участка «Енисейский» являются предпочтительными. // Сравнение с какими странами? Условия ПГЗРО в центре страны, вблизи мощной реки, маркирующей глобальную геологическую неоднородность, за рубежом - вне рассмотрения по причине явной непригодности.

XLIX. Стр. 87. Для достоверности выводов требуется продолжение натурных исследований на путях миграции загрязнений. // Справедливое мнение.

L. Стр. 87. Обоснования и выводы о пригодности участка для строительства и эксплуатации ПГЗРО правильны. // Этот тезис нельзя принять по причине отсутствия натуральных доказательств пригодности гидрогеологических условий площадки ПГЗРО и смежных территорий.

LI. Стр. 87. Соответствие участка «Енисейский» требованиям МАГАТЭ, национальным требованиям НП-055-14, рекомендациям МПР РФ не вызывает сомнений. // Вызывает. См. п. XXXIII.

LII. Стр. 88. Следует согласиться с необходимыми дополнительными исследованиями и изысканиями, а также с представлением их результатов в 2018 г. в ГКЗ для окончательного решения о возможности создания ПГЗРО на участке «Енисейский». // Были ли необходимые действия выполнены? Почему уже в 2016 г. выданы лицензии на создание ПГЗРО и захоронение РАО?

LIII. Стр. 88. Отчет мирового уровня. // Предыстория, назначение и локальность исследований (доизучение, оценочная стадия, расширение интервала), неподтвержденность важных внушаемых положений - нет мирового уровня и высокой оценки.

Заключение

Участок «Енисейский» отражает несоответствие реальности мировому опыту выбора мест захоронения РАО, а также российским юридическим и техническим нормам. Это может вызвать серьезные негативные последствия. Трудно понять строительство ПГЗРО с таким потенциалом.

В 2019 г. появилась новая интерпретированная геологическая информация о недрах участка «Енисейский», которая не подтверждает интерпретации 2016 г., позволившие оформить разрешительные документы (см. введение), а противоречит им. Поэтому материалы обоснования пригодности участка для создания ПГЗРО и оформления лицензий ФГУП «НО РАО» от 2016 г. целесообразно разным специалистам рассмотреть заново. Включая документы по каждому этапу работ: геологическое задание – проект на изучение – отчет – экспертиза. Российские оценки участка противоречивы. Сравнение с зарубежными подходами может усугубить негатив ситуации.

Необходима государственная повторная экспертиза имеющейся первичной и интерпретированной информации по участку «Енисейский», а также – разведка участка и путей разгрузки подземных вод. Ждем также официальных научных документов в рамках «общественно-экспертного контроля за ходом реализации проекта по созданию подземной исследовательской лаборатории – ПИЛ».

Автор считает сопоставление регулирующих документов и дел в сфере захоронения РАО, проверку соблюдения законодательства, норм и правил в области использования и охраны недр необходимыми и неизбежными. Первая попытка, в силу ограниченного объема статьи, получилась краткой затравкой. Кроме того, несмотря на внимание автора, возможны допущенные им недопонимание, неточности и ошибки. В таком случае, автор просит читателей его извинить и поспособствовать их отсутствию в дальнейшем – прежде всего, посредством обсуждения сути статьи. Чтобы общими усилиями убедиться, что необходимые законы и нормы выполняются.

МЕТОД ПРОЕКТОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ПРОСВЕЩЕНИИ

Актуальность проблемы экологического просвещения с течением времени неуклонно возрастает. Антропогенное воздействие на природу постепенно усиливалось на протяжении всего XX века, а в наше время достигло максимальных значений. В некоторых странах (например, Китай, Индия и др.) промышленные выбросы в атмосферу, водоемы приводит к серьезной угрозе здоровью населения. Такая же картина наблюдается и в некоторых регионах Российской Федерации. По мнению многих исследователей, кардинальные изменения во взаимоотношениях человечества и природных экосистем возможно исключительно через последовательное формирование экоцентрического мировоззрения у представителей всех слоев общества. Для этой цели необходимо использовать новые образовательные технологии, одной из которых является проектный метод.

Ключевые слова: просвещение, экология, здоровье, антропогенное воздействие, методы, проекты, природа.

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

PROJECT METHOD IN ENVIRONMENTAL EDUCATION

The relevance of the problem of environmental education has been steadily increasing over time. Anthropogenic impact on nature gradually increased throughout the twentieth century, and in our time has reached its maximum values. In some countries (for example, China, India, etc.), industrial emissions into the atmosphere and water bodies lead to a serious threat to public health. The same pattern is observed in some regions of the Russian Federation. According to many researchers, cardinal changes in the relationship between humanity and natural ecosystems are possible only through the consistent formation of an ecocentric worldview among representatives of all social strata. For this purpose, it is necessary to use new educational technologies, one of which is the project method.

Keywords: education, ecology, health, anthropogenic impact, methods, projects, nature.

Эгоцентрическое мировоззрение по своей сути является базисом общества потребления. На этой основе отношение к природе во многих случаях также обретает характер потребительский, безответственный, разрушительный. Следует особо отметить, что все проблемы, связанные с экологическими катастрофами локального или глобального масштаба, начинаются в сознании людей и реализуются затем в их действиях.

Без всякого сомнения, решение экологических проблем, а также переход к устойчивому развитию ноосферы невозможно без формирования экоцентрического сознания каждого человека и общества в целом. В этом отношении просвещение тесно переплетается с нравственным воспитанием, формированием экологической культуры, и прежде всего – у молодого поколения страны. Причем начинать этот процесс необходимо с детьми дошкольного возраста и продолжать непрерывно в период обучения в общеобразовательной школе и профессиональных учебных заведениях.

Во второй половине прошлого века многие страны столкнулись с серьезными экологическими проблемами. Вопросы экологической тематики появились на повестке дня научных конференций, исследований ученых разных направлений науки. В результате деятельности ООН (конференция в Рио-де-Жанейро, 1992) появился документ «Повестка дня на 21 век». В нем рассмотрена концепция устойчивого развития и условия для ее реализации. Через десять лет на Всемирном саммите по устойчивому развитию (Йоханнесбург, 2002) было отмечено, что именно соответствующее образование является основой, которая позволит изменить отношение социума к природе и обеспечить возможность устойчивого развития. Во многих публикациях показана важность экологического образования для решения разнонаправленных проблем, появившихся во взаимоотношениях человека и природы [2, 3, 5,7].

На протяжении длительного эволюционного развития педагогики появлялись, использовались и исчезали многочисленные методы воспитания и обучения. В настоящее время существует несколько их классификаций. Н. М. Верзилин и другие исследователи рассматривают систему методов обучения с точки зрения эффективности формирования у личности знаний, умений и навыков. Согласно классификации, по этому принципу можно выделить три их большие группы: методы словесные, наглядные и практические.

По мнению М. А. Данилова и других исследователей классифицировать методы обучения следует в зависимости от действий педагога. Согласно этой классификации, различают следующие группы методов: для подготовки учащихся, изложения нового материала, его закрепления, формирования и проверки знаний, умений и навыков.

Метод проектов многие авторы относят к инновационным [1, 4, 6]. Однако характерные черты, присущие ему, весьма созвучны эвристическим технологиям обучения, которые известны еще со времен Сократа, Жан-Жака Руссо.

Для метода проектов, так же, как и для эвристического, характерны такие этапы, как выявление проблемы, которую нужно решить посредством поиска, выдвижение гипотез, их анализа. При этом существенно увеличиваются степени свободы выбора средств и способов для решения обозначенной проблемы. Учащиеся получают навыки работы в команде, и в то же время могут проявить свои личные способности, осознать интересы, индивидуальные особенности.

Нами разработана методика проектной учебной деятельности для проведения наблюдения за природным явлением «листопад». Ее апробация в рамках международного экологического конкурса показала доступность для детей разного возраста. Исследования просты в исполнении, а результаты легко визуализируются в графиках и диаграммах.

Для проведения наблюдения за листопадом выбирают один экологический фактор (например, световой режим), по которому изучают два варианта. В каждом из вариантов должно быть не менее трех объектов наблюдения (древесных или кустарниковых листопадных растений). Три из них должны быть на открытом пространстве и три – в условиях затенения (например, с северной стороны от здания). Индикатором готовности растений к листопаду служит прочность прикрепления листьев к стеблю.

Методика определения готовности растения к листопаду состоит в следующем. Листовую пластинку берут указательным и большим пальцами за участок на расстоянии 10 мм от вершины (рис. 1). Постепенно увеличивают усилие на отрыв листа от стебля. Действие выполняют по направлению вдоль главной жилки листа до момента его отделения от стебля или разрыва листовой пластинки. По завершению исследования делают запись в журнале наблюдения в виде двух вариантов:

- лист разорвался;
- лист отделился.

Согласно методике изучения готовности растений к листопаду определение прочности прикрепления листьев к стеблю проводят до тех пор, пока количество листьев, разорвавшихся на исследуемом растении, достигнет трех. При этом количество отделившихся листьев может колебаться в широких пределах – от нуля до нескольких десятков.

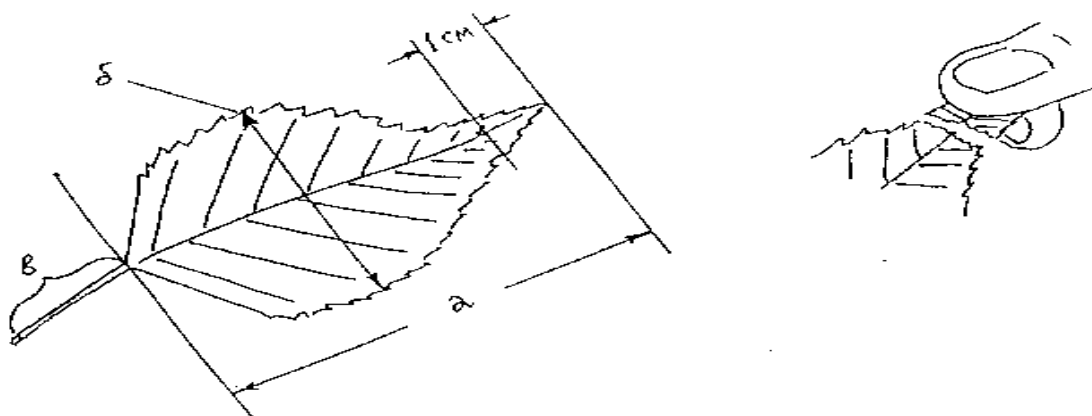


Рис. 1. Методика определения прочности прикрепления листа к стеблю

В начале сентября количество отделившихся листьев на три разорвавшихся обычно находится в пределах от нуля до нескольких единиц. По мере приближения к завершению подготовки растений к листопаду количество отделившихся от стебля листьев увеличивается.

В процессе наблюдения школьники гербаризируют листья в пропорции на три разорвавшихся один отделившийся (рис. 2). Это позволяет осуществить контроль над выполнением требований методики. Если исследователь изменяет расстояние от апекса листовой пластинки до точки приложения усилия на отрыв, то на гербарных образцах это визуально заметно.



Рис. 2. Гербарные образцы, полученные при определении прочности прикрепления листьев к стеблю растения

В процессе проведения наблюдений в дневнике указывают дату, когда при исследовании прочности прикрепления к стеблю у растения количество разорвавшихся листьев оказалось меньше трех. При этом на дереве или кустарнике еще могут находиться листья, которые расположены слишком высоко и уже недоступны для исследователя. По каждому растению также указывают дату завершения листопада в момент полного отсутствия листьев.

Используя полученные данные, оформляют отчет, в котором представляют таблицы наблюдений, графики, показывающие динамику подготовки растений к листопаду. Проводят математическую обработку информации (находят стандартное отклонение, рассчитывают коэффициенты корреляции, архитектоники). К каждой таблице, графику, диаграмме прилагают аналитический текст. Отчет завершают выводами и списком литературы.

Анализ полученных конкурсных работ показал, что творческие коллективы школьников во главе с учителем (руководителем проекта) в полной мере освоили методику проведения наблюдений за этим природным явлением, смогли осуществить математическую обработку полученных результатов, представили качественные гербарные образцы.

Важно отметить, что в процессе работы над проектом дети не только овладели простейшими методами проведения исследования в природе, но также получили навыки взаимодействия в коллективе. На разных этапах

этой деятельности возникали проблемные ситуации, решение которых происходило в режиме, который имеет черты сходства с эвристическим способом обучения. Причем, в обоих случаях появляется возможность формирования навыка обнаружения проблемы, выделения ее из общего списка возникших вопросов, что оказывается достаточно сложно. В жизни часто бывают ситуации, когда человек живет с проблемой, совершенно не замечая этого. И только обнаружив ее, он уже может применить несколько способов ее решения.

Таким образом, можно сделать вывод, что метод проектов так же, как и эвристический способ обучения, в отличие от других образовательных технологий, позволяет в процессе обучения моделировать ситуации, с которыми ребенок может столкнуться и в реальной жизни.

Библиографический список

1. Александрова У.В. Метод проекта – метод для успеха // *Инновационные технологии в науке и образовании*. 2016. № 1-1 (5). С. 99-101.

2. Антонов, А.Л. Перспективы развития экологического туризма в окрестностях Буреинского заповедника // *Матер. Междунар. науч.-пр. конф. «Охрана и научные исследования на особо охраняемых природных территориях Дальнего Востока и Сибири», посвящ. 20-летию организации Буреинского государственного природного заповедника. Чегдомын: Приамурское географическое общество, 2007. С. 6–11.*

3. Зубарев А.Е. Основные направления научных исследований по экологическому образованию в России // *Экологическое образование для устойчивого развития в условиях реализации Федеральных государственных образовательных стандартов: Материалы Международной научно-практической конференции (11–12 октября 2011 г.) / под ред. Е.А. Гринёвой. Ульяновск: УлГПУ, 2011. – С. 75–84.*

4. Лукьяненко В.С. Метод проектов. Актуальность, приемы, методы // *Новое слово в науке: стратегии развития. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2017. С. 94-96.*

5. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Проблема формирования экологического менталитета // *Экология и жизнь*. 2011. № 7. С. 44-49.

6. Попова Э.И., Фёдорова Л.А., Краснощёкова Д.И. Метод проектов – один из ведущих методов обучения в условиях реализации ФГОС ДО // *Современная образовательная среда: теория и практика. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. 2019. С. 89-91.*

7. Степанов С.А. Экологическое образование для устойчивого развития как важное направление модернизации высшей школы России / автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 2011. 58 с.

UDK 502/504

B.N. Bakytzhanova¹, I.S. Kopylov²

¹OJSC «KAZAKHSTANKIPISHOLF»,
Atyrau, Republic of Kazakhstan

²Perm State University, Perm, Russia

GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS OF KAZAKHSTAN

Geological and geoecological conditions and problems of oil and gas bearing regions of the Republic of Kazakhstan are considered. The main oil production is carried out within 5 regions of Western Kazakhstan. Particular attention is paid to the ecology of the oil and gas bearing regions of the Caspian Sea coast. Measures for the protection of nature are proposed. The most important environmental task of Kazakhstan is to conduct geoecological mapping of oil and gas regions, primarily the Caspian region and assess its geoecological state, taking into account natural and man-made factors, using engineering and aerospace geological research.

Key words: geoecology, environment, oil and gas regions, nature conservation measures, Kazakhstan.

Б.Н. Бакытжанова¹, И.С. Копылов²

¹ОАО «КАЗАХСТАНКАСПИЙШЕЛЬФ»,
г. Атырау Республика Казахстан

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

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ КАЗАХСТАНА

Рассмотрены геологические и геоэкологические проблемы нефтегазоносных районов Республики Казахстана. Основная нефтедобыча осуществляется в пределах 5 областей Западного Казахстана. Особое внимание уделено экологии нефтегазоносных районов побережья Каспийского моря. Предложены мероприятия по охране природы. Важнейшей экологической задачей Казахстана является проведение геоэкологического картирования нефтегазовых регионов, в первую очередь – Каспийского региона и оценка его геоэкологического состояния с учетом природных и техногенных факторов с применением инженерно-аэрокосмогеологических исследований.

Ключевые слова: геоэкология, окружающая среда, нефтегазоносные районы, мероприятия по охране природы, Казахстан.

Introduction

One of the most important problems in the oil and gas regions of Kazakhstan is the protection of the environment and the reduction of its pollution during the development of oil and gas fields.

The main oil-producing region of Kazakhstan is the Caspian oil and gas province (OGP), which has been studied by geological and geophysical methods for over 100 years, several large oil and gas fields have been discovered.

Administratively, oil and gas production is carried out in the western part of Kazakhstan within 5 regions (Fig. 1).

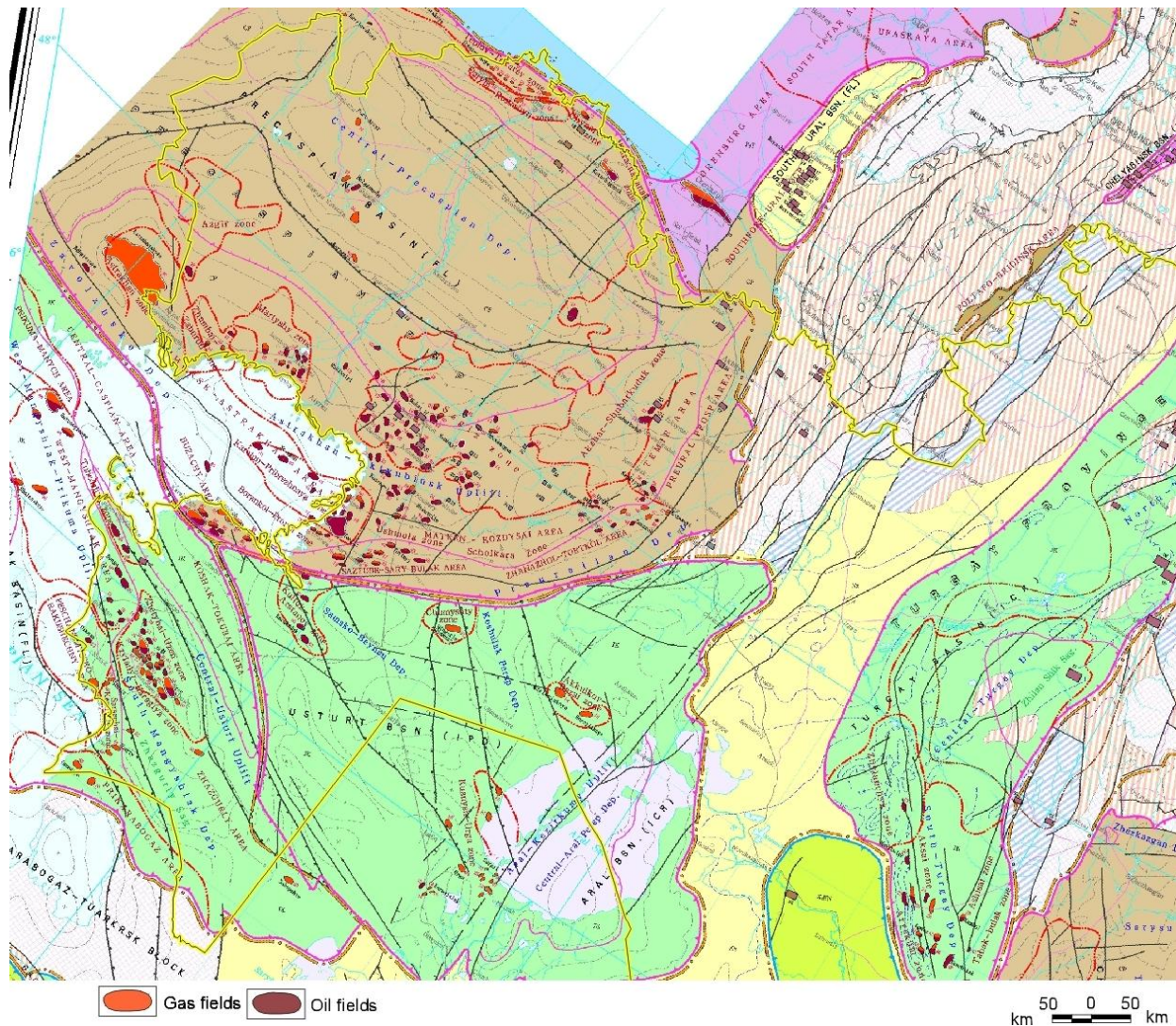


Fig. 1. Fragment of the map of Fuel and energy resources of North, Central and East Asia. Scale 1: 2,500,000 [18]

The largest hydrocarbon production is in the oldest oil and gas production Atyrau region, where commercial production of hydrocarbons has been conducted since 1912 (Dossor). Its main fields are Kashagan (oil reserves - 2 billion tons), Tengiz (1 billion tons), Korolevskoye (77 million tons). Among the large deposits of the Aktope region, one can list the Zhanazhol deposits (83 million tons), Northern Truva (64 million tons), Alibekmola (39 million tons). In the Mangistau region, there

are such deposits as Uzen (100 million tons), Kalamkas (61 million tons), Severnye Buzachi (68 million tons), Zhetybai (53 million tons) and Karazhanbas (44 million tons). In the West Kazakhstan region, Karachaganak (200 million tons) is being actively developed [18, 19].

Geological structure

The Caspian oil and gas province in the regional tectonic plan corresponds to the Caspian syncline (depression), which is a southeastern deeply submerged part of the ancient East European platform. The Caspian basin is unique in that the ancient Precambrian crystalline basement in its center, according to geophysical data, is submerged to a depth of 22-24 km. From the center to the sides (east, north, west and south) the basement surface rises stepwise to depths of 6-7 km. The sedimentary cover (6-24 km) is subdivided into three lithologic-stratigraphic megacomplexes: subsalt, suprasalt (meso-Cenozoic and upper Permian) and, separating them, saline (Kungurian stage of the lower Permian). In many areas, drilling revealed rocks of the Meso-Cenozoic, saline complex, and subsalt: Assel, Sakmara, and Artinsk layers of the Lower Permian and coal deposits. Devonian rocks were discovered by wells within individual fields (Karashyganak, Tengiz, etc.). The most characteristic feature of the tectonics of the Caspian syncline is the presence of salt domes that complicate the structure of the above-salt floor. The total number of salt domes exceeds 1000; the largest of them are known in the central and western parts of the syncline [3, 5, 20].

Regional oil and gas complexes and horizons

Four oil and gas bearing complexes are distinguished in the pre-Caspian oil and gas deposits in the suprasalt deposits: the Triassic (Permo-Triassic), Middle Jurassic, Upper Jurassic and Lower Cretaceous. Three complexes are distinguished in the subsalt deposits, the Middle Carboniferous, the Artinsky Upper Carboniferous and the Kungur. Perhaps the discovery of industrial deposits of gas and oil in the Devonian sediments. The most promising subsalt Paleozoic sediments are poorly studied by drilling, except for single wells on the South Emba uplift, as well as on the structures of the North Emba, on the Teplovskaya and Usovskaya structures south of the Zhadovsky ledge. From sub-salt deposits, industrial hydrocarbon inflows were obtained in the West Teplovskaya, Teplovskaya, Tashlinsky and Gremyachinskoye structures (lower Kungur and Artinsky tiers), oil inflows - at the Kenkiyasky and Karatyubinsky (Artinsky and Sakmarsky tiers), the Zhanazholsky oil and gas bearing Permian-Triassic complex is characterized by a large layers of gray-colored and red-colored strata for the most part of continental (lake) sediments. The Upper Permian deposits are oil-bearing on Kenkiyaskaya Square, and the Triassic - on most of the areas (Makatskaya, Kulsarinskaya, Dzhaksymaiskaya, Koschagylskaya, Iskineskaya, Kenkiyaskaya, Kokzhidinskaya, Karatyubinskaya, etc.) [5]. As a result of drilling super-deep wells at Aralsor, it was established [3] that the thickness of the Triassic deposits reaches 2777 m, and therefore the prospects for discovering new deposits increase. Oil production from the Triassic sediments reaches 50-100 tons / day.

Oil and gas accumulation zones, oil and gas fields and deposits

There are four types of oil and gas accumulation zones associated with the Caspian oil and gas condensate field: a) with salt domes; b) with folds, in the cores of which there are "salt pillows" (Prorva, Burankul); c) with reef massifs; d) with subsalt Paleozoic uplifts. Of most interest are subsalt uplifts. Of the approximately 30 proven salt domes with proven industrial oil and gas deposits, 20 domes are under development. Most of them are located in the interfluvium of the Emba and the Urals, in their lower reaches (Sagiz, Dossor, Makat, Iskine, Baichunas, etc.), and south of Emba (Karaton, Koschagyl, Kulsary, Munaili, Tulus, etc.). Deposits are also known in the eastern part of the Caspian syncline (Kenkiyak, Kokdzhidinskoe, Karatyubinskoe, etc.). Four types can be distinguished among the industrial deposits of the Caspian oil and gas condensate field: 1) associated with salt domes - their majority (Dossor, Makat, Kulsary, Kenkiyak, etc.); 2) confined to anticlinal structures, where salt is either absent or in the form of thickenings ("pillows") lies at a very great depth - 4-5 km; 3) confined to reef deposits; 4) confined to subsalt anticline structures.

Oil deposits are extremely diverse, especially those associated with salt domes. Anticlinal folds of the Prorvinskaya and Burankulskaya type are characterized by vaulted deposits of a complete contour. Similar deposits are found in salt domes (for example, Makat, Kulsary and Sagiz), but their number is small. On salt domes of the Kulsary or Iskine type in the Triassic, Jurassic and Cretaceous deposits there are deposits shielded by the steep slope of the salt rod [7]. The largest number of oil deposits belongs to the group of shielded discharges, however, deposits in grabens are extremely rare. As a rule, each oil field contains several types of deposits. The number of oil deposits on individual wings of the dome is from 4 to 10 and even up to 20 [5].

Ecological problems of the Caspian Sea coast

The negative impact on the ecology of the coast of the sea have:

- oil and gas complex (exploration, production, transport, oil refining);
- enterprises of chemical, metallurgical, processing industry, energy complex, food industry, agriculture, public service;
- pollution under the influence of sea level fluctuations, land flooding and coastal drainage.

The greatest adverse environmental impact in the Northern Caspian is associated with the development of the Karachaganak oil and gas condensate field, which has a high content of sulfur impurities, which is often carried out with gross violations of environmental requirements. At the same time, large areas of land are removed from agricultural use, thousands of tons of harmful substances are emitted into the atmosphere, including sulfur dioxide and hydrogen sulfide. Sulfur after purification of oil stored in the open air, under certain climatic conditions, can turn into many harmful chemical compounds and have a negative impact on the natural environment. Emissions include hydrocarbons, hydrogen sulfide, oxides of sulfur, carbon nitrogen. These substances enter the atmosphere, are adsorbed by the

underlying surface, which changes the natural conditions of the existence of biota. Analysis of the water of the Caspian Sea along the Tengiz coast shows that, in addition to oil pollution, there is an accumulation of synthetic surface-active substances, phenols, oil products and heavy metals in the water, which occupy a special place among the pollutants because they are not exposed to chemical and biological degradation. concentrations have a detrimental effect on aquatic ecosystems.

Features of the formation of the upper level of groundwater and the development of flooding on the coast of the Caspian Sea are mainly determined by the intensity of the technogenic development of the territory in these environmental conditions. Studies of the hydrogeological situation suggest that the fluctuations of the Caspian level occurring over the last 20 years have practically no effect on the development of flooding in the region, since the process was formed long before the beginning of the level increase under the influence of such man-made factors as irrigation systems and buildings. Since the process of flooding has been taking place over a long period of time, to date, the territory of a large area has been flooded. This radically changed the ecological situation in the region. Therefore, in the future, it is advisable to predict not an increase in the area of flooding when the level rises, but a change in the ecological and economic situation. The danger of further development of the process in the study area should be determined by economic and environmental damage [1, 3, 4].

Environmental problems of Western Kazakhstan

The main sources of air emissions in the city of Aktobe (according to studies of hygienists of the Aktobe region) are large enterprises of the chemical, metallurgical, energy industry. The main contribution of emissions is made by JSC Ferrochrome, JSC Aktobemunaygas, JSC AZHS. The daily ferroalloy plant throws out the following substances: coarse dust, chromium oxides, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, carbon oxides; Chromium compounds plant - inorganic dust containing 3 and 6-valent chromium aerosols, sulfur dioxide, carbon monoxide, hydrogen sulfide. Numerous studies of the health of the population of the Western region show an increase in the incidence rate compared with previous years, associated with poisoning by chemicals such as chromium and boron.

Karachaganak oil and gas condensate field, located in the West Kazakhstan region, releases into the atmosphere compounds containing lead, cadmium, zinc, iron, cobalt, vanadium, polluting the soil, vegetation, agricultural products and water sources. In the settlements of the region, over the past 10 years, demographic indicators of the health of the population have deteriorated, manifested in a decrease in the birth rate, an increase in the overall mortality rate, and a sharp deterioration in reproduction. A particularly serious problem of environmental catastrophe is in the settlements of Berezovka and Tungush.

Atyrau region is one of the most dynamically developing areas of the Republic of Kazakhstan. On the territory of the region there are 80 hydrocarbon deposits, of which 62 are oil, 14 go-oil, 3 oil and gas condensate, 1 gas condensate. Oil and gas

producing companies of the republic operate in the region: Tengizchevroil LLP, Agip KCO, Kazakhoil-Emba OJSC and Atyrau Refinery. The lowest rates of life expectancy are recorded in this area.

The oil and gas condensate industry also predominates in the territory of Mangystau region. The activities of large enterprises of Ozenmunaygaz OJSC, Karazhanbasmunai OJSC, Karakudukmunai CJSC engaged in processing and transportation of petroleum products, and MAEC-Kazatomprom undoubtedly affect the ecological situation of the region and the health of the population.

The big problem of pollution of the Mangystau region is associated with the extraction of uranium ore and nuclear energy in its territory. As a result of the violation of environmental standards, uranium pits, the Koshkarata tailing dump, the mass of landfills that are sources of radioactive contamination remained open. In Kazakhstan, the disposal of drilling waste, which is a semi-liquid mass and solid sediment, is practiced directly in the sludge pits on the drilling site after the preliminary drying of their contents. However, such disposal does not prevent pollution of the natural environment, since the pollutants in the waste, due to their mobility and high penetrating ability, migrate to the soil grounds, causing negative processes in them.

Accidents on oil pipelines pose a serious threat to the environment for pollution of soils and landscapes with oil products. Here are just a few examples.

There are known pipeline accidents at the Zhantalap field. So, on June 7, 2013, a serious accident was recorded at the 14-kilometer pipeline of the ZhaiykMunayGas oil and gas production department, which connects the Zhanatalap fields in the Isatai region. The area of the oil spill of the accident was 3.2 thousand km². The reason is the deterioration of the pipe with a diameter of 219 mm [2].

On June 2, 2019, in the Mangistau region, as a result of a depressurization of the process pipeline (KazTransOil JSC) passing through the territory of the Zhetybai oil pumping station (OPS), oil transportation through the KTO Uzen-Zhetybai-Aktau main oil pipeline was stopped. In eliminating the consequences of the incident on the pipeline, 12 units of special equipment from the Mangistau Oil Pipeline Department of the KTO were involved. Oil pumping through the Uzen-Zhetybai-Aktau pipeline was resumed on 4 June.

On February 8, 2020, in the Mangistau region, 2 leaks occurred on the oil pipelines belonging to Mangistaumunaigaz - first, a leak was discovered on the axial pipe of a fiberglass pipe at the Kalamkas field. After switching to a backup metal corrector, another leak was discovered on another pipeline.

Environmental activity

It is necessary to improve the technology of oil and natural gas production. Prevention of catastrophic emissions of associated gases into the bowels of the earth under enormous pressure and their ignition. Improvement of the technology for the extraction and processing of oil fields characterized by a high content of asphalt-resinous substances and vanadium (Buzachinskoye field), characterized by a high content of paraffin fractions and high viscosity (Mangyshlak field). It is necessary to

carry out land reclamation, restoration of vegetation and soil. Avoid randomly laying dirt roads to prevent soil erosion.

It is necessary to conduct geocological mapping of oil and gas regions. The methodology of geocological research and the criteria for the integral geocological assessment of oil and gas regions have been developed in Russia and are widely used at different stages of the study, exploration and development of oil and gas fields [6-17].

When assessing the geological and environmental hazard of the territories of oil and gas pipelines, the most important methods are aerospace engineering studies [5, 10, 11, 13, 15, 16]. It is necessary to conduct a comprehensive geocological monitoring on the territory of the Northern Caspian and Western Kazakhstan with a comprehensive study of all components of the environment.

Conclusion

Thus, a negative impact on the environment of the Northern Caspian and Western Kazakhstan is exerted by: the oil and gas complex (exploration, production, transport, oil refining); enterprises of the chemical, metallurgical, manufacturing, energy complex, food industry, agriculture, utilities; pollution by sea level fluctuations, land flooding and coastal drainage []. In the Atyrau region, the lowest indicators of life expectancy of the population are registered.

The most important environmental task of Kazakhstan is to conduct geocological mapping of oil and gas regions, primarily the Caspian region and assess its geocological state, taking into account natural and man-made factors, using engineering and aerospace geological research. It is necessary to conduct a comprehensive geocological monitoring on the territory of the Northern Caspian and Western Kazakhstan with a comprehensive study of all components of the environment.

References

1. Bakytzhanova B.N. *Geoecology of oil and gas regions of Western Kazakhstan and the Caspian sea coast // Geoecology, engineering geodynamics, geological security. Perm, 2018. p. 58-62. (in Russian).*

Бакытжанова Б.Н. Геоэкология нефтегазоносных районов Западного Казахстана и побережья Каспийского моря // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 58-62.

2. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S. *Features of geological structure and ecological problems in the development of a gas-oil deposit Zhanatalap (Kazakhstan) // Geoecology, Engineering geodynamics, Geological safety. Pecherkinskie reading. Perm, 2020. p. 53-62. (in Russian).*

Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С. Особенности геологического строения и экологические проблемы при разработке газонефтяного месторождения Жанаталап (Казахстан) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020, С. 53-62.

3. Bakytzhanova B.N, Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. *Geoecology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection // European Journal of Natural History. № 4. 2016. P.28-33.*

4. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Satekov T.T. Regional environmental risk assessment of geosystems of Kazakhstan // *Theory and methods of research in the natural sciences*. Perm, 2016. P. 154-162. (in Russian).

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

5. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Seytekov T.T. Prospects for oil and gas exploration in the Caspian oil and gas province of Kazakhstan using remote sensing methods // *Geology and minerals of the Western Urals*. 2017. № 17. P. 75-79. (in Russian).

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. Galkin V.I., Seredin V.V., Leybovich L.O., Pushkareva M.V., Kopylov I.S., Chirkova A.A. Evaluation of the effectiveness of cleaning technologies of oil-contaminated soils // *Environmental protection in the oil and gas complex*. 2012. № 6. P. 4-7. (in Russian).

Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2012. № 6. С. 4-7.

7. Kozlov S.V., Kopylov I.S. Regularities of Occurrence of Unique and Large Oil and Gas Deposits in the Earth Crust. Deep Zones of Hydrocarbons Generation and Primary Asthenosphere Earthquakes as a Uniform Planetary Process // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2019. Vol. 18. № 1. P. 64-72. (in Russian).

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.

8. Konoplev A.V., Iblaminov R.G., Kopylov I.S. Geotechnical conditions of the Zhilyansky potash deposit (Kazakhstan) // *Modern problems of science and education*. 2014. № 5. (in Russian).

Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жилинского калийного месторождения (Казахстан) // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5.

9. Kopylov I.S. Principles and criteria for the integrated assessment of the geocological state of natural and urbanized territories // *Modern problems of science and education*. 2011. № 6. (in Russian).

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

10. Kopylov I.S. Results of detailed decoding of space images for assessment of geodynamic activity and identification of potentially hazardous karst areas of Kentau city (South Kazakhstan) // *Aerospace methods in geology*. Perm, 2020. P. 284-291. (in Russian).

Копылов И.С. Результаты детального дешифрирования космических снимков для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков города Кентау (Южный Казахстан) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 284-291.

11. Kopylov I.S. Scientific and methodological foundations of geocological studies of oil and gas regions and the assessment of the geological safety of cities and objects using remote sensing methods / abstract of thesis. ... doctors of geological and mineralogical sciences. Perm, 2014. 48 p. (in Russian).

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.

12. Kopylov I.S. The concept and methodology of geocological research and mapping of platform regions // *Prospects for science*. 2011. № 8 (23). P. 126-129. (in Russian).

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

13. Kopylov I.S., Bakytzhanova B.N., Dal L.I., Seytekov T.T. Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // *Aerospace methods in geology. Perm*, 2019. С. 48-54. (in Russian).

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 Пермь*, 2019. С. 48-54.

14. Kopylov I.S., Konoplev A.V. Methodology of assessment and zoning of territories by hazards and risks of emergency situations as the main result of geodynamic and man-made processes // *Modern problems of science and education*. 2014. № 1. (in Russian).

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.

15. Kopylov I.S., Konoplev A.V., Iblaminov R.G. The latest tectonics and modern geodynamics of Western Kazakhstan at the Zhilyansk potash salt deposit // *Modern problems of science and education*. 2014. № 5. (in Russian).

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.

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. Likutov E.Yu., Kopylov I.S. Complex of methods for studying and estimation of geodynamic activity / *Tyumen State University Herald*. 2013. № 4. P. 101-106.

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

19. Oil and gas potential for the benefit of the people of Kazakhstan. *KazMunayGas*. Almaty: Rauan. 2006. S. 74-86. (in Kazakhstan).

20. Zholtaev G.Zh., Bulekbaev S.E. Tectonics and oil and gas potential of the onboard zones of the Caspian syncline. Almaty: Kazakhstan 1975. 201 p. (in Kazakhstan).

Жолтаев Г.Ж., Булекбаев С.Е. Тектоника и нефтегазоносность бортовых зон Прикаспийской синеклизы. Алматы: Казахстан 1975. 201 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЯСНОПОЛЯНСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА НА ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ

Проведены инженерно-экологические изыскания Яснополянского лицензионного участка на территории Оренбургской области. Выполнена оценка современного состояния и прогноз возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: экология, изыскания, почвы, атмосферный воздух, подземные и поверхностные воды, Оренбургская область.

A.A. Boboshina
ООО "PermProjectSurveys", Perm, Russia

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE YASNOPOLYANSKY LICENSE AREA IN THE TERRITORY OF THE ORENBURG REGION FOR THE DEVELOPMENT OF THE BRUSH SITE

Engineering and environmental surveys of the Yasnopolyansky license area in the Orenburg region have been carried out. An assessment of the current state and a forecast of possible changes in the environment under the influence of anthropogenic load have been carried out.

Key words: ecology, surveys, soils, atmospheric air, underground and surface waters, Orenburg region.

Введение

В настоящее время во всех нефтегазодобывающих регионах, где осуществляется добыча углеводородного сырья наблюдается ухудшение качества природной среды практически по всем компонентам – почвам, природным водам, приземному воздуху, наблюдаются техногенные изменения ландшафтов [1, 2, 7, 8, 11, 15]. Необходимо для обоснования проектных экологических мероприятий проведение комплексных геоэкологических исследований с получением необходимых показателей и критериев состояния окружающей среды [9-13].

На территории Оренбургской области, в Ташлинском и Илекском районах в пределах 3 лицензионных участков (ООО «Сладковско-Заречное» владеет лицензиями на право пользования недрами): Сладковско-Заречный, Кошинский и Яснополянский ведется добыча углеводородного сырья на Сладковско-Заречном, Кошинском и Яснополянском нефтяных месторождениях. Общая площадь составляет 966 км² (рис.1).

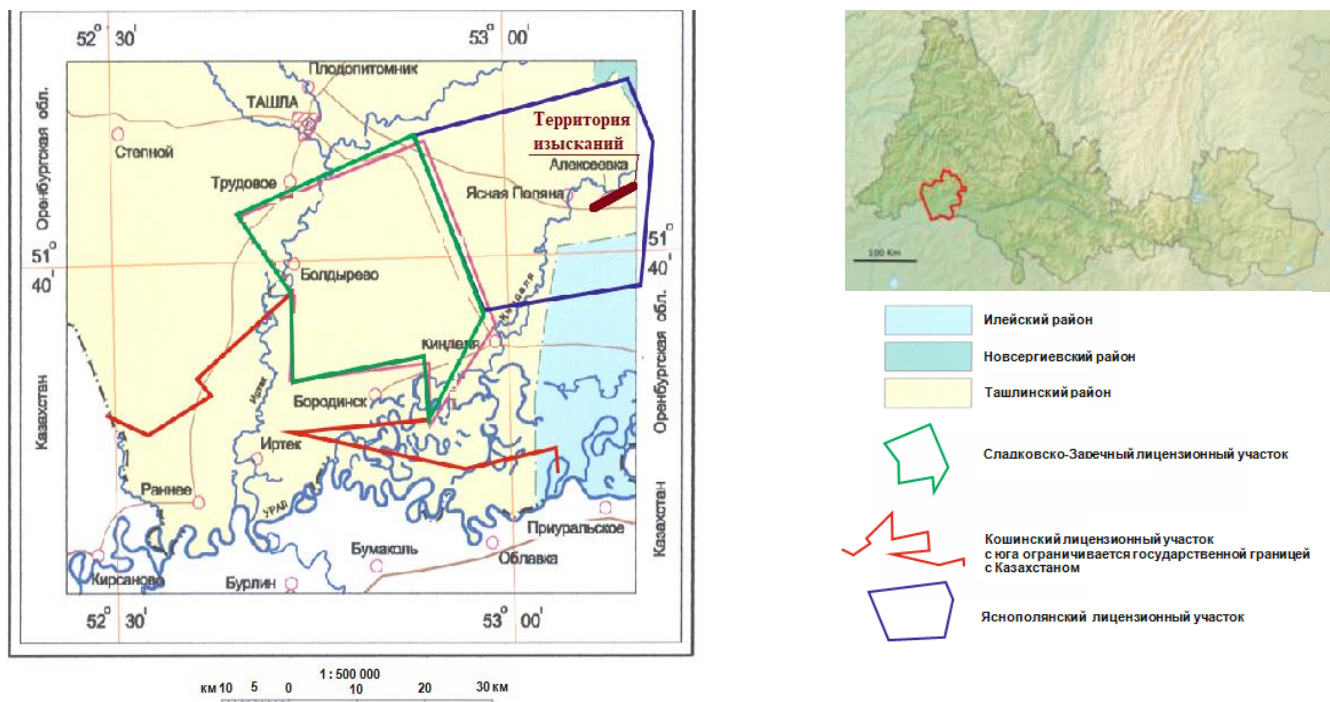


Рис.1. Местоположение района исследований и лицензионных участков

Цель исследований: получить информацию о современном состоянии окружающей среды в районе добычи углеводородов в Ташлинском и Илекском районах Оренбургской области с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий на основе проведения инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) [6].

Физико-географические и геологические условия

В административном отношении район исследований находится на территории Ташлинского района Оренбургской области, расположенный в юго-западной части ее части, граничит с Первомайским, Сорочинским, Новосергиевским, Илекским и Тоцким районами, а по реке Урал с Казахстаном. Ближайшие населенные пункты – Алексеевка, Ясная Поляна, Восходящий, Барышников (рис.1).

В физико-географическом отношении район исследований расположен на юго-востоке Русской равнины, степной зоне, в центральной плоскоравнинной полосе. Местность открытая, рельеф равнинный, имеет общий уклон в сторону реки Кинделя. Вся эта равнина, за исключением долин небольших рек и балок, занята пашней. Естественная поверхность территории подвергалась частичному влиянию техногенных факторов при гражданском строительстве, эксплуатации промышленных объектов и земель сельскохозяйственного назначения.

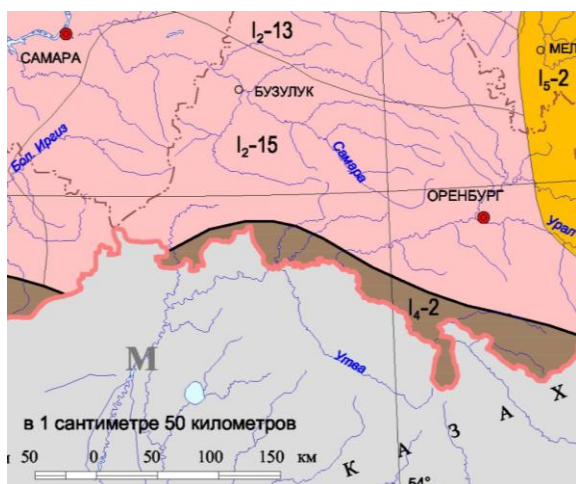
Гидрографическая сеть участка изысканий относится к бассейну Каспийского моря, представленная р. Урал и р. Кинделя (правобережный приток р. Урал). Ближайшим водным объектом является р. Кинделя.

Для почв района, характерна широтная зональность. От луговых степей к опустыненным последовательно сменяются следующие типы и подтипы почв: типичные, обыкновенные и южные черноземы, темно-каштановые, каштановые

и светло-каштановые почвы. Закономерная смена типов почв связана с действием трех ведущих процессов степного почвообразования: гумусонатпления, карбонатизации и осолонцевания.

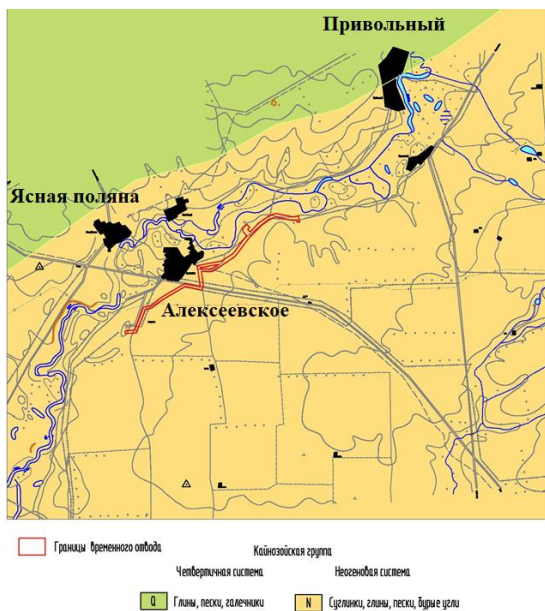
Для растительности степной зоны характерно отсутствие леса на ровных водоразделах. Участки лесной растительности занимают здесь поймы рек и их песчаные террасы, холмистые междуречья и склоны, выходы разрушающихся скальных пород.

В геологическом отношении территория располагается в пределах Восточно-Европейской платформы, на границе Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской синеклизы (рис. 2)

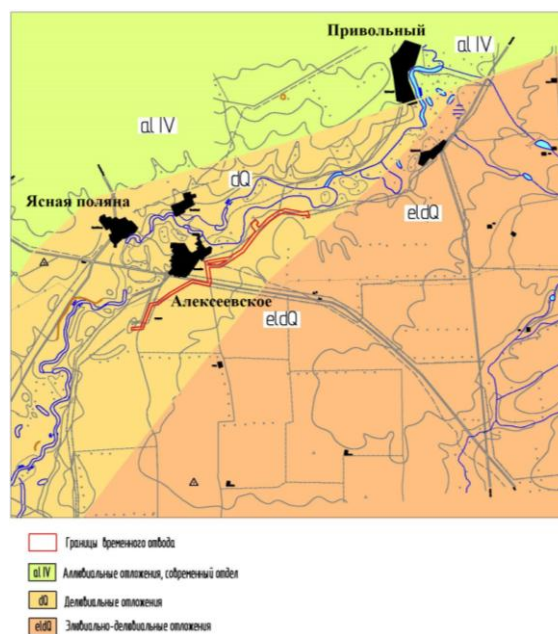


- УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКО-БАРЕНЦЕВСКАЯ МЕГАПРОВИНЦИЯ
Восточно-Европейская платформа - |
- I₂** Волго-Уральская антеклиза: I₂-1- Сысольский выступ, I₂-2- Вятский авлакоген, I₂-3- Коми-Пермяцкое поднятие, I₂-4- Кудымкарская моноклинал, I₂-5- Котельничский выступ, I₂-6- Татарский свод, I₂-7- Камско-Бельский авлакоген, I₂-8- Красноуфимское поднятие, I₂-9- Токмовский свод, I₂-10- Пачелмский авлакоген, I₂-11- Серноводско-абдулинский авлакоген, I₂-12- Пугачевский свод, I₂-13- Орляноско-Ивановское поднятие, I₂-14- Доно-Медведицкий прогиб, I₂-15- Бузулукская впадина
 - I₄** Прикаспийская синеклиза: I₄-1- Заволжская ступень, I₄-2- Оренбургская ступень
 - I₅** Южно-Предуральский краевой прогиб: I₅-1- Соликамский прогиб, I₅-2- Стерлитамакский прогиб

а



б



в

Рис. 2. Геологические условия района [5]: а – тектоническое районирование, б – дочетвертичных образований, в – четвертичных образований

По гидрогеологическому районированию (ВСЕГИНГЕО, 1990) территория расположена в пределах Восточно-Европейской платформенной артезианской области, юго-восточной части Волго-Камского артезианского бассейна (рис. 3).

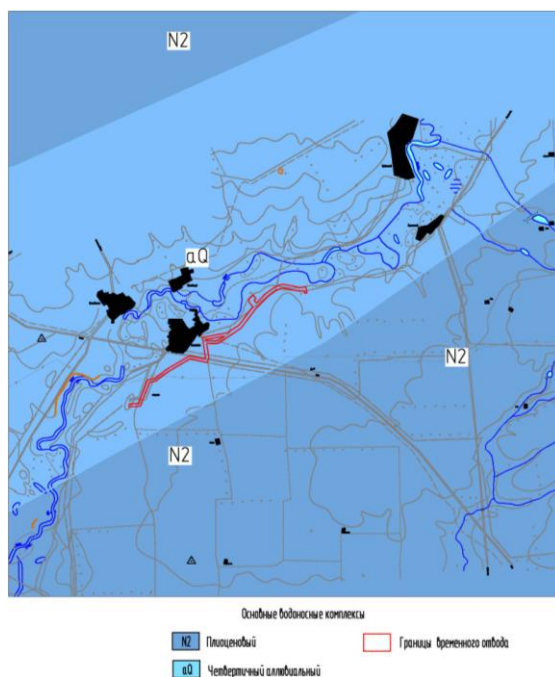


Рис. 3. Гидрогеологическая схема [5]

Методика и результаты исследований

Методика исследований обоснована требованиями нормативных документов [18, 19 и др.], сведениями о природных условиях района работ [3, 4, 16 и др.], принципами геоэкологической оценки и картографирования [9, 11, 12, 14]. Комплекс ИЭИ включал [6]:

- предполевые работы (составлены писем-запросов в ведомственные организации МПР, ТФГИ, ИКН администрации и др.),
- полевые (отбор проб воды, почв, донные отложения, гамма-съемка),
- камеральные работы (лабораторные исследования проб, составление отчета).

В период сбора данных составлены письма-запросы в ведомственные организации: Министерства природных ресурсов и экологии РФ – об ООПТ федерального значения; Министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области – об ООПТ областного и местного значения; Министерство строительства, жилищно-коммунального, дорожного хозяйства и транспорта Оренбургской области – о ЗСО водозаборов; Администрации Ташлинского МР – об ООПТ местного значения, ЗСО, охотугодьях, зонах с особыми условиями использования территорий; Министерство сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области - о скотомогильниках; Инспекция Государственной охраны объектов культурного наследия Оренбургской области – об объектах ИКН; ФГБУ «Приволжское УГМС» - о климатических характеристиках, фоновых концентрациях ЗВ в воздухе; ФБУ «ТФГИ по Приволжскому ФО» - о полезных ископаемых; Средневолжское территориальное управление - рыбохозяйственной категории водных объектов.

Маршрутное инженерно-экологическое обследование выполнено на проектируемом объекте и в зоне его влияния на окружающую среду, проведено

с покомпонентным описанием природной среды, описано состояние наземных экосистем, источников и визуальных признаков загрязнения.

Опробование подземных и поверхностных вод (рис. 4). Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения установлены ГОСТ 17.1.3.13-86.

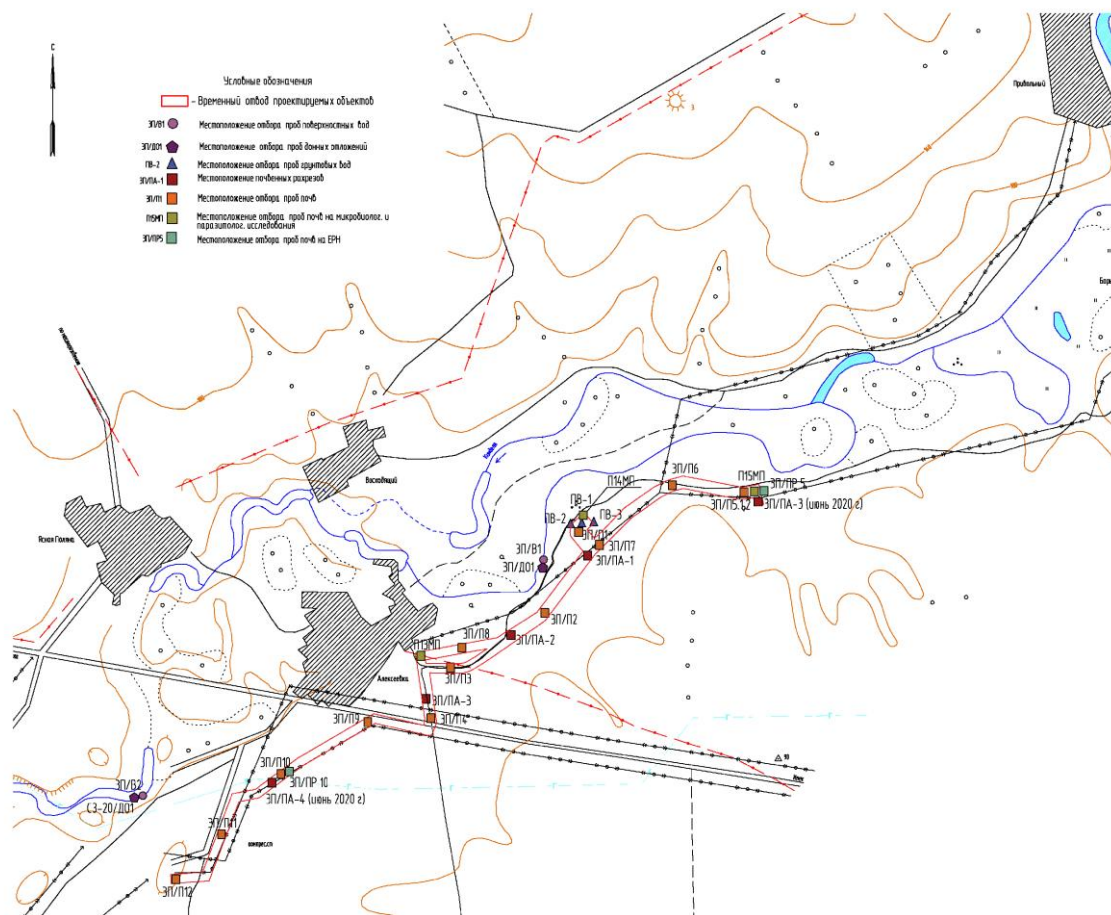


Рис. 4. Карта фактического материала М: 1:25 000

Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, минеральными удобрениями устанавливаются в соответствии с ГОСТ 17.1.3.04-82; ГОСТ 17.1.3.05-82.

Показатели санитарно-эпидемиологического состояния водоисточников питьевого и рекреационного назначения устанавливаются в соответствии с действующими санитарными нормами Российской Федерации СанПиН 2.1.5.980-00, СанПиН 2.1.4.1110-02 (с изменениями на 25 сентября 2014 года), СанПиН 2.1.4.1175-02.

Отбор, консервация, хранение и транспортировка проб воды осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.1.5.04-81 (с Изменением N 1), ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ Р 51593-2000. Объем проб для экологической оценки загрязнения природных вод составлял не менее 3 л.

Опробование донных отложений (рис. 4). Донные отложения отбираются для анализа на загрязненность с целью оконтуривания зоны

распространения отдельных загрязняющих веществ, определения характера, степени и глубины проникновения специфических загрязняющих веществ в донные отложения, изучения закономерностей процессов самоочищения, расчета элементов баланса, для определения источников вторичного загрязнения и учета воздействия антропогенного фактора.

Отбор проб донных отложений выполнен в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 (с Изменением N 1).

Геоэкологическое опробование почв (рис. 4) выполнено для их экотоксикологической оценки как компонента окружающей среды, способного накапливать значительные количества загрязняющих веществ и оказывать как непосредственное влияние на состояние здоровья населения, так и опосредованное через потребляемую сельскохозяйственную продукцию.

Отбор пробы почв выполнен в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017, ГОСТ Р 58595-2019.

Опробование производилось из поверхностного слоя методом «конверта» (с пробной площадки почв площадью 20-25 м² отбирается одна смешанная проба, состоящая из 5 точечных проб), п.п.4.19 СП 11-102-97.

Оценка качества почв выполнена в соответствии с нормативными документами:

- ГН 2.1.7.2041-06 (с изменениями на 26 июня 2017 г.) Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве;
- ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве;
- СанПиН 2.1.7.1287-03 (с изменениями на 25 апреля 2007 г.) Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

Радиационное обследование территории (рис. 4) произведено в соответствии с п. 4.45 СП 11-102-97 и МУ 2.6.1.2398-08 в пределах участка изысканий.

Радиационно-экологическое исследование включало в себя гамма-съемку участка изысканий.

В ходе исследований установлено [6]:

Исследуемый участок расположен на:

- землях сельскохозяйственного назначения для размещения объектов сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственных угодий,
- землях населенных пунктов – иные объекты специального назначения, для размещения полигона ТБО и мусора.
- землях лесного фонда (квартал 3 выдел 1), бывших во владении ООО «Алексеевское», относящиеся к категории защитные леса

В геологическом строении до исследуемой глубины 5,0-13,0 м принимают участие четвертичные аллювиальные (аQ) отложения, покрытые техногенными (t, tQ) отложениями и почвенно-растительным слоем (pQ). Коренные породы встречены не были.

По гидрогеологическим условиям: В периоды активного снеготаяния и проливных дождей возможно поднятие уровня грунтовых вод на 0,5-1,0 м выше от замеренного. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные

натриево-калиево-кальциевые с общей минерализацией от 0,748 до 0,782 г/л.

По сумме баллов (менее 5) водоносный горизонт грунтовых вод имеет наименьшую категорию защищенности (I) по качественной оценке защищенности подземных вод.

Учитывая низкую защищенность подземных вод, рекомендуется разработка мероприятий по предотвращению загрязнения подземных вод на период строительства и эксплуатации объекта.

Экологические ограничения

Составлена карта экологических ограничений (рис. 5).

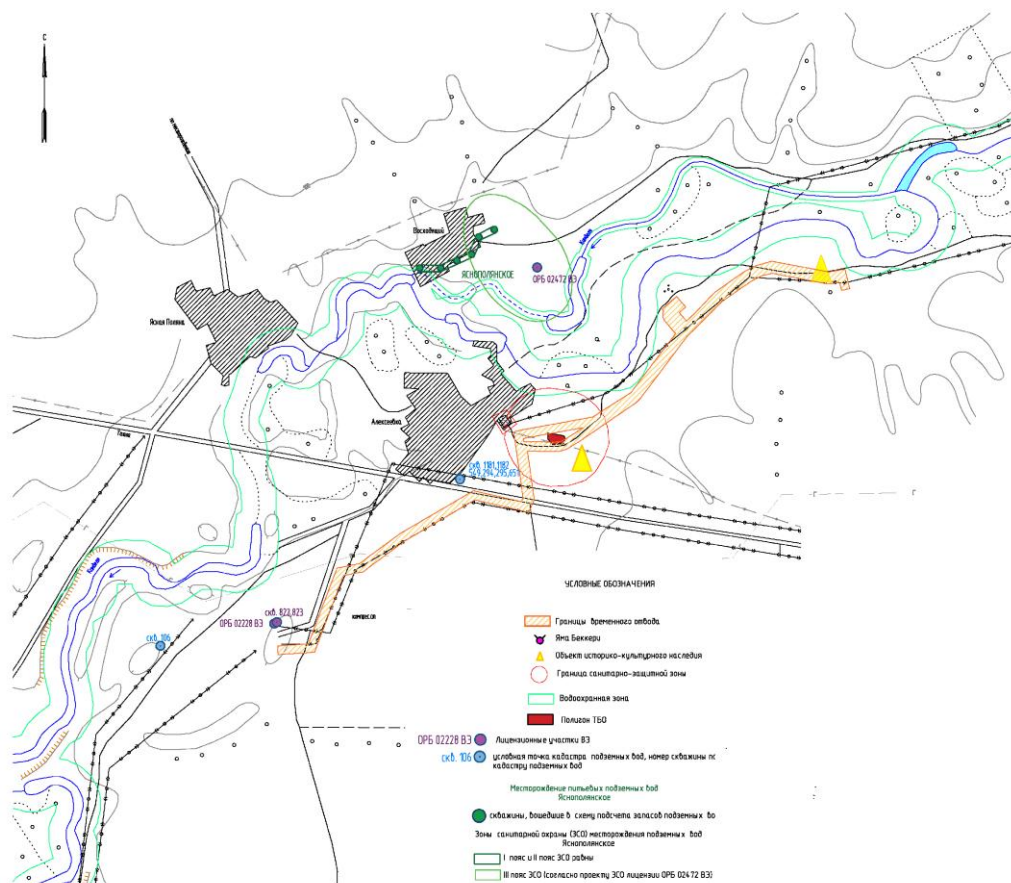


Рис. 5. Карта экологических ограничений [6]

Установлено [6]:

- при маршрутном обследовании в период выполнения полевых работ, виды растений, занесенных в Красную книгу РФ, Красную книгу Оренбургской области отсутствуют, на участке предстоящей застройки редкие и подлежащие охране виды животного мира отсутствуют;

- особо охраняемые природные территории (ООПТ) федерального, регионального, местного значений на территории работ отсутствуют;

- участок работ захватывает санитарно-защитную зону полигона ТБО, СЗЗ= 500 м, общей площадью 20 000 м²;

- ближайший водный объект – р. Кинделя – высшая рыбохозяйственная категория, ширина прибрежной защитной полосы 200 м, водоохранная зона 200 м. Границы временного отвода расположены за пределами ВОЗ и ПЗП р.

Кинделя;

- имеются скважины для добычи подземных вод для водоснабжения Алексеевского ЛПУ МГ и для добычи подземных вод из Яснополянского месторождения для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения с. Ташла;

- отсутствуют ЗСО источников питьевого и хозяйственно-бытового назначения (поверхностных и подземных) на участке работ в 2-х км зоне от объекта;

- на участке работ отсутствуют: леса, расположенные на землях, не относящихся к землям лесного фонда; особо защитные участки лесов, а также лесопарковые лесные пояса;

- исследуемый объект расположен на территории общедоступных охотничьих угодий Ташлинского района Оренбургской области;

- на территории участка проектирования особо ценные земли отсутствуют;

- выявленных объектов культурного наследия и объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия, инспекция Госохраны Культурного наследия не располагает;

- в районе проектных работ по объекту зарегистрированные скотомогильники, биотермические ямы, сибирезвенные и другие места захоронения трупов животных на участке проектирования и в радиусе 1000 метров от периметра проектируемого объекта отсутствуют. СЗЗ их на территории участка отсутствуют;

 - ВБУ отсутствуют;

- на участке работ отсутствуют иные зоны с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ);

- по данным Администрации Ташлинского МР, на участке работ отсутствуют иные зоны с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ).

Современное состояние компонентов природной среды в районе изысканий

Составлена карта современного состояния природной среды (рис. 6):

Атмосферный воздух:

По данным Оренбургского ЦГМС уровень загрязнения атмосферного воздуха не превышает предельно допустимых концентраций в атмосфере.

Почвы. Оценка состояния почв по химическому загрязнению

В процессе исследований установлено [6]:

- почвы являются не загрязненными по нефтепродуктам, бенз(а)пирену и тяжелыми металлами;

- в пробах почв величина суммарного показателя загрязнения (Zс) варьируется от менее 1 до 2,1;

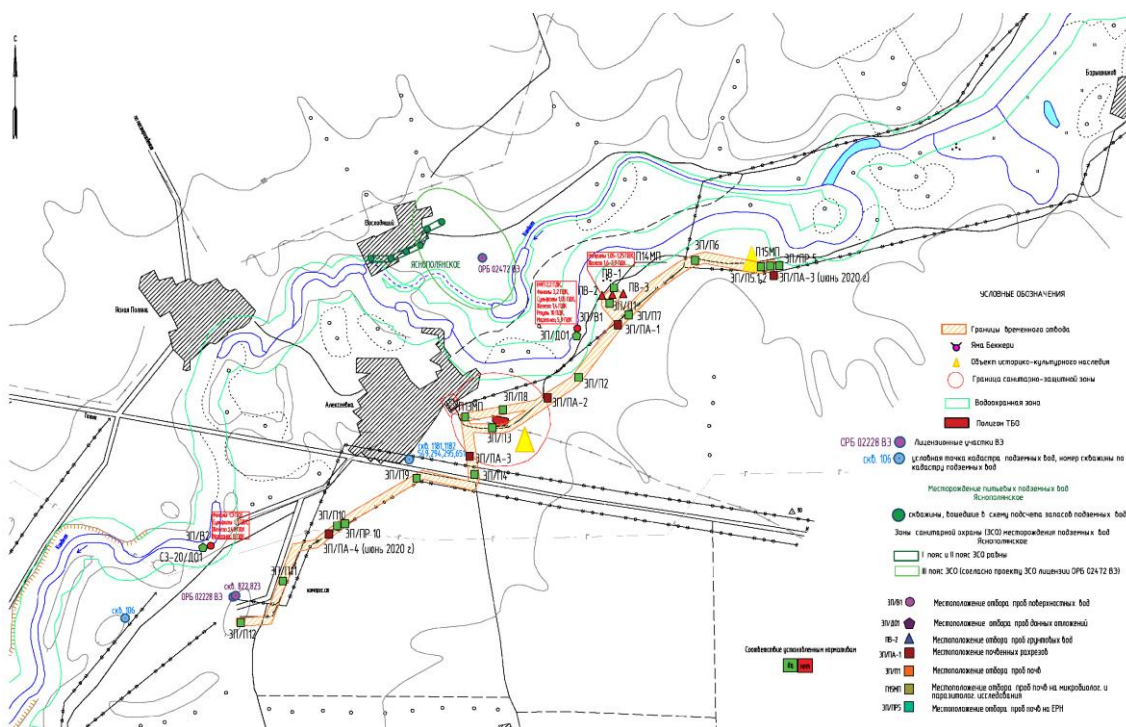


Рис. 6. Карта современного состояния природной среды [6]

- относятся к допустимой / содержание химических веществ в почве не превышает фоновое, и не выше ПДК, $Z_c < 16$;
- использование возможно без ограничений, исключая объекты повышенного риска;
- согласно СанПиН 2.1.7.1287-03, почвы обследуемой территории по микробиологическим и паразитологическим показателям относятся к категории «ЧИСТАЯ» во всех пробах;
- радиационного загрязнения в почвах не выявлено, удельная активность К40, Th232, Ra226 ($A_{эфф} \leq 370$ Бк/кг), и Cs137 (< 10 Бк/кг) находится на уровне регионального фона и не превышает норм;
- оценка состояния почв по микробиологическим и паразитологическим показателям;
- по результатам исследований, согласно СанПиН 2.1.7.1287-03, почвы обследуемой территории по микробиологическим и паразитологическим показателям относятся к категории «чистые» во всех пробах.

Поверхностные воды

В воде реки Кинделя отмечается превышение ПДКр.х. по следующим показателям:

- нефтепродукты (2,2 ПДК);
- фенолы (1,3-2,2 ПДК)
- сульфаты (1,05-1,1 ПДК)
- железо общ. (1,4-1,46 ПДК)
- ртуть (10 ПДК)
- марганец (5,9-8 ПДК)

В соответствии с приложением Ж РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по

гидрохимическим показателям» исследуемые воды имеют «средний» уровень загрязнения поверхностных вод (по содержанию нефтепродуктов, марганца).

Содержание остальных определяемых показателей находится в пределах установленных нормативов.

Повышенные значения загрязняющих веществ в поверхностной воде, помимо природных особенностей региона, связаны с хозяйственной деятельностью.

Подземные воды

По результатам анализа подземных вод, выявлены превышения нормативов по содержанию нитратов (1,05 ПДК-1,25 ПДК), железа (1,6 ПДК-3,9 ПДК), остальные показатели не превышают нормативных значений.

Критерии оценки степени загрязнения подземных вод в зоне влияния хозяйственных объектов СП 11-102-97 подземные воды соответствуют относительно удовлетворительной ситуации

Донные отложения

Нормативы концентраций различных компонентов в донных отложениях не разработаны. В качестве базы сравнения содержания микроэлементов в донных осадках исследованных рек может быть использован их кларк в осадочных породах по А.П. Виноградову, МР по выявлению деградированных и загрязненных земель.

Превышения кларка в донных отложениях из р. Кинделя - отсутствуют.

Радиационная обстановка территории

В границах исследуемого участка выполнено определение мощности дозы гамма-излучения и выявление локальных радиационных аномалий. В поисковом режиме поверхностных радиационных аномалий на участке изысканий не обнаружено. Измеренные показатели не превышают установленный допустимый уровень МЭД гамма излучения. В работе представлен прогноз неблагоприятных последствий для природных экосистем, рекомендации по снижению их воздействий, и мониторингу компонентов ООС [6].

Заключение

При строительстве и эксплуатации проектируемого объекта на исследуемом участке будет проявляться воздействие на окружающую природную среду. Источники воздействия прямо или опосредованно воздействуют на атмосферу, приповерхностную гидросферу, геологическую среду, почву, растительность, животный мир – в целом на природные комплексы территории.

Для предотвращения и снижения неблагоприятных последствий на состояние компонентов природной среды, а также сохранение экологической ситуации на территории проектируемых работ необходимо:

- соблюдать технологию производственного процесса,
- соблюдать нормы и правила природоохранного законодательства,
- проводить эколого-аналитический контроль за состоянием окружающей среды при эксплуатации проектируемого объекта.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтесодобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.
2. Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 6. С. 4-7.
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Оренбургской области в 2018 году» Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области, Оренбург, 2019.
4. Доклад главы администрации Ташлинского МР О социально-экономическом развитии Ташлинского района за 1 кв. 2019 года. Сайт МО Ташлинский район Оренбургской области. <https://tl.orb.ru>.
5. Информационные ресурсы ФГБУ «ВСЕГЕИ». Лист М-39-VI. База данных Государственных геологических карт. https://vsegei.ru/ru/info/catalog_ggk/.
6. Инженерно-экологические изыскания Яснополянского лицензионного участка на территории Оренбургской области для обустройства кустовой площадки №208 / Материалы ООО «ПермПроектИзыскания», Пермь, 2020.
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
9. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
10. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
11. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук / Ур. гос. гор. ун-т. Пермь, 2014. 48 с.
12. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
13. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
14. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.
15. 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.
16. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13-16.
17. ООПТ России. Информационно справочная система. Особо охраняемые природные территории [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oopt.kosmosnimki.ru/> свободный.
18. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М., 1997.
19. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М., 2016.

О СОСТОЯНИИ ПОЧВ В МОСКОВСКОМ ЛЕСОПАРКЕ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

*В статье дана характеристика состояния почв в Московском лесопарке города Екатеринбурга. Проведено определение фитотоксичности почвы методом биотестирования, в основу которого положено сравнение суточного прироста клеток зеленой одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer в контрольном и опытном вариантах. Приведены результаты исследования почвы на территории лесопарка.*

Ключевые слова: почва, фитотоксичность, пробная площадь, лесопарк, город Екатеринбург.

S.I. Borisova

Forestry University, Yekaterinburg, Russia

ON THE CONDITION OF SOILS IN THE MOSCOW FOREST PARK OF THE CITY OF YEKATERINBURG

*The article describes the state of soils in the Moscow forest park of the city of Yekaterinburg. The determination of the phytotoxicity of the soil was carried out by the biotesting method, which is based on the comparison of the daily cell growth of the green unicellular alga *Chlorella vulgaris* Beijer in the control and experimental variants. The results of soil research on the territory of the forest park are presented.*

Key words: soil, phytotoxicity, trial plot, forest park, Yekaterinburg city.

Введение

Одним из показателей состояния окружающей среды могут служить почвы, которые, в условиях антропогенного воздействия, значительное количество экотоксикантов. При этом свойства самих почв подвергаются техногенной трансформации.

Важным методом определения состояния почв является фитотоксичность – свойство почвы, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсинов, подавлять рост и развитие высших растений. Достоинствами метода определения фитотоксичности являются его простота, оперативность и достаточно хорошая воспроизводимость [1].

Цель и задачи исследований

Цель исследования: изучение почв Московского лесопарка г. Екатеринбурга. Задача исследования: описание морфологических признаков почв; определение фитотоксичности почвы результаты.

Объект и природные условия

Московский лесопарк – один из 15 лесопарков Екатеринбурга в черте города, общая площадь которых составляет 27,2 тыс. га. Он тянется вдоль Ново-Московского тракта, относится к Верх-Исетскому лесничеству, его площадь составляет 343 га. Рельеф слегка волнистый, в западной части – волнисто-бугристый. Древесная растительность представлена в основном сосняками, возраст которых достигает 100 лет и более; в западной части преобладает березняк (рис. 1).

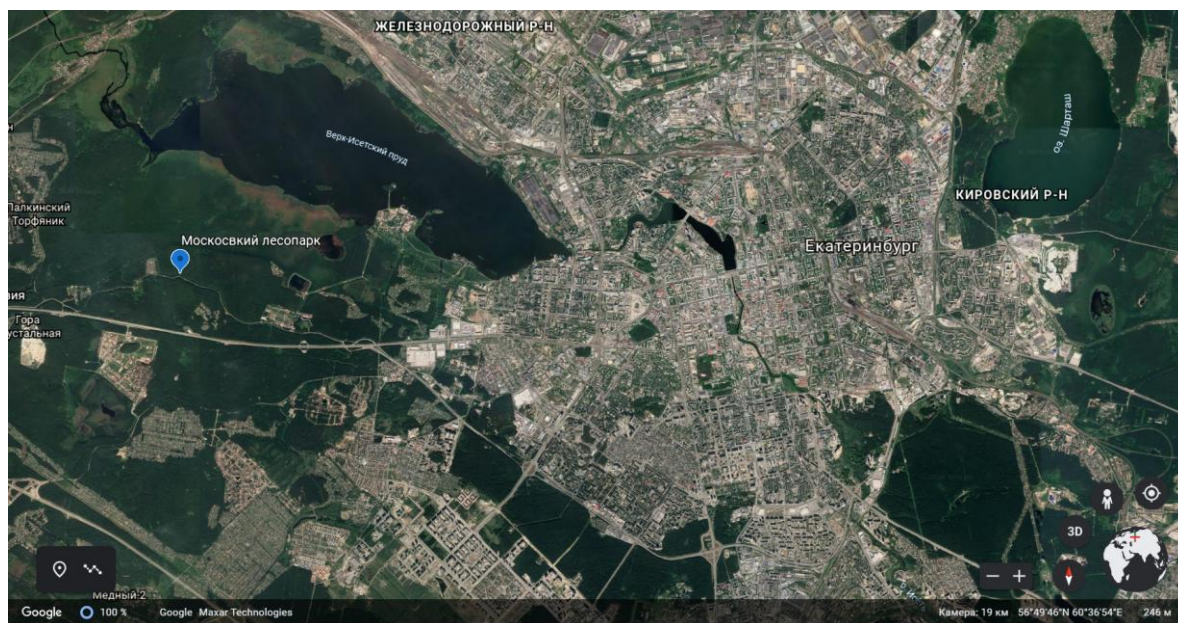


Рис. 1. Местоположение Московского лесопарка города Екатеринбурга на космоснимке

Московский лесопарк – наименее посещаемый среди остальных территорий лесопарковой зоны Екатеринбурга, т.к. к нему проложен один маршрут общественного транспорта. После изъятия из состава Московского лесопарка 52 га земель на строительство биатлонного центра, в качестве компенсации в начале 2019 года к нему добавлен небольшой участок леса в юго-западной части. Участок неправильной четырехугольной формы, с северо-востока и востока к нему примыкает биатлонный комплекс. С южной стороны проходит Ново-Московский тракт. Эта площадь состоит из кварталов 32 и 33 и равна 35,63 га. Обследованная нами территория располагается в 33 квартале новой площади и составляет 21,15 га (рис. 2).

Расположение лесопарка Московский таково, что он попадает в зону действия загрязнений крупной транспортной сети, а также испытывает определенную техногенную нагрузку со стороны г. Екатеринбург и, частично, Первоуральско-Ревдинского промышленного узла.



Рис. 2. Карта Московского лесопарка с квартальной сеткой.
(новая территория обведена красной линией)

К загрязняющим веществам, оказывающим негативное воздействие на почвы района исследований, можно отнести газообразные соединения, обладающие кислотными свойствами (SO_2 , NO_2 и др.). Попадая в почву, они могут изменять ее окислительно – восстановительные и кислотно-основные характеристики. Из группы высокотоксичных, для живых организмов соединений, которые могут присутствовать в исследуемых почвах, можно назвать тяжелые металлы, такие, как медь, кобальт, свинец, кадмий [3].

Методика исследований

Основными методами являлись полевые и лабораторные исследования.

Полевыми методами являлся маршрутный метод - при котором выявлялись наиболее широко представленные типы леса и метод закладки временных пробных площадей (ВПП) для описания конкретных фитоценозов и характеристики почв.

Описание морфологических признаков почв проводилось во всех 4 типах леса. Для исследования было заложено 9 почвенных полуразрезов 20×20 см, с прикопкой на глубину 30 см. Разрезы закладывались в типичной части территории пробной площади, под хорошо развитыми кронами деревьев преобладающей породы.

Основным анализируемым показателем была степень фитотоксичности почвы. Анализ был проведен в лаборатории Эколого-антропогенного мониторинга нарушенных экосистем НОЦ гедрозкологии и садоводства УГЛТУ.

Пробы почвы высушивали на воздухе до воздушно-сухого состояния, выбирали посторонние включения, растирали в ступке пестиком и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм [1, 2].

Определение фитотоксичности почвы проводили методом биотестирования [4], в основу которого положено сравнение суточного прироста клеток зеленой одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer контрольном и опытном вариантах. Изменение численности клеток определяется посредством измерения оптической плотности суспензии водоросли при длине волны 670 нм.

По данной методике расчет показателя токсичности КТ проводится по формуле:

$$КТ = (Ак - Ат) / Ак,$$

где Ак и Ат – величины оптической плотности контрольного и тестируемого образца, соответственно, после 24 часов биотестирования.

Критерием токсичности тестируемого образца является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 24 часов на тестируемой воде по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде).

Водные вытяжки из почвы готовили согласно рекомендациям [5] в соотношении: 1 часть почвы и 4 части дистиллированной воды. Далее, почвенную суспензию встряхивали в течение 2 часов, отстаивали и фильтровали.

Биотестирование проводилось на фитотестере в течение 24 часов при температуре 34-36 °С, интенсивности света 80 Вт/м² и скорости вращения кассеты с тестируемыми образцами 30 об./мин.

Степень токсичности образца (воды или водной вытяжки из почвы) устанавливалось на основе токсикологических характеристик через величину биологически безопасного разбавления, согласно табл. 1.

Для этого из результатов биотестирования разведений пробы воды, кратных трем, выбиралось то разбавление, для которого рассчитанный коэффициент токсичности превысил значение 0,2 (подавление роста) или 0,3 (стимуляция роста).

Таблица 1

Токсикологические характеристики качества испытуемой воды (водной вытяжки)

| Величина разбавления тестируемой воды, при которой превышен коэффициент токсичности | Степень токсичности |
|---|---------------------|
| 1 (без разбавления) | Слаботоксичная |
| 3 | Среднетоксичная |
| 9 | Токсичная |
| 27 | Сильнотоксичная |
| 81 | Гипертоксичная |

При тестировании водных вытяжек из почвы, как правило, может присутствовать явление агрегации клеток хлореллы, которая фиксируется визуально по появлению в суспензии комочков зеленого цвета, реже бесцветных. При этом, с увеличением количества действующих токсикантов, агрегированные частицы укрупняются, нарушается равномерность их распределения по объему и может произойти их оседание на дно и обесцвечивание. Учет появления агрегации проводят как оказание токсического действия на хлореллу [7].

Результаты и их обсуждение

В результате исследований лесопарка Московский изучено состояние экосистем на участках, наименее посещаемых отдыхающими и, поэтому, в наименьшей степени, испытывающей рекреационное воздействие.

Для оценки состояния почв лесопарка летом 2019 г. методом прикопки (глубина 30 см) (рис. 3) были отобраны образцы почв в различных местах лесопарка (табл. 2).



Рис. 3. Почвенный разрез

Интегральным показателем, который позволяет учитывать негативное влияние на почву комплекса загрязнителей, может быть их потенциальная фитотоксичность. В качестве показателя степени фитотоксичности использовали суточный прирост численности клеток зеленой одноклеточной водоросли хлорелла - *Chlorella vulgaris* Beijer. Данные, полученные в таблице 2, после проведения анализа показывают, что фитотоксичность водных вытяжек из исследуемых почв варьируется от слаботоксичной до токсичной. Это свидетельствует об определенной техногенной нагрузке на район исследований, которая оказывает влияние не только на состояние почв, но и на состояние экосистемы в целом.

Фитотоксичность водных вытяжек из исследуемых почв во всех типах леса варьирует от слаботоксичной до токсичной. Слаботоксичные почвы в сосняке разнотравном, в двух типах леса березняке папоротниковом и березняке орляково ягодном среднетоксичные почвы, самые токсичные почвы в березняке разнотравно ягодном.

Степень фитотоксичности исследуемых почв

| № т. отбора почвы | Степень фитотоксичности |
|-------------------|-------------------------|
| т. 1 | Слаботоксичная |
| т. 2 | Среднетоксичная |
| т. 3 | Слаботоксичная |
| т. 4 | Слаботоксичная |
| т. 5 | Токсичная |
| т. 6 | Токсичная |
| т. 7 | Среднетоксичная |
| т. 8 | Среднетоксичная |
| т. 9 | Среднетоксичная |

Заключение

Московский лесопарк – наименее посещаемый среди остальных территорий лесопарковой зоны Екатеринбурга.

Основными методами исследований являлись полевые и лабораторные исследования.

Интегральным показателем, который позволяет учитывать негативное влияние на почву комплекса загрязнителей, может быть их потенциальная фитотоксичность. В качестве показателя степени фитотоксичности использовали суточный прирост численности клеток зеленой одноклеточной водоросли хлорелла - *Chlorella vulgaris* Beijer.

Слаботоксичные почвы в сосняке разнотравном, в двух других типах леса (березняке папоротниковом и березняке) одинаково среднетоксичные почвы, самые токсичные почвы в березняке разнотравно-ягодном.

Библиографический список

1. Базарова М.А., Рахманова З.Т. Определение фитотоксичности почв методом биотестирования // *Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scienceforum.ru/2019/article/2018011566>*

2. Марина Н.В., Попов А.С., Касимова Ю.Р., Кученкова М.В. Фитотоксичность почв сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения // *Леса России и хозяйство в них*, №1(68). 2019. С.31-37.

3. Пименова Е.В., Леснов А.Е. Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2009. 145 с.

4. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М.: МПР РФ, 2004. 25 с.

5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.9-02. Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по

изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водоросли. М.: МПР России, 2002. 23 с.

6. *Публичная кадастровая карта России [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gosbti.ru*

7. *Шавнин С.А., Марина Н.В., Голиков Д.Ю. Оценка фитотоксичности техногенных отходов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 204-206.*

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА

Рассмотрены вопросы влияния качества питьевой воды на здоровье человека. Представлены результаты исследования воды в реке Волхов и в питьевой воде. Предложен алюмосиликатный метод очистки природных вод от продуктов цветности и тяжелых металлов, позволяющий очищать воду без предварительной обработки ее коагулянтами.

Ключевые слова: здоровье, питьевая вода, мутность, цветность, жесткость, органические соединения, тяжелые металлы, источник водоснабжения, методы очистки, алюмосиликатный адсорбент.

S.N. Gladkikh, V.E. Ignatiev

Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Velikiy Novgorod, Russia

RESEARCH ON THE QUALITY OF DRINKING WATER IN VELIKY NOVGOROD

The issues of influence of drinking water quality on human health are considered. The results of the study of water in the Volkhov river and in drinking water are presented. An aluminosilicate method of natural water purification from chromaticity products and heavy metals is proposed, which allows to purify water without pretreatment with coagulants.

Keywords: health, drinking water, turbidity, color, hardness, organic compounds, heavy metals, water supply source, purification methods, aluminum silicate adsorbent.

Актуальность данной проблемы не вызывает сомнения так как даже те, кто заботится о своем здоровье, зачастую не подозревают, что все их усилия могут оказаться абсолютно напрасными из-за самой обыкновенной питьевой воды из-под крана.

Цель нашей работы: выяснить состав и качество питьевой воды в Великом Новгороде и рассмотреть способы ее очистки.

Качество воды, потребляемой человеком, должно соответствовать определенным санитарным требованиям: вода должна быть безопасной для здоровья человека; иметь оптимальный химический состав (т.е. содержать основные микроэлементы - йод, фтор, калий и кальций) [1].

Происходит ухудшение здоровья населения из - за критического состояния хозяйственно-питьевого водоснабжения, невыполнения необходимых мероприятий в зонах санитарной охраны водоисточников, из - за неудовлетворительной эксплуатации водопроводов [2].

В весенне-осенние периоды питьевая вода часто не соответствует гигиеническим нормативам и содержит вредные и опасные для здоровья вещества. О ее низком качестве постоянно напоминают запах хлора, желтоватый цвет, металлический привкус, наличие маслянистой пленки на поверхности.

Повышение концентрации ионов тяжелых металлов, таких как свинец, ртуть, медь, цинк, железо, никель, хром, кадмий, стронций приводят к накоплению их в организме человека, являясь причиной целого ряда заболеваний печени, почек, нервной системы, желудочно-кишечного тракта и т.д.

Большую опасность представляют и различного рода органические соединения в питьевой воде. Пестициды, фенол, бензол поражают печень, почки, нервную и кровеносную системы, повышают риск возникновения онкологических заболеваний.

Наличие в воде повышенной концентрации кадмия приводит к мертворождаемости, повышает вероятность раковых заболеваний. Стронций способствует изменению минерализации костей и развитию рахита.

Поверхностные воды природных водных источников, используемых для питьевого водоснабжения, почти всегда требуют предварительной очистки от мутности и цветности.

Воды рек и водохранилищ северо-запада и северных районов европейской части России чаще всего относятся к классу высоко цветных вод. Не исключением является и вода реки Волхов – источник водоснабжения Великого Новгорода.

Пробу воды для анализа мы брали в следующих точках Великого Новгорода: Воскресенский бульвар, улица Десятинная, улица Химиков, проспект Александра Корсунова, проспект Мира, улица Щусева, улица Белова, Колмово. Воду проверяли по нескольким критериям: хлориды, жесткость, летучий хлор, железо, цветность, рН.

В результате анализа воды были получены следующие данные: жесткость, содержание хлоридов и летучего хлора во всех точках соответствует предельно допустимой концентрации (ПДК).

Цветность колеблется от 18 до 27,4 град. (ПДК=20 град), содержание железа 0,23 - 0,44 мг/дм³ (ПДК=0,30 мг/дм³), то есть почти во всех пробах превышает норму, самое высокое содержание железа оказалось в районе проспекта Мира, проспекта Корсунова. Наиболее качественная вода оказалась в районе улицы Химиков, вероятно из-за того, что дом, в котором брали пробу воды относительно новый, только цветность оказалась выше нормы.

На Воскресенском бульваре три показателя не соответствуют норме: жесткость -7,2 ммоль/дм³ (ПДК=7,0 ммоль/дм³), цветность 27,3 град., рН = 5,07 (ПДК=6-9). Это объясняется тем, что в центре города, система водоснабжения изношена сильнее всего.

Так же, мы использовали для сравнения, данные о качестве воды водоисточников наших соседей-городов северо-запада и севера европейской части.

Таблица

Основные показатели водоисточников северо-запада и севера европейской части России

| Город | Водоисточник | Цветность, град | Мутность, мг/дм ³ | Окисляемость, мгО ₂ /дм ³ |
|-----------------|--------------|-----------------|------------------------------|---|
| В.Новгород | р. Волхов | 60-180 | 1,5-8 | 15-25 |
| Санкт-Петербург | р. Нева | 10-25 | 0,5-8 | 9-13 |
| Ярославль | р. Волга | 33-39 | 1,7-4,3 | 11-12 |
| Череповец | р. Шексна | 32-40 | 0,5-3,1 | 8-11,5 |
| Псков | р. Великая | 45-180 | 0,6-6 | 6-24 |
| Красноярск | р. Енисей | 9-10 | 0,6-2 | 1,7-3 |

Как видно из таблицы в худших условиях по цветности и окисляемости находятся река Волхов (Великий Новгород) река Великая (Псков); по мутности река Волхов и река Волга (Ярославль).

Эти данные свидетельствуют о том, что река Волхов является наиболее сложным, с точки зрения водоподготовки, водоисточником, требуя затратных процессов водоподготовки.

Новгородская область промышленно развита. Выбросы промышленных предприятий, автотранспорта - основной источник антропогенного поступления тяжелых металлов на земную и водную поверхность. Современная интенсификация системы земледелия и животноводства также сопровождается загрязнением окружающей среды бытовыми и промышленными отходами [3].

Все это требует постоянного мониторинга поступления вредных веществ в окружающую среду в том числе и в водоемы области, анализа и обработки информации, разработки и реализации мер по предотвращению загрязнения водной и земной поверхности, воздушной среды.

Несомненно, коренным образом изменить ситуацию, связанную с качеством питьевой воды, может лишь переход на более эффективные методы ее очистки, в том числе и сорбционные.

Наиболее распространенным способом очистки вод является двухступенчатая очистка с предварительной реагентной обработкой воды [3].

Недостатком реагентного метода обесцвечивания воды является высокий расход реагентов (в большинстве случаев это сернокислый алюминий), обязательная обработка промывных вод и утилизация осадка, что в большинстве случаев не делается, в результате чего не только безвозвратно теряется огромное количество алюминий-содержащего сырья, но и происходит загрязнение водных объектов отработанными коагулянтами [3].

На большинстве очистных сооружений используется так называемое предварительное хлорирование, в результате чего удается несколько снизить расход коагулянта. Кроме того, хлорирование обладает обеззараживающим свойством. Однако, наряду с положительным эффектом, который имеет место при предварительном хлорировании, наблюдается и отрицательный с образованием тригалогенметанов, образующихся при обработке гумус содержащих природных вод активным хлором.

В настоящее время насчитывается более 200 хлорпроизводных, обладающих канцерогенной активностью и иммунотоксичностью. Многие ученые связывают заболевание раком почек и печени с содержанием тригалогенметанов в питьевой воде. Хлорорганические соединения могут приводить к хроническим нефритам и гепатитам, токсикозам беременности, развитию диатеза у детей. Кроме того, хлор, как более активный элемент, вытесняет из организма йод, ослабляя тем самым функциональное состояние щитовидной железы. Если же в воде помимо хлора содержится и фенол, то два этих элемента образуют особенно токсичные и опасные для здоровья хлорфенольные соединения [3].

Еще одна проблема – это наличие тяжелых металлов, как в источниках водоснабжения, так и в питьевой воде. К сожалению, вышеназванные методы не позволяют достаточно полно удалять эти металлы.

Нами были проведены исследования по содержанию тяжелых металлов в реке Волхов. Анализы проводились в центре гигиены и эпидемиологии по Новгородской области. Свинец: содержание зимой (взвешенная форма 0,8; растворенная форма 0,63), содержание весной (взвешенная форма 1,37; растворенная форма 0,58). Медь: содержание зимой (взвешенная форма 17; растворенная форма 2), содержание весной (взвешенная форма 6; растворенная форма 4). Магний: содержание зимой (взвешенная форма 2,5; растворенная форма 15), содержание весной (взвешенная форма 21; растворенная форма 15,3). Железо: содержание зимой (взвешенная форма 1,5; растворенная форма 0,62), содержание весной (взвешенная форма 2,3; растворенная форма 4,5).

Для того чтобы улучшить качество питьевой воды, в зарубежной практике широко применяются методы доочистки воды с использованием сорбционных фильтров. В качестве сорбентов наибольшее распространение получили различные виды активированных углей и синтетические ионообменные смолы.

Использование сорбционных методов на стадии доочистки позволяет значительно улучшить качество очищенной воды, однако ряд негативных вопросов, связанных с применением реагентов, остается. Кроме того, сорбенты требуют периодической регенерации, которая осуществляется термическими (для активированных углей) или химическими (для ионообменных смол) методами, что в свою очередь, сказывается на состоянии окружающей среды.

Применение только сорбционных методов позволило бы решить многие вопросы качества питьевой воды, однако названные причины, а также дефицитность и высокая стоимость активированных углей и синтетических ионитов исключают эту возможность.

Сотрудниками Новгородского государственного университета совместно с Петербургским государственным университетом путей сообщения разработаны и апробированы в производственных условиях так называемые алюмосиликатные адсорбенты, позволяющие очищать воду от продуктов цветности и тяжелых металлов без предварительной обработки ее коагулянтами. Сырьем для их изготовления служат природные глинистые минералы, которые в достаточном количестве имеются на территории Новгородской области, а технология во многом совпадает с технологией производства керамзита [4].

Эффективная химическая регенерация алюмосиликатного адсорбента с использованием экологически безопасных реагентов не наносит существенного вреда окружающей среде.

В настоящее время налажен промышленный выпуск алюмосиликатных адсорбентов в г. Санкт-Петербурге и г. Великие Луки, а ряд водоочистных сооружений Карелии, Костромской, Владимирской, Псковской, Ленинградской и других областей перешли на очистку природных и сточных вод, в том числе и от тяжелых металлов, с использованием только сорбционного метода.

Использование сорбционных методов на стадии доочистки позволяет значительно улучшить качество очищенной воды, однако ряд негативных вопросов, связанных с применением реагентов, остается. Кроме того, сорбенты требуют периодической регенерации, которая осуществляется термическими (для активированных углей) или химическими (для ионообменных смол) методами, что в свою очередь, сказывается на состоянии окружающей среды [3].

Следует отметить, что, несмотря на сложное финансовое положение, в котором находятся водоочистные сооружения г. Великий Новгород, руководство предпринимает шаги, направленные на улучшение качества питьевой воды. К ним можно отнести внедрение более эффективных флокулянтов-коагулянтов, монтаж и запуск в эксплуатацию установки рециркуляции осадка, а также приобретение некоторого количества порошкообразного алюмосиликатного адсорбента с целью совместного применения его с коагулянтами. Несомненно, перечисленные мероприятия дадут некоторый положительный эффект, однако, коренным образом изменить ситуацию, связанную с качеством питьевой воды, может лишь переход на более эффективные методы ее очистки, в том числе и сорбционные [4].

РЕЗЮМЕ: Рассмотрены загрязнения, встречающиеся в питьевой воде, их влияние на здоровье. Представлены результаты исследования воды реки Волхов на цветность, мутность, на содержание тяжелых металлов. Рассмотрены наиболее распространенные способы очистки природных вод, предложен сорбционный - с использованием алюмосиликатных адсорбентов, как наиболее эффективный и экономичный.

Библиографический список

1. Гладких, Ю.Н., Гладких, С. Н., Николаева Н.И. Экология питьевой воды по тяжелым металлам и органическим соединениям Великого Новгорода // Миграция тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва растение (корм, рацион) – животное - продукт животноводства - человек: сб. Великий Новгород, 2003. С.280-283.

2. Гладких С. Н. Качество питьевой воды и наше здоровье // Сб. МАНЭБ «Белые ночи» Владикавказ, 2009. С. 199-203.

3. Гладких С. Н. Воздействие загрязнения питьевой воды на здоровье. // Сб. Межд. Научно - практ. конфер. «Проблемы социально-экономического развития федерации на современном этапе». СПб., 2006. С. 305-313.

4. Гладких С.Н., Гладких Ю.Н. Исследования по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбционным методом // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. 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. Пермь, 2020. С.68-71.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены геоэкологические проблемы при эксплуатации морских нефтегазовых месторождений в Российской Арктике. Показаны способы обеспечения экологической безопасности на морских территориях, на которых производится нефтегазодобыча.

Ключевые слова: экологическая безопасность, способы обеспечения экологической безопасности, месторождения нефти и газа, шельф, Арктика.

A.P. Dudin

Perm State University, Perm, Russia

PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE OPERATION OF OFFSHORE OIL AND GAS FIELDS

Geoecological problems during the operation of offshore oil and gas fields in the Russian Arctic are considered. Methods of ensuring environmental safety in the sea areas where oil and gas production is carried out are shown.

Key words: environmental safety, methods of ensuring environmental safety, oil and gas fields, shelf, Arctic.

Углеводородный потенциал континентального шельфа играет существенную роль в мировой экономике. С истощением легкодоступных месторождений на шельфе особое значение в настоящее время приобретают перспективы освоения и разработки запасов нефти, сосредоточенных на шельфе морей, также особое внимания заслуживает арктический шельф. Их освоение открывает широкие возможности в перспективном развитии нефтегазового комплекса, но в то же время деятельность в этом регионе связана с высокими рисками, что обусловлено высокой стоимостью работ и обустройства месторождений, неблагоприятными природными условиями, сложностью логистическо-транспортной организации добычи и снабжения, особыми требованиями к экологической безопасности [3, 4].

Водная окраина материков занимает около 22 % площади Мирового океана, что составляет примерно 80,6 млн. км². Она состоит из трех зон: шельфа, материкового склона и подножия. Из общей совокупности площади дна морей и океанов перспективны на запасы нефти и газа около 75 млн. км² (примерно 21 %). В том числе в зоне шельфа 19,3 млн. км², на материковом склоне 20,4 млн. км² и в пределах материкового подножия 35 млн. км². Наиболее доступной для освоения является шельфовая зона.

Объекты нефтедобычи по степени воздействия на окружающую природную среду находятся в лидерах. При извлечении, сборе и подготовке нефти в окружающую среду кроме нефти попадают пластовые воды, попутный нефтяной газ и многие химические реагенты в составе буровых шламов.

В процессе поисков, разведки и особенно при эксплуатации нефтяных месторождений переформированию подвергаются не только гидрогеологическая обстановка в продуктивных пластах, но и энергетические и гидрохимические условия вышележащих подземных вод. С ростом добычи нефти, подготовки и переработки углеводородного сырья нефтяной промысел превращается в статический источник загрязнения окружающей среды токсичными, химически стойкими, высокоподвижными компонентами глубинных флюидов, извлечённых на земную поверхность. Наибольшее негативное влияние испытывает гидросфера [1, 5, 7].

Загрязнение нефтью гидросферы носит хаотичный характер, последствия которого довольно сложно спрогнозировать. Нефтяное загрязнение нарушает многие естественные процессы и взаимосвязи, существенно изменяет условия обитания всех видов живых организмов и накапливается в биомассе. Что особенно критично с особо развитой концентрационной функцией водных организмов. Нефть является продуктом длительного распада и очень быстро покрывает поверхность вод плотным слоем нефтяной пленки, которая препятствует доступу воздуха и света.

Проблемы экологической безопасности окружающей среды при освоении морских нефтегазовых месторождений являются одной из важнейших задач на различных этапах освоения месторождений. Экологическая безопасность – это фундаментальный принцип защиты окружающей среды, в соответствии с которым любая деятельность, связанная с вредным воздействием на окружающую среду, а также предусматриваемые в законодательстве и осуществляемые на практике правовые и иные природоохранные меры должны оцениваться с позиций экологической безопасности.

Важную роль в экологической безопасности окружающей среды играет эколого-геологическая и инженерно-геологическая безопасность. Большинство морских нефтегазовых месторождений находятся в так называемых геоактивных зонах Земли, которые сопровождаются повышенной трещиноватостью земной коры. Геологический фактор создает серьезные угрозы для безопасной эксплуатации нефтегазовых месторождений и их инфраструктуре. Известно, что большинство аварий техно-природного характера на нефтегазопроводах происходят именно в геоактивных зонах [5-9, 13, 14]. Поэтому при проектировании объектов нефтегазодобычи и недропользовании обязательно должен учитываться геологический фактор.

Решение природоохранных проблем, в частности в области обращения с отходами сопряжено с множеством трудностей, связанных с климатическими условиями, технической выполнимостью, кроме этого, требуют значительных финансовых и трудовых затрат.

Загрязнение морских акваторий нефтью и нефтепродуктами происходит вследствие утечек нефти при загрузке и выгрузке танкеров у нефтяных гаваней

и причалов, аварий, связанных с танкерами, сброса в акватории балластной воды, аварий на морских и подводных скважинах и нефтепроводах, сброса в акватории отходов прибрежных нефтеочистительных и промышленных предприятий. Таким образом, основными источниками загрязнения моря являются: перевозка нефти и нефтепродуктов по морю; бурение и эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных скважин; аварии на скважинах, трубопроводах и т. п.

Приведенная последовательность перечисленных источников соответствует интенсивности и опасности загрязнения. К эксплуатационным источникам относят утечки нефти: при бурении скважин; добыче нефти и газа; подготовке и транспортировке продукции морских скважин.

К аварийным относят: выбросы и открытые фонтаны при бурении, освоении и эксплуатации скважин, разрывы подводных продуктопроводов, магистральных нефтепроводов, а также взрывы и аварии на подводных и надводных нефтехранилищах. К аварийным источникам загрязнения моря относят также подводные грифоны, представляющие большую опасность для флоры и фауны моря, т. к. в этих случаях нефть, поднимаясь с морского дна, проходит через все водные горизонты, создавая особо опасные зоны с высокой концентрацией загрязнителей [9].

На рис. 1 представлено процентное соотношение образующихся отходов по принадлежности, как видно основной объем в 97% от общего объема отходов, образующихся при бурении скважин приходится на отходы бурения. Поэтому наиболее важным вопросом обеспечения экологической безопасности при освоении морских месторождений является утилизация отходов бурения.



Рис. 1. Соотношение объемов образующихся отходов [10]

В мировой практике разработки нефтегазовых месторождений в акваториях существует четыре основных способа удаления отходов бурения: вывоз на берег; сжигание в специальных печах; нормированный по качественным и количественным показателям сброс в море; закачка в непродуктивный пласт [10].

Вывоз отходов на берег

Метод захоронения отходов бурения скважин на берегу предполагает вывоз отходов бурения в герметичных контейнерах на береговые полигоны по обезвреживанию и последующие их захоронение. Отходы бурения собираются

в специальные контейнеры и направляются транспортными судами на береговую базу производственного обслуживания станции с последующим вывозом на специализированное предприятие для нейтрализации и захоронения. В ледовые периоды на транспортных средствах необходимо предусматривать системы подогрева содержимого контейнеров [10].

Система механического обезвоживания ОБР

Процесс обезвоживания заключается во впрыскивании подготовленных химикатов и центрифугировании полученной массы. В результате получается осушенный шлам и пригодная для повторного использования техническая вода. Анализ данных по использованию систем обезвоживания буровых отходов позволяет считать, что помимо существенного снижения расходов по утилизации бурового шлама, за счет снижения объемов отходов на 30-40%, в условиях значительных отрицательных температур обеспечиваются также экономичность и безопасность транспортировки шлама в контейнерах [11].

Сжигание буровых шламов

Для сжигания бурового шлама применяются печи различных типов и конструкций: камерные, вихревые, многоподовые, с "кипящим слоем" катализатора. Несмотря на достаточную простоту технологического процесса метода термического обезвреживания шлама, он может быть осложнен следующими факторами: высокой обводненностью шлама, высоким содержанием в шламах механических примесей, состоящих, в основном, из песчаных и илистых частиц, сложностью извлечения из шламонакопителей и транспортировкой к шламосжигающей установке, сложностью осуществления качественного распыла в топке установки, обусловленной непостоянством его механико-физико-химического состава.

Захоронение отходов на дне моря

Назначение технологического процесса заключается в связывании основных загрязнителей, находящихся в буровом шламе в структуре, консолидированной (укрепленной) массы с помощью отверждающей композиции. Обезвреживание бурового шлама осуществляется путем перемешивания его с отверждающими составами и последующим прессованием обработанной массы. Однако, в ноябре 2004 года вступило в силу пятое приложение к Конвенции "Правила предотвращения загрязнения мусором с судов", согласно которому сброс отходов с морских платформ запрещен, за исключением измельченных или размолотых пищевых отходов.

Закачка отходов в непродуктивный пласт

Организация технологического процесса закачки в пласт предусматривает наличие в геологическом разрезе пластов, отвечающих целому ряду условий (проницаемость, низкий градиент трещиноватости отсутствие нефте-, газо- и водоносных пластов). На первом этапе, твердые или полутвердые буровые отходы превращаются в жидкий шлам с параметрами, соответствующими технологическому регламенту на закачку. Закачивается техническая вода, для создания избыточного давления в системе и инициирования гидроразрыва пласта. Когда вода начнет свободно изливаться при давлении гидроразрыва, в скважину закачивается жидкий шлам. Закачка

жидкого шлама может проводиться как отдельный непрерывный процесс или как серия периодических циклов закачки меньшего объема. Метод закачки шлама в непродуктивные горизонты является простым, надежным и экономически выгодным для ликвидации отходов, так как последовательное нагнетание в кольцевое пространство скважины является гибким методом ликвидации отходов, и даже буровой раствор на нефтяной основе может быть использован без риска для окружающей среды [3, 10].

Локализация и ликвидация нефти и нефтепродуктов с водной поверхности

Очистка поверхности водоема при разливе нефти и нефтепродуктов осложняется рядом факторов: высокой вязкостью нефти, что затрудняет её отделение от воды; значительными площадями очистки; подвижностью нефтяных пятен под действием ветра и течений; гидрометеорологическими условиями.

Для очистки водной поверхности и ликвидации разливов нефти созданы устройства, основанные на различных принципах действия. Разлившуюся нефть удаляют с помощью отдельных методов и технических средств или их комплекса, обеспечивающих локализацию нефтяного загрязнения, сбор нефти с помощью механических средств, поглощение ее сорбентами, рассеивание нефтяных пленок химическими или биологическими препаратами, сжигание нефти и другие [2, 12].

В практике удаления нефти с водной поверхности широко применяют термический, механический, гидробиологический и физико-химический методы. Наряду с достоинствами этих методов необходимо иметь в виду и их недостатки.

При *термическом способе* (поджоге нефти) морские стационарные и подвижные инженерные сооружения могут оказаться в эпицентре горящего пятна нефтяного поля, перемещающегося по поверхности моря под воздействием течения и ветра [15].

Недостатки *гидробиологического способа* – прекращение бактериального разложения при температуре морской воды ниже 10°C и невозможность утилизации разлитой нефти [16].

Механический способ требует применения дорогостоящих технических средств. Кроме того, в местах механического сбора на поверхности моря остается тонкая пленка нефти, а концентрация углеводородов в воде достигает нормы лишь через 300-400 суток после очистки района загрязнения [7].

Физико-химический способ характеризуется отрицательным воздействием на бентос диспергентов и других химических препаратов, относительно невысокой поглощаемостью нефти по сравнению с ее собственной массой (особенно нефти повышенной вязкости при использовании сорбентов) [13].

Основные технические средства локализации нефтяного загрязнения – боновые заграждения. Конструкция бонового заграждения состоит из плавающей, экранирующей и балластной частей. Плавающая часть бона может быть выполнена в виде отдельных поплавков, заполненных воздухом.

Экранирующая часть представляет собой гибкую и жесткую пластину, прикрепленную к плавучей части бона и нагруженную для придания устойчивости балластной цепью, трубой или растяжками. В настоящее время известно около 150 видов боновых заграждений.

Технические средства для механического сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности загрязненных участков моря можно разделить на две группы: нефтесборные устройства и специально оборудованные суда-нефтесборщики.

Нефтесборные устройства в зависимости от способа передвижения и крепления подразделяются на самоходные, стационарные, буксируемые и насосные (устанавливаемые на различных плав средствах), а по принципу сбора нефти и нефтепродуктов – на абсорбционные, адгезионные, пороговые, центробежные, всасывающие и другие.

Для локализации или ликвидации больших разливов нефти в акваториях при открытых фонтанах, разрывах подводных нефтепроводов, а также разрушениях нефтепромыслового хозяйства, вызванных стихийными бедствиями (ураган, шторм, ледовая обстановка и т. д.), служат экспедиционные суда, не имеющие ограничений по погодным условиям и районам плавания. Трюмы такого судна используются как емкости для собираемой с поверхности моря нефти. Специальные сепарационные устройства обеспечивают отделение собранной нефти от морской воды [7].

В последние годы для борьбы с загрязнением моря нефтью значительное распространение получают методы, основанные на свойствах различных материалов поглощать нефть из воды. Различают плавающие сорбенты плотностью менее 1000 кг/м^3 и погружаемые сорбенты большей плотности. В качестве плавающих сорбентов применяют многие природные (торф, мох, сено) и искусственные (полиуретан, резина) и другие материалы. Искусственные сорбенты изготавливают из синтетических материалов и выпускают в виде гранул или полотнищ (полос) материи. Преимущество искусственных сорбентов по сравнению с природными заключается в возможности их повторного использования после регенерации. Гранулированные сорбенты более эффективны, чем матерчатые, и применяются для удаления нефтяного загрязнения на больших площадях [7].

В заключение необходимо отметить, что соблюдение законов [15] и нормативов экологических требований приведет к существенному снижению антропогенной нагрузки на новом качественном уровне. Обеспечение поступательного и целенаправленного развития экологизации способов добычи нефти будет способствовать формированию ноосферогенеза.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А., Хотяновская Ю.В., Андреев Д.Н., Егорова Д.О., Назаров А.В. Индикация состояния экосистем в условиях нефтепромыслового техногенеза // *Географический вестник*. 2018. №4. С. 90-102.
2. Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2012. № 6. С. 4-7.

3. Вяхирев Р.И., Никитин Б.А. Мизоев Д.А. *Обустройство и освоение морских нефтегазовых месторождений*. М.: Изд-во Академии горных наук. 1999. 374 с.
4. Жариков, Е.П. *Арктическая нефть в морской добыче: состояние, проблемы, перспективы // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2016. № 1-2. С. 52-70.*
5. Копылов И.С. *Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы*. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
6. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
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 / Ур. гос. гор. ун-т. Пермь, 2014. 48 с.*
8. 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.*
9. 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.*
10. Котенок О.В., Оганов А.С. *Обеспечение экологической безопасности при освоении морских нефтегазовых месторождений // Ассоциация буровых подрядчиков. 2007. №1. С.36-39.*
11. Кулиев Н.П. *Основные вопросы строительства нефтяных скважин в море*. Баку: Азнефтеиздат, 1958. 369 с.
12. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. *Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13-16.*
13. 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*
14. 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.*
15. Тетельмин В.В., Язев В.А. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. Учеб. пособие. Долгопрудный: Интеллект, 2009. 352 с.*
16. Трубкин И.П., Немировская И. *Расчет аварийного разлива судового топлива на Ямальском побережье Карского моря // Антропогенная трансформация природной среды. 2019. №5. С. 56-63.*
17. *Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) "Об охране окружающей среды". URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7-FZ> (дата обращения 18.05.2020).*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Проведено изучение распределения циклических элементов в почвах на территории некоторых нефтяных месторождений в южной части Пермского края. Оценка уровня химического загрязнения почв рассчитывалась с помощью коэффициента концентрации химического вещества и комплексного показателя суммарного загрязнения.

Ключевые слова: почва, циклические элементы, нефтяные месторождения, Пермский край

Е.И. Епанова

Perm State University, Perm, Russia

DISTRIBUTION OF CYCLIC ELEMENTS IN SOILS IN THE TERRITORY OF OIL DEPOSITS IN THE PERMAN REGION

The study of the distribution of cyclic elements in soils on the territory of some oil fields in the southern part of the Perm Territory has been carried out. The assessment of the level of chemical contamination of soils was calculated using the coefficient of concentration of a chemical substance and a complex indicator of total pollution.

Key words: soil, cyclic elements, oil fields, Perm region

Введение

Под циклическими элементами понимается группа, которая состоит из 44 химических элементов (Al, V, Ni, Fe, Ba, Mn, Mg, Cu, Ca, Mo, Pb, Cr, Si, Li, Be, Co, Sr, Cd, Ti, Ag, Au, Th, Nd, Ce, La, Zn, As, Sb и другие) и участвует в различных геохимических циклах [1]. Изучение распространения элементов началось в первой половине 19 столетия. Большое внимание этому уделяли В.И. Вернадский, Ф.Кларк, А.Е. Ферсман [1, 10].

В настоящее время наиболее остро стоит проблема техногенного загрязнения окружающей среды [13]. Под техногенной миграцией понимается наиболее сложный вид миграции, вызванной деятельностью людей [12]. Она влияет на поведение химических элементов в почве, так как она является депонирующей средой, в которую элементы поступают в результате непосредственной антропогенной деятельности [2].

Для циклических элементов почва является емким акцептором. Они сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее удаляются [4, 8, 12].

В результате распределения или миграции химических элементов происходит рассеяние и концентрация вещества, среднее содержание которых меняется со временем [1, 11]. Наибольшей миграционной способностью обладает цинк, который равномерно распределяется в слое почвы на глубине 0-20 см. Свинец чаще накапливается в поверхностном слое, кадмий занимает промежуточное положение между ними. Встречается накопление Pb и в гумусовых отложениях [7]. Высокие концентрации элементов в почвах сохраняются десятилетиями после их непосредственного антропогенного использования. В связи с этим содержание циклических элементов в почвах и их изменения можно рассматривать, как важнейший показатель антропогенного загрязнения биосферы.

Деятельность нефтедобывающих предприятий обуславливает существенное воздействие на природные комплексы [9]. Накопление циклических элементов техногенного происхождения в приповерхностном слое почвы объясняется тем, что основная их часть поступает в форме труднорастворимых или нерастворимых соединений, происходит их накопление в твердой фазе, что, прежде всего, выражается в увеличении их валового содержания [3].

Цель и задачи, объекты исследований

Целью данной работы является изучение распределения циклических элементов на территории нефтяных месторождений подтаежной зоны Пермского края.

Задачи:

- Изучить современный уровень изучения техногенной миграции циклических элементов при эксплуатации нефтяных месторождений;
- Подготовить пробы с месторождений для получения данных по валовому содержанию циклических элементов;
- Проанализировать полученные данные;

Объект: почвы территории нефтяных месторождений подтаежной зоны Пермского края.

Для того чтобы изучить в каких «объемах» накапливаются циклические элементы, необходимо знать их валовое содержание в почве для проведения количественного анализа. Для этого использовались данные с 6 месторождений: Пospelовский участок, Солодовский участок, Аптугайское месторождение, Осинское месторождение, Батырбайское месторождение и Таныпское месторождение (рис. 1).



Рис. 1. Схема геохимического обследования

Методика и результаты исследований

Районы, в которых были отобраны ключевые площадки, расположены на юге Пермского края. Данная территория по физико-географическому районированию расположена в подтаежной зоне Пермского края. На территории расположены дерново-подзолистые почвы.

В 2019 г. специалистами кафедры биогеоценологии и охраны недр ПГНИУ (Санниковым П.Ю., Сивковым Д.Е., Шестаковым И.Е., Андреевым Д.Н.) были отобраны 34 пробы (рис. 1). Отбор производился с почвенного горизонта глубиной 0-20 см (ручным способом, с помощью лопаты) методом конверта. Отобранная проба высушивается при обычной температуре до воздушно-сухого состояния. Затем пробы просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. Затем образцы почвы просеиваются через еще одно сито для того, чтобы она превратилась в пыль, которую после этого отправляют в сушильной шкаф. После всех этих процедур начинается прессовка образцов почв для рентгенофлуоресцентного анализа [15].

В лаборатории экологии и охраны природы проводился количественный анализ по валовому содержанию в почвах Sr (мг/кг), Pb (мг/кг), As(мг/кг), Zn (мг/кг), Cu (мг/кг), Ni (мг/кг), Co (мг/кг), MnO (мг/кг), Cr (мг/кг), V (мг/кг), TiO₂ (%) на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» согласно методике выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом М-049-П/ [4].

Оценка уровня химического загрязнения почв согласно МУ 2.1.7.730-99 проводится по следующим показателям: коэффициент концентрации химического вещества и комплексный показатель суммарного загрязнения [14]. Расчеты коэффициента концентрации химического вещества (Кс) (мг/кг)

определялись отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) к зональному фоновому показателю ($C_{fi}/\text{кларк}$) (мг/кг) и рассчитывались по формуле:

$$K_c = C_i / C_{fi}$$

Далее рассчитывался комплексный показатель суммарного загрязнения ($Z_{ст}(г)$), учитывающий среднее геометрическое K_c и токсичность тяжелых элементов рассчитывающийся по формуле:

$$Z_{ст}(г) = n * [(K_{c1} * K_{т1}) * ... * (K_{cn} * K_{стn})]^{1/n} - (n-1)$$

n – число определяемых компонентов,

K_{ci} – коэффициент концентрации загрязняющего компонента,

K_{ti} – коэффициент токсичности i – го элемента [5].

При расчете Z_c по показателю Ю.Е. Саета были учтены значения K_c больше 1, то есть значение фактической концентрации должно превышать фоновое значение. Когда фактическая концентрация превышает фоновую, происходит накопление загрязняющих элементов. Данный подход выявляет именно загрязнителей. Именно в этом случае полученные данные дают объективную картину загрязнения почв. Для того, чтобы для этого показателя оставалась актуальной шкала критических суммарных показателей М.Е. Саета, следует для элементов первого класса опасности $K_t=1,5$ для элементов второго класса опасности применять $K_t=1,0$, а для элементов третьего класса опасности $K_t=0,5$. Тяжелые металлы, которые исследовались в данной работе, по опасности делятся на три класса: первый (высокий) класс включает As, Pb, Zn, Cr; второй (средний) класс включает Co, Ni, Cu Ti; третий (низкий) класс включает V, Mn, Sr[6].

В зависимости от полученного результата изменяется уровень загрязнения почвенного покрова (табл. 1).

Таблица 1

Градация почв по суммарной загрязненности почв циклическими элементами согласно геохимической оценке (Z_c) [6]

| Уровень загрязнения | Геохимическая оценка загрязнения (Z_c) |
|---------------------|--|
| Допустимый | < 16 |
| Умеренно опасный | 16–32 |
| Опасный | 32–64 |
| Высоко опасный | 64-128 |

На основе данных коэффициента концентрации химического вещества были рассчитаны значения комплексного показателя суммарного загрязнения (табл. 2)

Таблица 2

Значения комплексного показателя суммарного загрязнения

| № | ЦДНГ-1, Поспеловский участок | |
|---|-------------------------------------|--------------|
| 1 | Реперный участок-1 | -0,991446089 |
| 2 | Реперный участок-3 | 0,404338329 |
| ЦДНГ-2, Солодовский участок | | |
| 3 | Реперный участок-1 | 0,286565084 |
| 4 | Реперный участок-2 | -1,301458677 |
| ЦДНГ-3, Аптугайское месторождение | | |
| 5 | Скв. 157 | 10,56252436 |
| 6 | ДНС-0344 (в 50 м от ДНС) | 69,23701641 |
| 7 | ДНС-0344 (в 100 м от ДНС) | 11,04602409 |
| 8 | ДНС-0344 (в 200 м от ДНС) | 21,72374638 |
| 9 | Скв. 205 | 51,77962731 |
| 10 | КС-3 | 30,09714446 |
| 11 | КС-5 | 57,55002589 |
| 12 | Скв 201 | 46,41828349 |
| 13 | КС-7 | 10,47493611 |
| 14 | Скв. 146 (пойма р. Аптугайка) | 24,98127658 |
| ЦДНГ-5, Осинское месторождение | | |
| 15 | УППН «Оса» | -2,15023597 |
| ЦДНГ-6, Батырбайское месторождение | | |
| 16 | Скв. 515 | -0,460804183 |
| 17 | Скв. 296, 913 | 0,035917554 |
| 18 | КС-21 | -1,072522586 |
| 19 | Скв. 270 | -1,051005177 |
| 20 | Скв. 432, 264 | -1,412266644 |
| 21 | КС-21, Скв. 296, 913 | -2,73925414 |
| 22 | УППН «Константиновка» | 0,446011074 |
| ЦДНГ-6, Танышское месторождение | | |
| 23 | УППН «Таныш» | -0,680646481 |

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что практически на всех точках отбора содержание стронция, цинка и марганца ниже фонового. Если оценивать показатель суммарного загрязнения, то на Аптугайском месторождении он больше 16, а именно опасный, умеренно опасный и высоко опасный, следовательно, эти территории имеют наибольшее загрязнение. По все остальным месторождениям он в пределах нормы. По полученным результатам с территории Аптугайского месторождения можно утверждать о том, что при удалении от источника постепенное уменьшение содержания циклических элементов не происходит.

Наиболее характерными циклическими элементами для техногенеза являются свинец, мышьяк, хром, ванадий и титан, потому что они встречаются на большей части месторождений.

Максимальное превышение фонового значения наблюдается на Компрессорной станции 1 по мышьяку в 6 раз и в 4 раза по свинцу. Превышение фактического значения над фоном в 2 раза наблюдается по стронцию на УППН «Оса», по свинцу на УППН «Танып». Максимальный коэффициент концентрации по меди равный 1,8 наблюдается на УППН «Оса» и на этом же месторождении максимальный коэффициент концентрации по марганцу, равный 1,6. Но при всем этом, показатель суммарного загрязнения по Осинскому месторождению допустимый.

Скорей всего значение коэффициента концентрации по циклическим элементам на территории некоторых месторождений такое высокое из-за того, что фоновые площадки отбора проб расположены на территории ООПТ. Так фоновая проба для Аптугайского месторождения отобрана на территории охраняемого ландшафта Куединский. На территории заказника «Капкан Гора» была отобрана фоновая проба для Таныпского месторождения.

Заключение

Циклические элементы – это группа элементов, для которых почва является емким акцептором. В результате распределения или миграции химических элементов происходит рассеяние и концентрация вещества, среднее содержание которых меняется со временем. Содержание циклических элементов в почвах и их изменения можно рассматривать, как важнейший показатель антропогенного загрязнения биосферы. Накопление циклических элементов техногенного происхождения в приповерхностном слое почвы происходит из-за того, что основная их часть поступает в форме труднорастворимых или нерастворимых соединений.

Накопление стронция, цинка и марганца на площадках не происходит, а свинец, мышьяк, хром, ванадий и титан являются наиболее характерными циклическими элементами для техногенеза. Территории Аптугайского месторождения имеют наибольшее загрязнение, если оценивать показатель суммарного загрязнения. По все остальным месторождениям уровень загрязнения допустимый.

Библиографический список

1. Алексеенко В.А., Бузмаков С.А., Панин М.С. *Геохимия окружающей среды: учеб. пособие для вузов. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 359 с.: ил.*
2. Алексеенко В.А. *К вопросу техногенной металлизации почв // Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии (в двух томах). Барнаул, 2015. Т. 1. С. 26-29.*
3. Андреев Д.Н., Дзюба Е.А., Хотяновская Ю.В. *Биотический мониторинг в карстовом районе нефтедобычи (Пермский край // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 87-89.*
4. Андреев Д.Н., Дзюба Е.А. *Суммарное химическое загрязнение почв тяжелыми металлами в различных биотопах на территории Вишерского заповедника // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2-2. С. 283-287.*
5. Байдина Н.Л. *Загрязнения городских почв и огородных культур тяжелыми металлами // Агрохимия. 1995. № 12. С. 105-111.*

6. Водяницкий, Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюллетень Почвенного института В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 56-82.
7. Дзюба Е.А. Тяжелые металлы и техногенез на нефтепромысловых территориях в условиях карста // В сборнике: Проблемы антропогенной трансформация природной среды Материалы международной конференции памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка. Под редакцией С.А. Бузмакова. 2019. С. 144-148.
8. Замотаев И.В., Иванов И.В., Михеев П.В., Никонова А.Н. Химическое загрязнение и трансформация почв в районах добычи углеводородного сырья (обзор литературы) // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1505.
9. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
10. 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.
11. Краткий справочник по геохимии. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Г.В. Войткевич, А. Е. Мирошников, А.С. Поваренных, В.Г. Прохоров. М.: Недра, 1977.
12. Маньковский М.А. Загрязнение нефтепродуктами почвы в карстовом районе // В сборнике: Проблемы антропогенной трансформация природной среды Материалы международной конференции памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка. Под редакцией С.А. Бузмакова. 2019. С. 183-184.
13. Мачулина Н. Ю. Геохимия окружающей среды: учеб. Пособие. Ухта: УГТУ, 2015. 154 с.
14. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.
15. Технооборудование. Спектроскан макс-г [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://techob.ru/katalog/katalog-priborov/spektralnyie-analizatoryi/4.4.-rentgeno-fluorescentnyie-analizatoryi/analizatoryi-spektroskan/spektroskan-maks-g.html> (дата обращения: 10.05.2020).

И.С.Копылов, А.В. Коноплев, П.А. Красильников, И.В. Кустов
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ Г. ПЕРМИ

Установлены основные эколого-геологические проблемы г. Перми. Рассмотрено состояние изученности и картографирования геологической среды города. Составлены карты геологического и экологического содержания масштаба 1:100 000. Определены наиболее актуальные эколого-геологические и инженерно-геологические задачи Перми, которые необходимо решить в ближайшее время.

Ключевые слова: геоэкология, эколого-геологические проблемы, геологическая среда, геологическая изученность, геологическое картирование, геологические процессы, геодинамическая активность, город Пермь.

I.S. Kopylov, A.V. Konoplev, P.A. Krasilnikov, I.V. Kustov
¹Perm State University, Perm, Russia

ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL PROBLEMS, STATE OF STUDY AND MAPPING OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN PERM

The main ecological and geological problems of the city of Perm have been established. The state of knowledge and mapping of the geological environment of the city is considered. Maps of the geological and ecological content of the scale 1: 100,000 have been compiled. The most urgent ecological-geological and engineering-geological problems of Perm, which must be solved in the near future, have been determined.

Key words: geoecology, ecological and geological problems, geological environment, geological knowledge, geological mapping, geological processes, geodynamic activity, the city of Perm.

Основные эколого-геологические проблемы г. Перми

Эколого-геологическая обстановка территории Перми очень сложная, обусловлена сильнейшим техногенным воздействием на природно-геологическую среду и геологическими факторами, влияющими на городскую среду, которые обусловили следующие основные проблемы [1, 2, 7, 11, 23-25, 27, 30, 34, 35]:

- высокая степень техногенной нагрузки в городской агломерации, которые обусловили химическое загрязнение в разной степени всех природных сред – атмосферы, почвенно-растительного покрова, поверхностных и подземных вод;

- накопление огромного количества промышленных и бытовых отходов;

- развитие геологических и природно-техногенных экзогенных геологических процессов – подтопления, заболачивания, овражной эрозии, оползней, суффозии, карста комплекса процессов связанных с переработкой берегов водохранилищ;
- изменение геологических и инженерно-геологических условий в районах интенсивного техногенного воздействия вследствие активизации геологических процессов, нарушения водного баланса, оседания земной поверхности;
- повышение сейсмоопасности, особенно в геодинамических активных зонах с высокой степенью трещиноватости;
- истощение запасов подземных вод и их сильное загрязнение;
- негативное проявление горных выработок прошлых лет.

Состояние изученности геологической среды г. Перми

Геологическое изучение территории г. Перми крайне неравномерно и недостаточно. Практически не изучено глубинное строение, поскольку на территории города не проводилось глубокого бурения. Ближайшие глубокие скважины располагаются на Краснокамском и Лобановском поднятиях. Государственные геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая съёмки проведены только в масштабе 1:200 000. Наибольший объём работ выполнен при инженерно-геологических изысканиях под различные объекты промышленного и гражданского строительства. При этом инженерно-геологическая изученность территорий даже в границах одного жилого района неравномерна. Как правило, нет сведений по инженерно-геологическим изысканиям территорий, занятых промышленными предприятиями. Проведен сбор, обобщение, анализ материалов ранее проведенных геологических, геоэкологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, геохимических работ, а также других видов исследований на территории г. Перми [4-6, 13, 15-18, 22, 28, 31, 35], составлены картограмма и каталог картографической изученности геологической среды (табл. 1, рис. 1).

Составление комплекта карт масштаба 1:100 000

Основная картографическая изученность геологической среды г. Перми основывается на материалах, собранных при подготовке отчета о научно-исследовательской работе «Концепция геологической безопасности города Перми» по муниципальному контракту № СЭД-22-01-06-112 от 26.10 2010 г. ЕНИ ПГНИУ / А.В.Коноплев, И.С.Копылов, П.А.Красильников, И.В.Кустов, Пермь, 2010» [29]. Включает следующие основные карты масштаба 1:100 000: геологическая карта с основными тектоническими элементами, карта четвертичных отложений, орографическая карта с элементами геоморфологии, карта экзогенных геологических процессов, карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон (рис. 2-7).

Таблица 1

Каталог картографической геологической, инженерно-геологической, гидрогеологической и геоэкологической изученности территории г. Перми

| № п/п | Автор, название отчета, год | Основные результаты |
|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Геологическое картирование | | |
| Геологическое картирование масштаба 1:500 000 | | |
| 1.1 | Геологическая карта Урала. Масштаб 1:500 000. Под ред. И.И. Горского. М. Л., ГОНТИ, 1939 | Геологическая карта |
| 1.2 | Вагаев М.Н. Материалы к геологической карте Молотовской области масштаба 1:300 000. ГПК, Пермь, 1956 | Геологическая карта |
| 1.3 | Карта четвертичных отложений Урала масштаба 1:500 000. Под ред. В.А. Лидера. Свердловск, 1965 | Карта четвертичных отложений |
| 1.4 | Геологическая карта Северного, Среднего и северо-восточной части Южного Урала. Масштаб 1:1 000 000. Под ред. И.Д. Соболева. Свердловск, УТГУ, 1966 | Геологическая карта |
| 1.5 | Ушков Б.К. и др. Геолого-экономическая карта Пермской области масштаба 1:500 000. ПГГСП «Геокарта», Пермь, 2000 | Геологическая карта, карта четвертичных отложений |
| Геологическое картирование масштаба 1:200 000 | | |
| 1.6 | Геологическая карта Пермского Приуралья. О-40-XIV (Краснокамск). Масштаб 1:200 000 Автор Б.И. Грайфер / Шитин С.Т. и др. Отчет о региональных комплексных аэрогеологических исследованиях в Пермской области в 1976-1979 гг.(бассейны верхнего течения р.Камы и ее притоков). ГПК, Пермь, 1979 | Геологическая карта листа О-40-XIV |
| 1.7 | 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 | Геологическая карта листа О-40-XXI |
| 1.8 | Государственная геологическая карта (карта четвертичных отложений). Масштаб 1:200 000. Пермская серия. О-40-XXI. (Кунгур). Автор И.И. Чертова. Редактор В.П. Горский. ВСЕГИНГЕО, Л., 1991 | Карта четвертичных отложений листа О-40-XXI |
| 1.9 | Государственная геологическая карта (карта дочетвертичных отложений). Масштаб 1:200 000. Пермская серия. О-40-XV (Пермь). Авторы: З.А. Леонова-Вендровская, Е.Н. Ларионова. Редактор В.П. Горский. Гл. редактор О.А. Щербаков. ВСЕГИНГЕО, Л., 1992 | Геологическая карта листа О-40-XV |
| 1.10 | Государственная геологическая карта (карта четвертичных отложений). Масштаб 1:200 000. Пермская серия. О-40-XV (Пермь). Автор И.И. Чертова. Редактор В.П. Горский. ВСЕГИНГЕО, Л., 1992 | Карта четвертичных отложений листа О-40-XV |
| 1.11 | Болотов А.А. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:200 000 Оханской площади (листы О-40-XX, О-40-XXI - зап.пол., О-40-XXVI, О-40-XXVII - зап.пол.) в Пермской области за 1985-1988 гг. ГСП, Пермь, 1988 | Геологическая карта и карта четвертичных отложений листа О-40-XX |
| 2. Гидрогеологическое инженерно-геологическое, геоэкологическое картирование | | |
| Гидрогеологическое, инженерно-геологическое, геоэкологическое картирование масштаба 1:500 000 | | |
| 2.1 | Шимановский Л.А. и др. Отчет о гидрогеологической съемке Урала масштаба 1:500 000 листов О-40-В и западной трети листа О-40-Г. Свердловск, 1959 | Гидрогеологическая карта листа О-40-В |
| 2.2 | Шимановский Л.А. и др. Отчет по гидрогеологической съемке масштаба 1:500 000 листа О-40-А. / Материалы к государственной гидрогеологической карте Союза ССР масштаба 1:500 000. Свердловск, 1961 | Гидрогеологическая карта листа О-40-А |
| 2.3 | Иконников Е.А. Отчет о результатах работ по составлению гидрогеологической карты масштаба 1: 500 000 листов О-40-А и О-40-В за 1986-1990 гг. Пермь, 1990 | Гидрогеологическая карта |

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| 2.4 | Копылов И.С. и др. Составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет Геоэкологической партии ПГГСП «Геокарта» по результатам геоэкологических исследований по теме № 48-96-9/11 на территории Пермской области в 1998-2000 гг. Пермь, 2000 | Карты: геоэкологическая, гидрогеологическая, гидрогеоэкологическая, экологической оценки состояния геологической среды, экзогенных геологических процессов, техногенной нагрузки, эколого-гидрогеохимическая, эколого-литогеохимическая |
| 2.5 | Копылов И.С. и др. Составление гидрогеологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 на основе создания базы данных «Региональная гидрогеология Пермской области масштаб 1:500 000». С.Петербург-Пермь, 2002 | Гидрогеологическая карта |
| 2.6 | Коноплев А.В. и др. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые. Отчет по госконтракту № 162 от 09.06. 2005 г. ФГНУ ЕНИ, Пермь, 2005 | Карта инженерно-геологических условий |
| Гидрогеологическое, инженерно-геологическое, геоэкологическое картирование масштаба 1:200 000 | | |
| 2.7 | Михайлов Г.К. и др. Объяснительная записка к гидрогеологической карте Урала масштаба 1:200 000. Лист О-40-XXI (Кунгур). Свердловск, 1957 | Гидрогеологическая карта листа О-40-XXI |
| 2.8 | Бобров Е. А. и др. Объяснительная записка к гидрогеологической карте Урала масштаба 1:200 000. Лист О-40-XXI (Кунгур), Пермь, 1965 | Гидрогеологическая карта листа О-40-XXI |
| 2.9 | Мошковский В.И. и др. Отчет по гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 листа О-40-XV (отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам работ за период 1963-65 гг.). Пермь, 1965 | Гидрогеологическая карта листа О-40-XV |
| 2.10 | Мошковский В.И. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XX. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки за период 1968-70 гг. Пермь, 1970 | Гидрогеологическая карта листа О-40-XX |
| 2.11 | Заякин С.В. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XIV. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XIV за период 1972-74 гг. Пермь, 1974 | Гидрогеологическая карта листа О-40-XIV |
| 2.12 | Ведерников П.П. и др. Отчет по проведению инженерно-геологической съёмки с гидрогеологическим доизучением и геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-XXI. Сылва, 2000 | Карты листа О-40-XXI: инженерно-геологическая, гидрогеологическая, эколого-геологическая |
| 2.13 | Копылов И.С. и др. Гидрогеологическое доизучение с геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-XV. Информационный отчет ФГУП «Геокарта-Пермь» о результатах незавершенных гидрогеологических и геоэкологических работ в 1996-2002 гг. Пермь, 2004 | Карты листа О-40-XV: естественных ресурсов подземных вод, эколого-геологическая, пораженности территории различными видами ЭГП, техногенной нагрузки |
| 3. Специализированные инженерно-геологические гидрогеологические и геоэкологические работы | | |
| 3.1 | Степанов и др. Отчет о результатах работ по проведению специализированного геоэкологического картирования гг. Перми и Краснокамска масштаба 1:50 000 (Пермский промузел за 1991-1993 гг.). Сылва, 1994 | Карта уровня загрязнения подземных и поверхностных вод, горных пород и почво-грунтов, геолого-технические разрезы по скважинам, радиометрические карты |
| 3.2 | Иконников Е.А. и др. Отчет о результатах работ по контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения на территории Пермской области за 1995-1996 гг. Институт карстоведения и спелеологии РГО РАН, Пермь, 1996 | Карта техногенной нагрузки и источников загрязнения подземных вод |

| 1 | 2 | 3 |
|-----|--|---|
| 3.3 | <p>Костарев В.П. и др. Инженерно-геологическое обоснование схемы инженерной защиты территории Пермской области от опасных геологических процессов. Отчет в 5 томах. Пермь: ВерхнекамГИСИЗ, 2000.</p> <p>Костарев В.П. и др. Комплект карт природных условий левобережной части г. Перми и пояснительных записок к ним по теме: «Рекомендации по методике оценки и прогноза изменения гидрогеологических условий застроенных и осваиваемых территорий г. Перми». Пермь: ВерхнекамГИСИЗ, 1983.</p> <p>Костарев В.П. и др. Отчет о комплексных инженерных изысканиях с целью изучения процесса подтопления территории г. Перми для обоснования «Комплексной схемы инженерной защиты г. Перми от опасных геологических процессов (в 4-х томах). Том I. Пермь: ВерхнекамГИСИЗ, 1985.</p> <p>Костарев В.П. и др. «К характеристике изученности определяющих геоэкологическую обстановку опасных геологических процессов на территории Пермской градопромышленной агломерации». Пермь: ВерхнекамГИСИЗ, 1998</p> | Инженерно-геологические схемы и объяснительные записки |
| 3.4 | Генеральный план г. Перми «Схема ограничений использования территорий» раздела проекта Генерального плана «Схемы границ территорий, земель и ограничений». - ОАО ВерхнекамГИСИЗ. Отчет по договору № 15*ГП 4/09/975 от 03.08.09г. | Схемы: фактического материала, геолого-литологические колонки скважин, геолого-литологические разрезы |

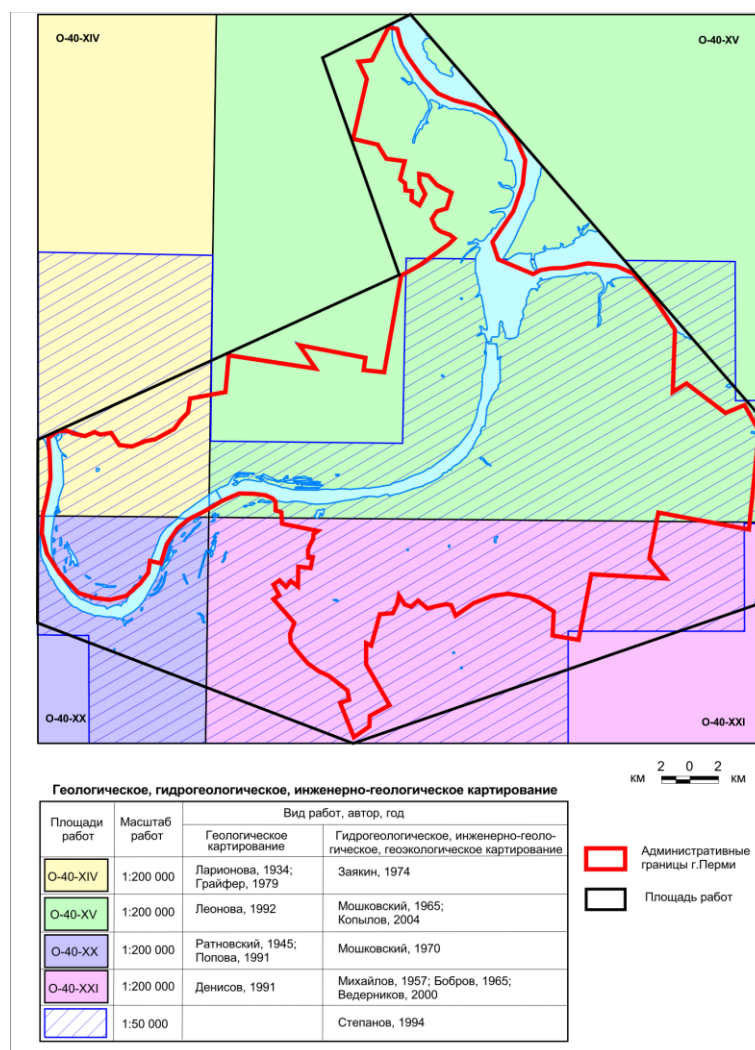


Рис. 1. Картограмма геологической изученности территории г. Перми

Геологическая карта с основными тектоническими элементами составлена на основе картографических материалов государственной геологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-ХV, О-40-ХХ, О-40-ХХI (ФГУП «Геокарта-Пермь») с добавлением данных по листу О-40-ХIV (ГПК – Грайфер, 1979ф). Тектоническая ситуация взята по материалам ООО «ПермНИПИнефть» [11, 28] (рис. 2).

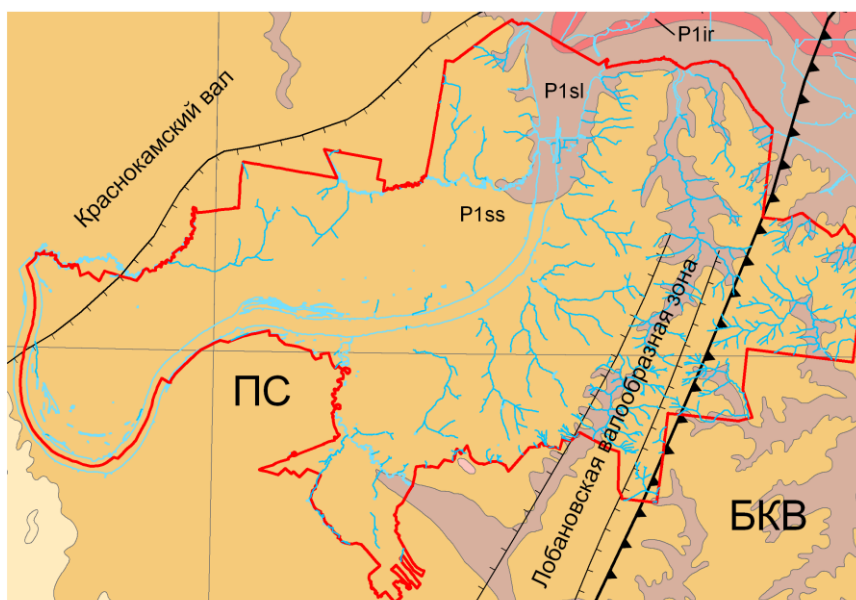


Рис.2. Геологическая карта территории г. Перми (уменьшение с масштаба 1:100 000)

Карта четвертичных отложений составлена на основе картографических материалов государственной геологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-ХV, О-40-ХХ, О-40-ХХI (ФГУП «Геокарта-Пермь») [11, 28] (рис.3).

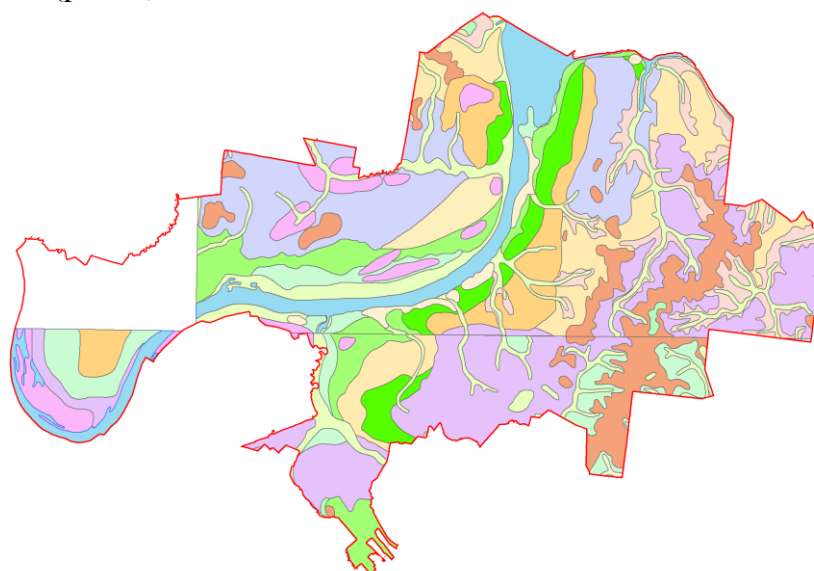


Рис. 3. Карта четвертичных отложений территории г. Перми (уменьшение с масштаба 1:100 000)

Орогидрографическая карта с элементами геоморфологии включает цифровую модель рельефа с элементами гидрографии и геоморфологии территории [33] (рис. 4, 5)

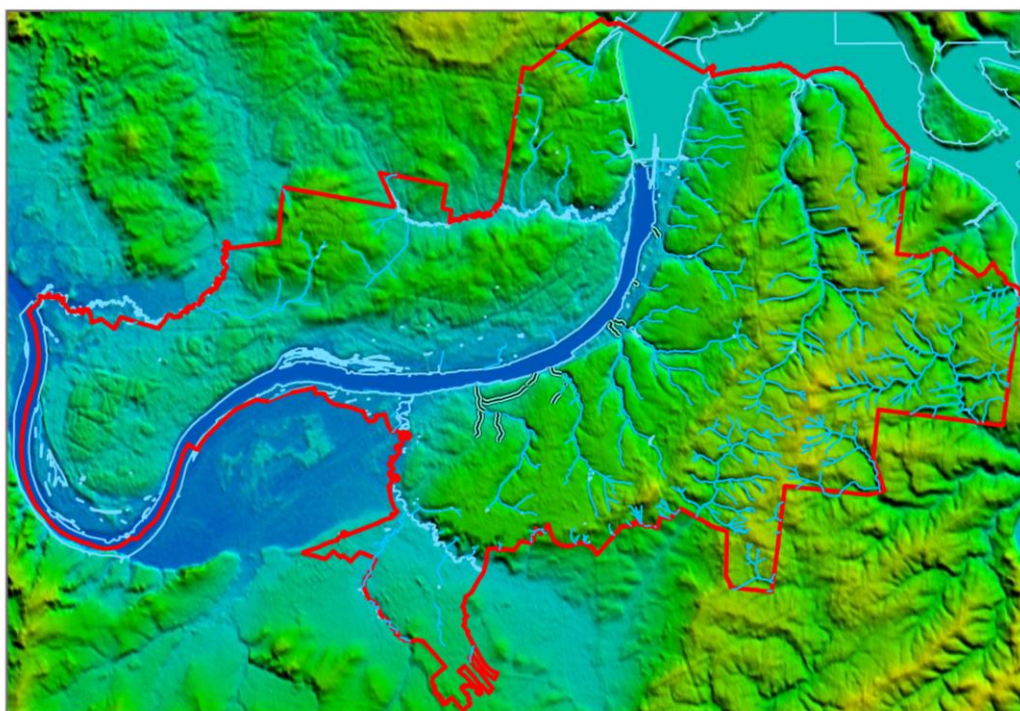


Рис. 4. Цифровая модель рельефа с элементами гидрографии (уменьшение с масштаба 1:100 000)

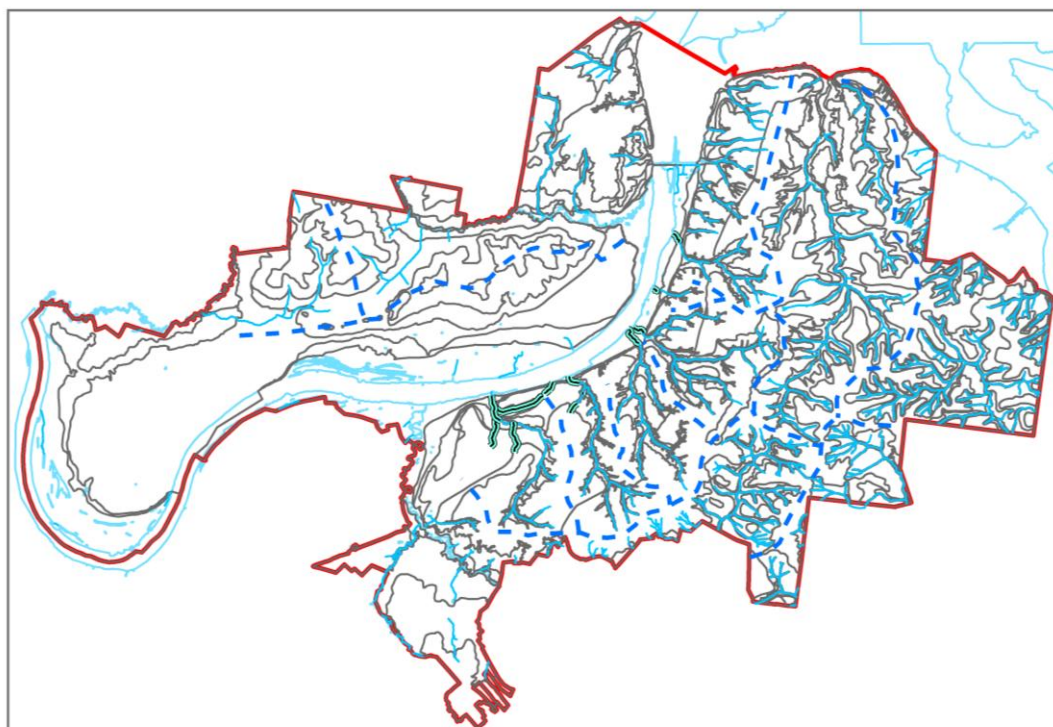


Рис.5. Элементы геоморфологии территории г. Перми (уменьшение с масштаба 1:100 000)

Карта экзогенных геологических процессов составлена на основе картографических материалов государственной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-ХV и О-49-ХХI (ФГУП «Геокарта-Пермь» и ГП «Запуралгидрогеология») с добавлением материалов ОАО ВерхнекамТИСИз, ПГНИУ и др. [3, 32, 35] (рис. 6).

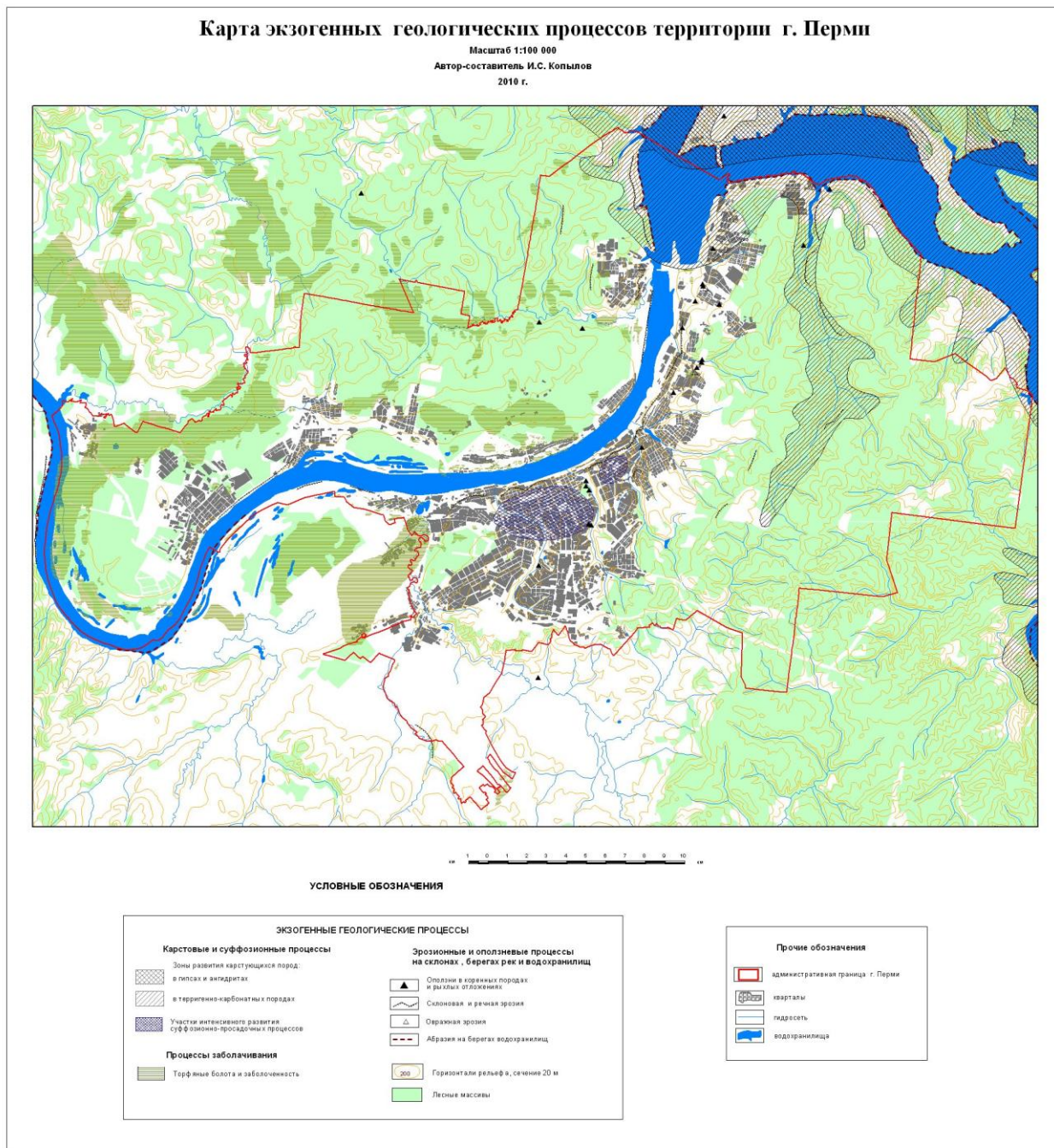


Рис. 6. Карта экзогенных геологических процессов территории г. Перми (уменьшение с масштаба 1:100 000)

Карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон составлена на основе дешифрирования космических снимков масштаба 1:100 000, где выделены прямолинейные линеаменты, отображающие

тектонические нарушения осадочного чехла и фундамента и компьютерной обработки данных. Проведено ранжирование по плотности тектонических линейментов на 6 классов. Классы 5 и 6 с очень высокой и чрезвычайно высокой плотностью тектонической трещиноватости характеризуются, как геодинамические активные зоны. Как показывают проведенные исследования геодинамическая активность играет ведущую роль в формировании геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий [8, 10, 12, 14, 16, 19-21, 26]. Сопоставлены с известными тектоническими разломами по геофизическим данным [9] (рис. 7).

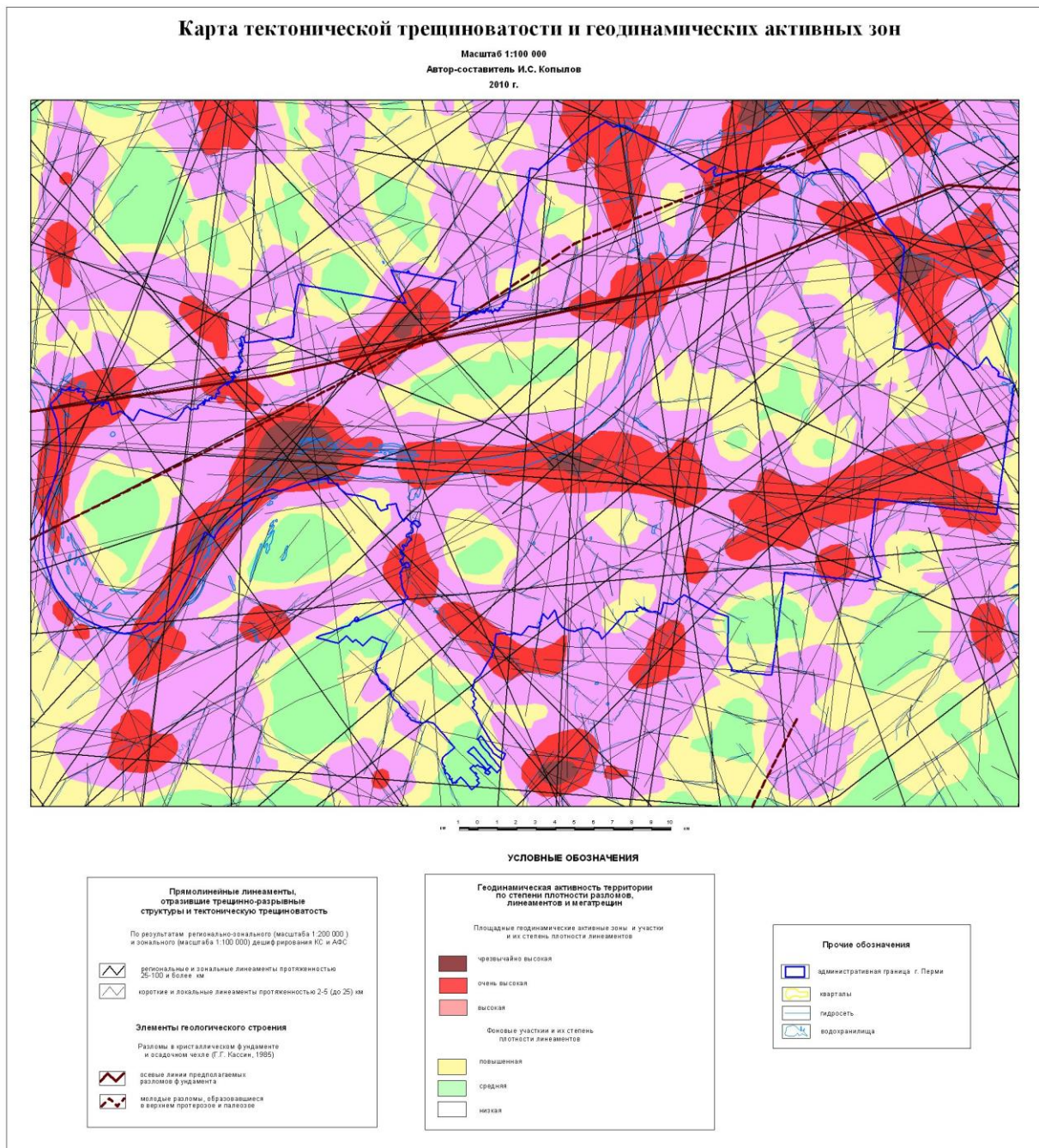


Рис. 7. Карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон территории г. Перми (уменьшение с масштаба 1:100 000)

Наиболее актуальные эколого-геологические и инженерно-геологические задачи Перми, которые необходимо решить в ближайшее время, отнесены следующие:

- сбор, обобщение, анализ материалов работ по инженерно-геологическим изысканиям на территории г. Перми и создание по ним электронной базы данных с последующим 3-х мерным моделированием геологической среды;

- построение концептуальных и крупномасштабных картографических моделей в ГИС-технологиях (основных карт геологического содержания масштабов 1:50 000): геологической, геоэкологической, гидрогеологической, инженерно-геологической, ландшафтно-геохимической, неотектонической, геоморфологической;

- гидрогеохимическое картирование горизонта пресных вод (с учетом поверхностного и родникового стока);

- комплексная оценка устойчивости геологической среды города и особенно в долинах малых рек;

- создание буферной зоны для строительства многоэтажных зданий;

- коррекция подходов к организации сети мониторинга состояния подземных вод и геологических процессов.

Проведение комплекса эколого-геологических работ наиболее целесообразно осуществлять в центральной части города в бассейне рек Данилихи и Егошихи, где в настоящее время планируется создание особо охраняемые природных территорий (ООПТ).

Библиографический список

1. Быков В.Н., Димухаметов Д.М., Димухаметов М.Ш. Эколого-геологическая обстановка города: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Быкова. Пермь: Перм. ун-т, 2001. 101 с.

2. Двинских С.А., Копылов И.С. Концепция индекса экологического благополучия города // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 75-86.

3. Димухаметов Д.М. Опасные геологические процессы на левобережной территории г.Перми (суффозия, подтопление, эрозия) / дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол. мин. наук. Пермь, 2000. 219 с.

4. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение системы инженерно-геологической и геоэкологической безопасности города Перми // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2014. С. 56-78

5. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Формирование ГИС-атласа "Инженерная геология и геоэкология города Перми" // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 154-157.

6. 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.

7. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 335-339.

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. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.

10. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.

11. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.

12. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
13. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. №. 4.
14. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
15. Копылов И.С. Инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование территории города Перми для решения проблемы геологической безопасности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2011. № 11. С. 168-170.
16. Копылов И.С. Картографическое моделирование геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы и формирование полезных ископаемых // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. Пермь, 2013. С. 145-147.
17. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. Тамбов, 2011. № 8 (23). С. 126-129.
18. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
19. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.
20. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
21. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.
22. Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 210-217
23. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
24. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177
25. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
26. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
27. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.
28. 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.
29. Копылов И.С., Коноплев А.В. Разработка концепции геологической безопасности города Перми // *В сборнике: Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование*. Пермь, 2011. С. 92-94.
30. 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.
31. 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.
32. Копылов И.С., Мельчакова Н.П. Инженерно-геологическая оценка и районирование центральной части Пермского края для проектирования газопроводов // *В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 216-229.
33. 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
34. 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.
35. Костарев В.П., Малахов В.Е., Малахова Т.Е. К решению экологических задач при инженерно-геологических изысканиях для строительства // *Геология Западного Урала на пороге XXI века*. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 326-328.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ГОРНОЗАВОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА

В статье рассмотрены геоэкологические условия территории Горнозаводского городского 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, Горнозаводской округ, Пермский край.

I.S. Kopylov¹, L.I. Kopylova²

¹Perm State University, Perm, Russia

²Center for fire-prevention propaganda and public relations of FGKU 10th detachment of FPS in the Perm Territory, Perm, Russia

GEOECOLOGICAL ESTIMATION AND STABILITY OF NATURAL ENVIRONMENT OF GORNOZAVODSKY CITY DISTRICT

The article considers the geoecological conditions of the territory of the Gornozavodsky city 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, Gornozavodsky city district, Perm Territory.

Введение

Горнозаводской городской округ (ГГО) – один из старейших горно-промышленных районов Урала, расположен в центрально-восточной части Пермского края на площади 7065 км². Район отдален относительно от основных промышленных центров, однако здесь более 200 лет ведется добыча полезных ископаемых (хромиты, золото, алмазы, железные руды и др.), существуют геологические и другие природные факторы, серьезно осложняющие экологическую обстановку.

Методика и материалы

Геоэкологический анализ проведен на основе материалов геоэкологического, ландшафтно-геохимического картографирования территории Пермского края масштаба 1:500 000, проведенных (ФГУП «Геокарта-Пермь», Пермский госуниверситет), в которых авторы принимали непосредственное участие. Также использована информация из докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2000-2020 гг. [3] Комплексная геоэкологическая оценка состояния природной среды выполнена по методикам ВСЕГИНГЕО [38], с учетом рекомендаций по оценочным критериям [2, 6, 10, 20, 25-28, 32, 34, 37].

Основные техногенные факторы и их воздействие на окружающую среду

Основные техногенные объекты и источники.

Селитебные зоны ГГО представляют – 19 населенных пунктов (1 – город, 9 – рабочих поселков, 9 – сельских населенных пунктов) с общей численностью населения 22 517 чел. (2021), крупнейшие из них – г. Горнозаводск (11,8 тыс. человек), пгт. Пашия, Кусье-Александровский, Теплая Гора, Сараны, Промысла, Нововильвенский, Бисер, Медведка (рис. 1).

Ведущими отраслями в структуре экономики района являются черная металлургия, машиностроение, производство стройматериалов, санитарно-технического оборудования лесная промышленность, геологодобыча и разведка. Местное значение имеет сельскохозяйственная, пищевая, хлебопекарная и легкая промышленность.

Промышленность стройматериалов, занимающую ведущее место в структуре хозяйства района, представляют АО «Горнозаводскцемент», (производство различных марок цемента, в том числе портландцемента, гипсовый камень, известково-цементные вяжущие, стеновые материалы и др.), ЗАО «Пашийский металлургическо-цементный завод», специализирующееся на производстве передельного чугуна, цемента. ОАО "Теплогорский щебеночный комбинат" занимается добычей щебня. ОАО «Телиэм» (в Теплой Горе) производит сантехническое оборудование, эмалированные ванны, запорную арматуру. Черная металлургия представлена горнодобывающим предприятием – ОАО «Сарановская шахта «Рудная» (основная продукция предприятия - руда и концентраты хрома) – с крупнейшим месторождением страны хромитовых руд в пос. Сараны. Предприятия лесной промышленности: ОАО «Бисерский леспромхоз» и ОАО «Теплогорский леспромхоз», АО «Пашийский ЛПХ», АО «Воронежский ЛПХ», ООО «Лесная компания» и ряд индивидуальных частных предприятий. В районе ежегодно производится 25 тыс. куб. м пиломатериалов, вывозка леса составляет 180 тыс. куб. м, производство круглых лесоматериалов - 155 тыс. куб. м [3, 26, 40].

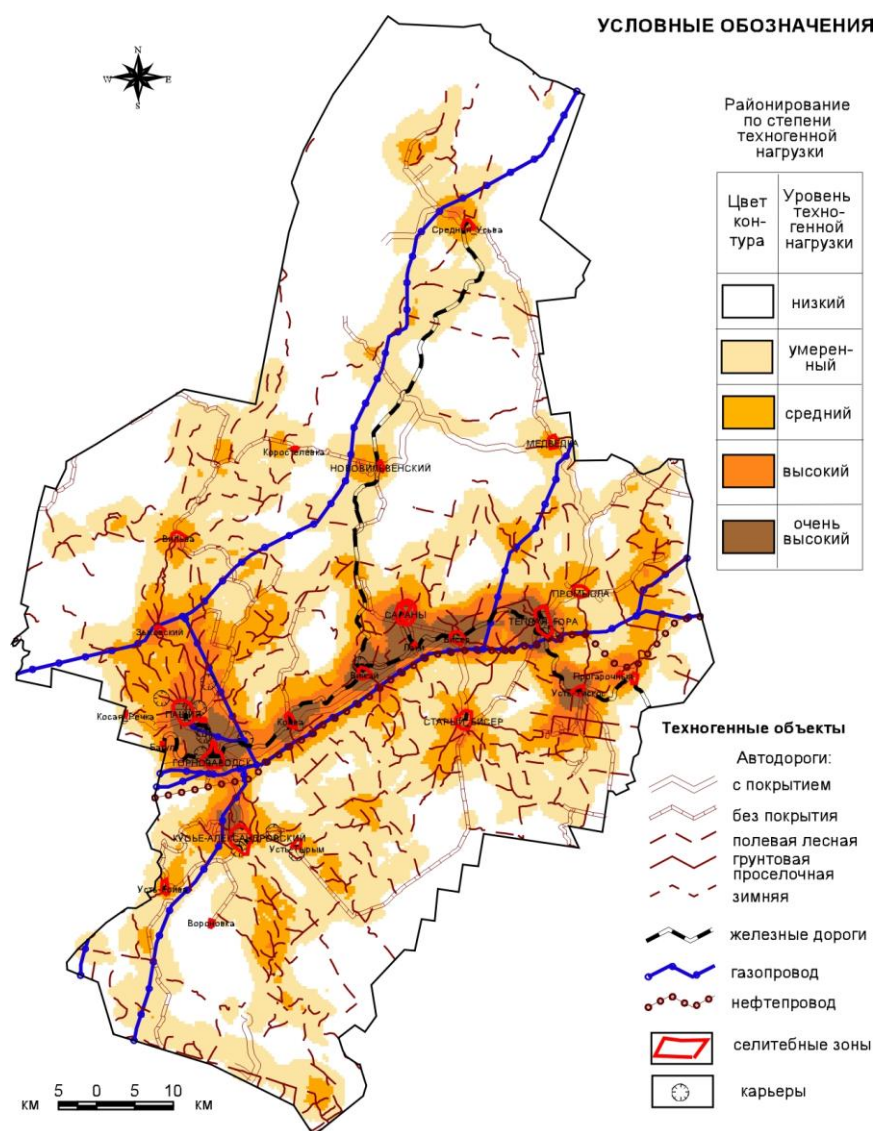


Рис. 1. Карта техногенных факторов экологических условий Горнозаводского округа

Дорожная сеть довольно хорошо развита в центральной части, в отдаленных частях от центра, дороги отсутствуют. Через район проходит Горнозаводская железнодорожная магистраль Пермь – Н.Тагил (основные станции - Пашья, Бисер, Вижай, Теплая Гора) и автомобильная дорога краевого значения Кунгур – Соликамск – Горнозаводск. По территории района проходит несколько магистральных газопроводов. Здесь расположены газоперекачивающие станции РАО «Газпром».

Оценка техногенного воздействия на окружающую среду.

На территории Горнозаводского ГО накоплено (основными накопителями промышленных и бытовых отходов являются 43 организации, находящиеся на учете) 5 097,537 тыс. т отходов. Средний модуль техногенной нагрузки (по количеству отходов на 1 км² площади) составил 282,8 т/ км² и по этому показателю район относится к территориям с очень высоким уровнем суммарной антропогенной нагрузки. Валовый выброс загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу в районе составил в последние годы: от стационарных

источников загрязнения – 28,477 (2018 г.) и 36,316 (2019 г.) тыс. т; от передвижных источников загрязнения – 2-3 тыс. т. Модуль антропогенной нагрузки в целом по району составляет 4-5 т х год/км². По уровню антропогенной нагрузки на атмосферный воздух район относится к среднему уровню. Сброс сточных вод в водные объекты района значительный, составляет более 5 млн. м³ с массой ЗВ 1-1,2 тыс. т. [3, 26]. Значительную опасность представляют трансграничное загрязнение р. Чусовой шестивалентным хромом, поступающим в реку со сточными водами объединения «Хромпик» от г. Первоуральск Свердловской области.

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 северной и южной частях ГГО (рис. 1).

Природно-геологические условия и ландшафты

Территория ГГО расположена в западных предгорьях и собственно горах Среднего Урала. Климат континентальный. Среднегодовая температура – -0,9°C, средняя месячная температура января – -17,2°C (абсолютный минимум – -52°C), температура июля +15,4°C (абсолютный максимум +34°C). Среднемесячное количество осадков в июне – сентябре составляет 89-93 мм. Среднегодовое количество осадков – 977 мм, Климатические условия становятся более суровыми при движении с юго-запада на северо-восток: увеличиваются количество осадков, влажность воздуха; среднегодовая температура воздуха уменьшается [1, 3].

Рельеф низкогорный, холмисто-увалистый с субмеридиональными хребтами. Максимальные абсолютные отметки на хребте Басеги – г. Сред. Басег (994 м). Минимальная абсолютная отметка - на р. Чусовая (121 м) у западной границы района (рис. 2). Территория закарстована.

Речная сеть характеризуется значительной густотой и разветвленностью. Все реки принадлежат бассейну р. Чусовая. Основные притоки Чусовой такие, как Вильва, Вижай, Койва, Сылвица, Усьва (верхнее течение) имеют широтное и субширотное направление, тогда как их притоки - меридиональное. Долины широкие, хорошо проработанные.

Район ГГО относится к зоне таежных лесов с преобладанием хвойных пород (ель, пихта, редко кедр, сосна). Лиственные породы представлены березой, осинкой, рябиной, по долинам рек - черемухой, ольхой, ивой. Вырубленные пространства, которые преобладают, представляют труднопроходимую местность из-за плохой очистки лесосек и сплошных зарослей кустарника и осиново-березового молодняка. Почвы, в основном - горно-лесные. На севере района расположена часть заповедника Басеги. Заповедник выполняет функции эталона природы горной среднетаежной части Западного Урала. В районе расположен заказник «Вороновский», геологические памятники - Пашийская пещера, Соколя гора, Арка Теремок, ботанические резерваты, ландшафтные памятники и другие. Существуют хорошие перспективы создания в районе комплексного геопарка [30, 31].

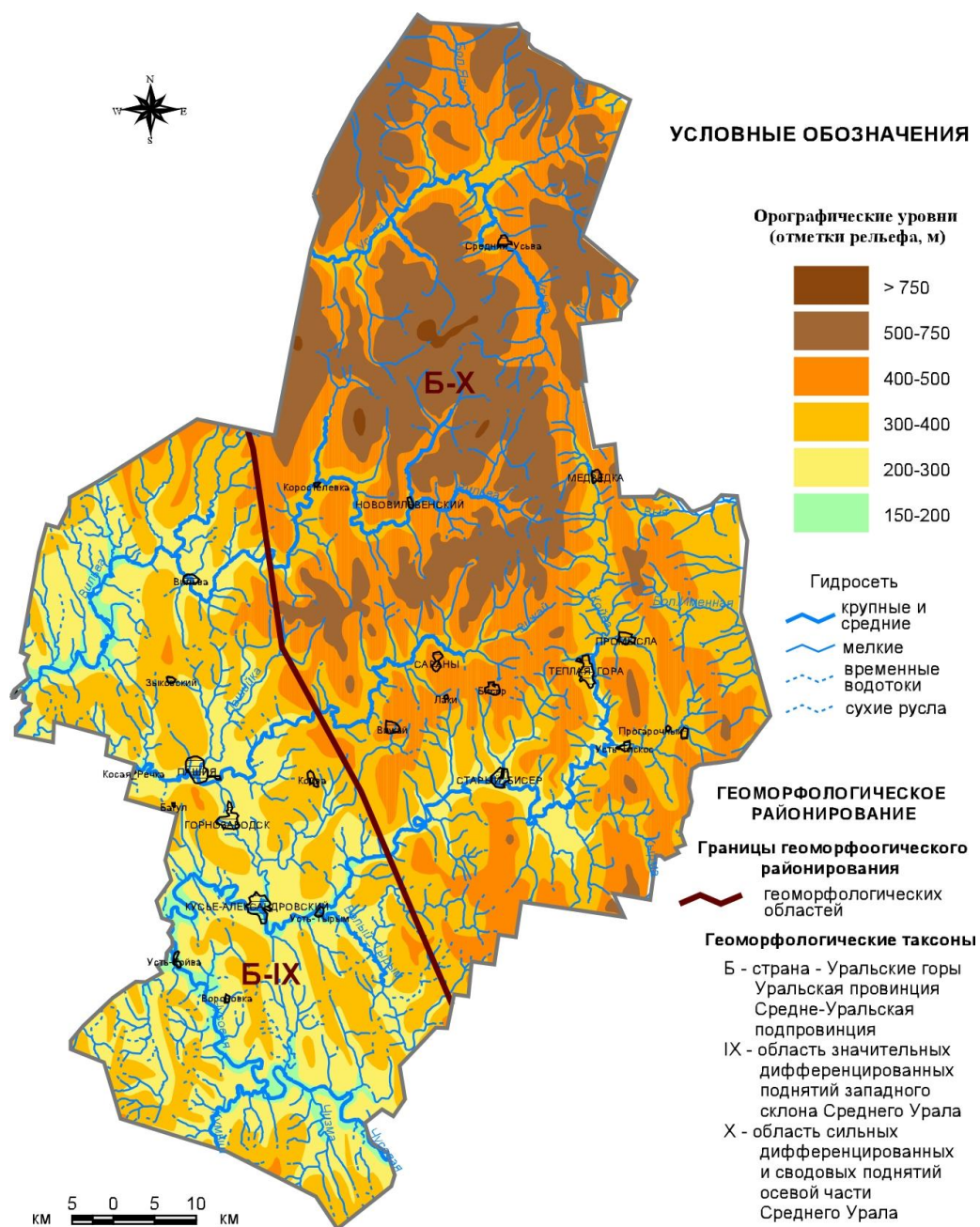


Рис. 2. Карта геоморфологических ландшафтов Горнозаводского ГО

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 [8, 29, 35]. По геоморфологическому районированию рассматриваемая территория относится к стране Уральские горы (Б), Уральской провинции (Б-Б), Средне-Уральской подпровинции (Б-б). Западная часть относится к области значительных дифференцированных поднятий западного склона Среднего Урала (Б-IX); восточная часть – к области сильных дифференцированных и сводовых поднятий осевой части Среднего Урала (Б-Х) (рис. 2).

В структурно-тектоническом отношении территория ГГО расположена полностью в пределах крупной тектонической структуры первого порядка –

Уральской складчатой области (западной части Урало-Сибирской эпигерцинской области завершенной складчатости), в пределах двух тектонических структур второго порядка: Западно-Уральской внешней зоны складчатости (ЗУЗС) и Центрально-Уральского поднятия (ЦУП) [33, 36]. 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. Основными геологическими факторами являются геодинамические активные и сейсмоопасные зоны, крупные тектонические нарушения, региональные поля интенсивных геологических процессов), влияющие на экологические условия природной среды территории [4, 5, 11-13, 17, 21]. 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, 9, 14, 15].

Эколого-гидрогеохимические и геохимические условия

Эколого-гидрогеохимические условия. На рассматриваемой территории по материалам региональных геоэкологических исследований (Копылов и др., 2001ф, 2012) расположены 2 гидрогеохимические аномальные зоны (АЗ): Усьвинская и Койвинская АЗ (рис. 3).

Усьвинская гидрогеохимическая АЗ частично расположена в северо-западной части (площадь 250 км²), в бассейне р. Усьвы. Приурочена к водоносным подразделениям рифейско-вендских терригенных и метаморфических кварцитовидных пород [7, 26]. Изоминеры соответствуют значениям 0,2-0,5 г/дм³. Площадными являются аномалии по Mn (до 2,6 ПДК); в основном АЗ сформирована точечными аномалиями: Be (до 13), Cd (до 8), Ni (до 7,5), Cr (до 2,5), Pb (до 1,6 ПДК).

Койвинская гидрогеохимическая АЗ занимает весь юго-запад и центральную часть района (площадь 2375 км²), в бассейнах рр. Чусовой, Койвы, Вижая, Чизмы. Приурочена к водоносным подразделениям ассельско-артинских терригенных, средне-верхнекаменноугольных карбонатных и терригенно-карбонатных, девонско-нижнекаменноугольных терригенно-карбонатных, рифейско-вендских и девонских терригенных и метаморфических кварцитовидных пород. Изоминеры соответствуют значениям 0,2 г/дм³ и менее г/дм³. Площадными аномальными элементами являются: Cd (до 25 ПДК), Mn (до 15,4), Ti (до 9,2); точечными: Ba (до 6), Pb (до 1,6), Ni (до 1,5 ПДК). Установлено несколько точек с очень высоким содержанием Р (1 класс опасности) – до 2860 ПДК [16, 19, 23, 24].

Эколого-геохимические условия. На рассматриваемой территории по материалам ландшафтно-геохимических исследований (Копылов и др., 2004ф, 2012) расположены 3 крупных геохимические аномальные зоны: Усьвинская, Койвинская и Среднечусовская АЗ (рис. 3).

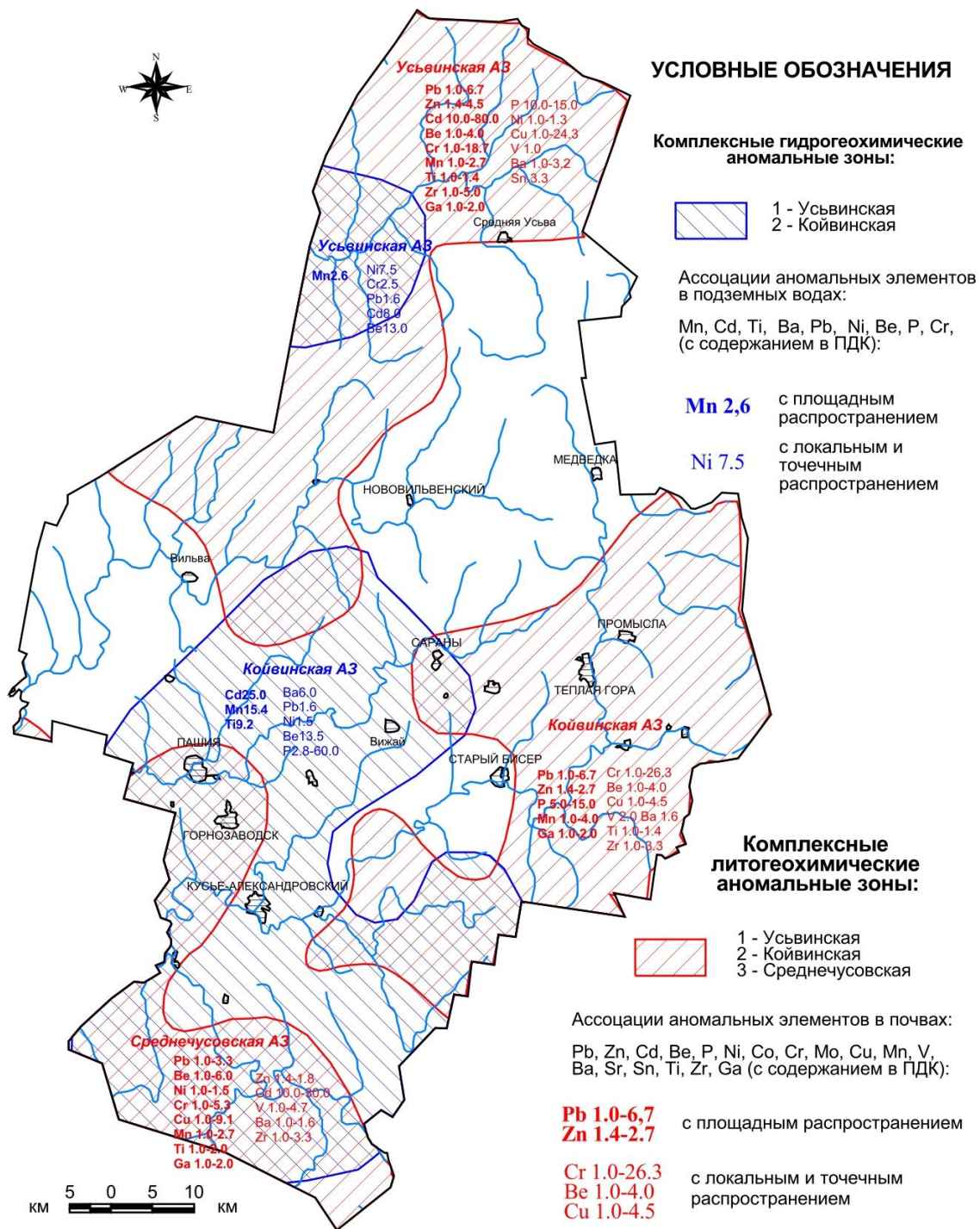


Рис. 3. Карта геохимических и гидрогеохимических аномальных зон Горнозаводского ГО

Усьвинская геохимическая АЗ расположена в северной и северо-западной части района, в бассейне верховьев рр. Усьвы и Вильвы, в пределах ЦУП, на площади 1690 км². Выделяется как площадная аномалия по: Pb (1-6,7 ПДК), Zn (1,4-4,5), Cd (10-80), Be (1-4,0), Cr (1-18,7), Mn (1-2,7), Ti (1-1,4), Zr (1-5,0), Ga (1-2,0). С локальным распространением: P (10-15), Ni (1-1,3), Cu (1-24,3), Ba (1-1,5), V (1,0), Ba (1-3,2), Sn (3,3 ПДК).

Койвинская геохимическая АЗ расположена в восточной части района, в бассейне р. Койвы в ее верхнем и среднем течении, в пределах ЦУП, на

площади 1383 км². Выделяется как площадная аномалия по: Pb (1-6,7 ПДК), Zn (1,4-2,7), P (15), Mn (1-4,0), Ga (1-2). С локальным распространением: Be (1-4), Cu (1-4,5), Ba (1,6), V (2), Ba (1-3,2), Ti (1-1,4), Zr (1-3,3 ПДК).

Среднечусовская геохимическая АЗ расположена в юго-западной части района, в бассейне р. Чусовой, долинах рр. Койвы, Кумыш. В структурно-тектоническом отношении расположена в пределах ЗУЗС, на площади 818 км². Выделяется как площадная аномалия по: Pb (1-3,3 ПДК), Be (1-6), Ni (1-1,5), Cr (1-5,3), Cu (1-9,1), Mn (1-2,7), Ti (1-2), Ga (1-2). С локальным и точечным распространением: Zn (1,4-1,8), Cd (10-30), V (1-4,7), Ba (1-1,6), Zr (1-3,3 ПДК). Генетическая природа этих аномальных зон в основном комплексная с различной долей двух групп факторов – природной и техногенной. Отмечается приуроченность отдельных аномалий к населённым пунктам, автомобильным и железнодорожным магистралям, промышленным, сельскохозяйственным и селитебным зонам; при этом значительные их части в пределах промзон классифицируются, как природно-техногенные. Собственно техногенные аномалии имеют в плане локальный мозаичный характер, к ним относятся техногенные загрязненные участки в пределах любых территорий и зон [14, 18, 22].

Комплексная оценка экологического состояния природной среды

Анализ комплексных геоэкологических исследований, районирования территорий по техноприродным опасностям развития чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями Пермского края [1-37] позволяет дать следующую интегральную оценку экологического состояния природной среды для Горнозаводского района (рис. 4).

С учетом основных оценочных критериев состояния окружающей среды: геодинамической активности, 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 (ранжированные по 4 классам экологического состояния в соответствии с [20, 38], практически весь район характеризуется условно благоприятными и неблагоприятными экологическими условиями.

Территории с условно благоприятными экологическими условиями занимают площади преимущественно в восточной части района, занимая площадь около 40 %. К ним отнесены территории с природными ландшафтами (здесь условно-естественные леса сочетаются с крупными болотными массивами, гольцами в горных районах); преобладают природно-антропогенные ландшафты; ограниченно развиты сельскохозяйственные антропогенные ландшафты.

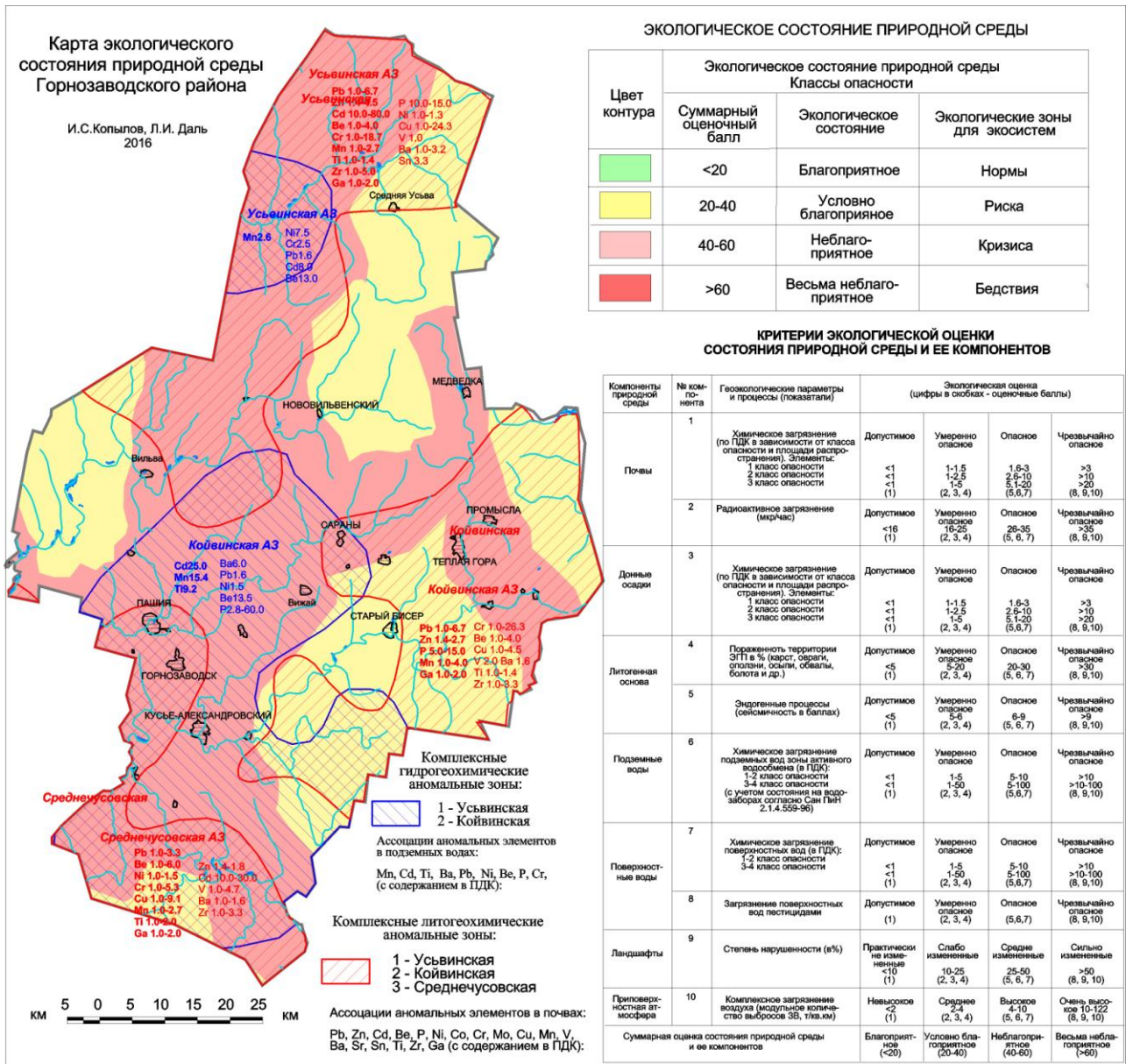


Рис. 4. Карта экологического состояния природной среды Горнозаводского ГО [26]

В целом, характерна удовлетворительная (малая) и напряженная (средняя) степень нарушенности среды, которая характеризуется регулярным проявлением разных по интенсивности и локальных по распространенности природных и техногенных экологически неблагоприятных процессов и явлений. Геохимические аномалии характеризуются умеренно-опасной степенью загрязнения, в основном не превышают 1,5-5 ПДК (в зависимости от классов опасности); выделяются отдельные локальные и точечные геохимические аномалии с более высоким уровнем ПДК. Данные территории отвечают категории экологического риска.

Территории с неблагоприятными экологическими условиями занимают большие площади, особенно в центральных и северных частях района, а также в юго-западной и юго-восточной частях района. Общая их площадь до 60%

территории. К ним отнесены территории с природно-антропогенными и антропогенными ландшафтами, селитебные и промышленные зоны, занимающие значительные площади. Преобладает напряженная (средняя) степень нарушенности среды, в промышленных районах отмечается кризисная степень нарушенности среды, которая характеризуется также регулярным проявлением умеренно опасных природных и техногенных процессов (карст, эрозия, опасные экзогенные процессы гравитационного типа и др.). Выделяются обширные геохимические аномалии, часто с опасной степенью загрязнения (до 3-80 ПДК в зависимости от классов опасности). Данные территории 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. Понятие «экологический потенциал» предложил Н.Ф. Реймерс [39], определив его как способность природных систем отдавать необходимую человечеству продукцию или производить полезную для него работу. 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 Горнозаводского ГО отмечается преобладание средней экогеохимической и геодинамической устойчивости природных комплексов (60% территории), высокой – (30 %, в основном в северной части, на площади, окружающей территории заповедник «Басеги»), участки с низкой и очень низкой устойчивостью (10 %) расположены локально.

Заключение

Основные экологические проблемы Горнозаводского района связаны с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха и водоемов и почв промзон и территорий освоения месторождений полезных ископаемых, с интенсивным нарушением природных ландшафтов лесных и земельных ресурсов. Геоэкологическую опасность также представляет развитие природных и природно-техногенных, экзогенных геологических процессов, особенно провальных явлений, связанных с активной неотектоникой и карстом. Необходима постановка детальных геоэкологических исследований и мониторинга на участках развития опасных геологических процессов, геохимических аномалий в зонах с высокой геодинамической активностью.

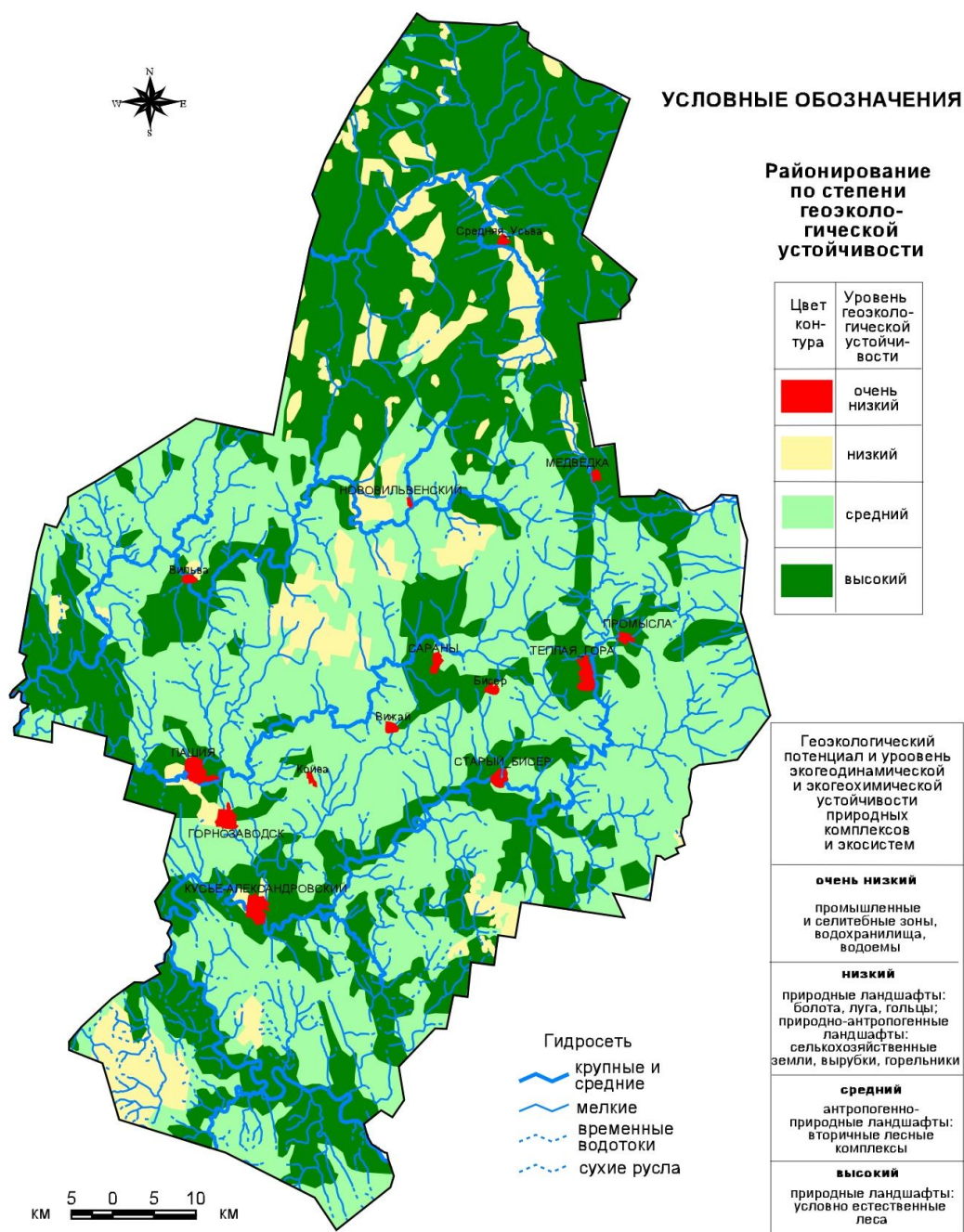


Рис. 5. Карта геозкологического потенциала и устойчивости природных комплексов Горнозаводского округа

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 геозкологических ситуаций // В сборнике: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 67-74.
3. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2019 году». Пермь, 2020. 283с. <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад/ежегодный-экологический-доклад-2019/>

4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. Геодинамические и геохимические ландшафты: систематизация, районирование, аномалии // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2019. № 22. С. 345-352.
6. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.
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. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.
9. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
10. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
11. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
12. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
13. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
14. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2012. № 2. С. 16-34.
15. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности*. Пермь, 2019. 131 с.
16. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.
17. 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.
18. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 1. С. 26-37.
19. Копылов И.С. Подземные воды западного склона Среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 6-3. С. 460-464.
20. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
21. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.
22. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. *Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing*, 2012. 152 с.
23. 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.
24. 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.

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

26. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка Горнозаводского района // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/11/72941>.

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

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

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

30. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Геологические предпосылки создания геопарка на Среднем Урале // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 50-56.

31. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Проблемы и возможности создания геопарка на Среднем Урале для развития геотуризма и историко-геологического наследия // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 99-106

32. 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.

33. 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.

34. 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.

35. 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.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

39. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.

40. <http://gornozavodskii.ru/> Официальный сайт администрации Горнозаводского городского округа Пермского края.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗИМНЕЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА НИЖНЕКАНСКОМ ГРАНИТОИДНОМ МАССИВЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

В статье приведены результаты зимней геохимической съемки на Нижнеканском гранитоидном массиве. Проведен анализ геохимических полей воздушной среды, снежного покрова и природных вод по зимней межени. Изучено пространственное распределение гидрогеохимических и газогеохимических показателей. Установлены углеводородные аномалии в снежном покрове. Дана оценка геодинамической активности территории по геохимическим критериям.

Ключевые слова: оценка геодинамической активности, геохимические методы, зимняя съемка, снежный покров, гидрогеохимические и газогеохимические показатели, гранитоидный массив.

I.S. Kopylov¹, M.V. Chusov²

¹Perm State University, Perm, Russia

²Ltd "Yeniseineftegaz", Krasnoyarsk, Russia

RESULTS OF WINTER GEOCHEMICAL SURVEY ON THE OF THE NIZHNEKANSKY GRANITOID MASSIF FOR ASSESSMENT OF GEODYNAMIC ACTIVITY

The article presents the results of winter geochemical surveys on the Nizhnekansky granitoid massif. The analysis of the geochemical fields of the air environment, snow cover and natural waters in the winter low-water period has been carried out. The spatial distribution of hydrogeochemical and gas-geochemical parameters has been studied. Hydrocarbon anomalies in the snow cover have been established. An assessment of the geodynamic activity of the territory is given according to geochemical criteria.

Key words: assessment of geodynamic activity, geochemical methods, winter survey, snow cover, hydrogeochemical and gas-geochemical indicators, granitoid massif.

Введение

Для оценки геологической безопасности проектируемых участков подземных хранилищ отработавших ядерных материалов (ОЯМ) атомной промышленности необходимо проведение всестороннего комплексного геологического изучения и анализа геодинамической активности различными методами [7-10, 16-18, 21].

Одним из высокоперспективных районов, отвечающим общим геологическим условиям для захоронения ОЯМ, Госкорпорацией «Росатом» (Радиевый институт им. В.Г. Хлопина) был предложен горно-таежный,

малонаселенный район в Красноярском крае на Нижнеканском гранитоидном массиве Енисейского кряжа, с участками «Итатский» и «Каменный» [20]. Геологическое строение и геохимия Нижнеканского гранитоидного массива отражены в работах многих исследователей, среди которых одним из первых был В.М. Даценко [1]. В настоящее время выполнен значительный комплекс геолого-геофизических исследований.

С целью обследования и уточнения места расположения участка проектируемого хранилища, авторами в составе ООО «Геоэкологос» на Нижнеканском гранитоидном массиве (Нижнеканская площадь) проведены специализированные структурно-геоморфологические, структурно-гидрогеологические и структурно-геохимические исследования. В работе [15] приведены результаты структурно-гидрогеологического анализа. В работе [14] приведены результаты структурно-геохимических исследований по летним специализированным геохимическим съемкам. Ниже приводятся результаты зимних геохимических исследований (рис. 1).

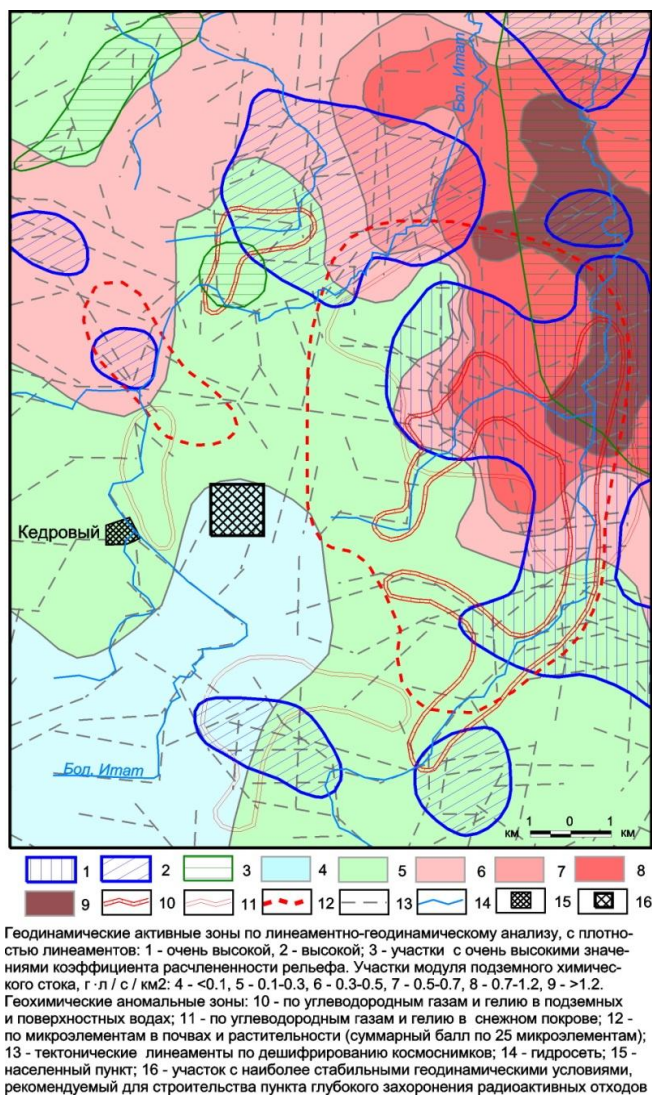


Рис. 1. Геодинамическая оценка Нижнеканского гранитоидного массива комплексом геоморфологических, геохимических, гидрогеологических методов [16, 18]

Целевое назначение работ – картирование геохимических полей в бассейне рек Большого и Малого Итатов (в верхнем и среднем течении) на общей площади 200 км² методом «снежной съемки» с целью изучения структуры и флуктуаций геохимических полей, формирующихся в снежном покрове, выявить сопоставимость их с другими средами опробования (гидросфера, атмосфера, приповерхностные образования). Оптимизировать методику проведения работ. Зимняя съемка по снежному покрову считается наиболее надежным геохимическим методом – в этот период биохимические процессы затухают и выявляемые аномалии имеют преимущественно эпигенетический характер.

Работы включали поисковые маршруты, геохимическое опробование снега, воды, воздуха, полевые аналитические и лабораторные работы [3]. Исследования проведены гидрогеохимическим, газовым, гелиевым методами по равномерной сети опробования с некоторым сгущением в пределах аномальных зон (выявленных летними работами) и фонового участка в центральной части.

В период проведения опробования отмечались низкие температуры воздуха (-5 -25°С), слабый ветер или безветрие. Снег рыхлый или слабо уплотненный. Мощность снежного покрова в точках отбора проб составляла 0,8 - 1,2 м, толщина льда на реках 0,3-0,8 м. Пробы снега отбирались из нижней части слоя в стеклянные молочные бутылки и полиэтиленовые пакеты. Дегазация проводилась в день отбора проб. Лабораторные гидрогеохимические работы выполнены в Северной ГПП, газогеохимические – в ЦЛ ОАО «Енисейнефтегаз».

Анализ геохимических полей воздушной среды

Характеристика приземного воздуха

Для характеристики приземного воздуха было отобрано 16 проб надпочвенного (над снежным покровом) воздуха. Пробы отбирались в стеклянные барбатыры на высоте 1 м над снежным покровом.

Состав газа воздушных проб кислородно-азотный с незначительным содержанием углекислоты и незначительной примесью других газов. Содержание азота 78,05-80,49 в среднем 79,38 %, кислорода – 18,41-21,75 в среднем 20,02 %, углекислого газа – 0,16-1,98 в среднем 0,59 %, водорода – 0,0004 %, гелия – 0,000008 %, метана – 0,0002 %, тяжелые углеводороды (ТУ) – не обнаружены.

Характеристика воздуха в снежном покрове

Для характеристики воздуха в снежном покрове было отобрано 18 проб снега. Пробы отбирались в стеклянные молочные бутылки со штуцером (без доступа приземного воздуха) и дегазировались в день отбора проб.

Состав газа воздуха в снежном покрове близкий приземному воздуху. Содержание азота 78,73-81,68 в среднем 79,89 %, кислорода – 16,00-20,90 в среднем 19,17 %, углекислого газа – 0,24-2,28 в среднем 0,90 %, водорода – 0,0004 %, гелия – 0,000008 %, метана – 0,0002 %, ТУ – не обнаружены.

Среднее содержание CO_2 в снежном покрове в 1,5 раза выше, чем в приземном воздухе, поэтому можно сделать предположение о насыщении снега углекислым газом за счет подтока его с глубины (поскольку гипергенное происхождение его в зимнее время сведено к минимуму). Зона превышения CO_2 в воздухе снежного покрова над атмосферным, пространственно расположенная на водоразделе рек Малого Итата и Каменного (подтверждающая летние геохимические аномалии), к югу достигающая р. Томны, где также были зафиксированы аномалии.

Анализ геохимических полей природных вод по зимней межени

Гидрогеохимические показатели

Гидрогеохимические показатели по зимней межени на Нижнеканской площади изучены в 14 пробах на химический анализ. Опробованы основные реки района – Большой и Малый Итаты, Каменный, Томна, а также скважина в пос. Кедровый (рис. 1). Необходимо отметить, что отмечается небольшое различие в химическом составе водопунктов, отобранных в зимнюю и полную летнюю межень. Минерализация у первых несколько выше.

Тип воды и характер минерализации являются наиболее общим гидрогеохимическим показателем условий водообмена. Геохимический фон на Нижнеканской площади составляют воды гидрокарбонатно-натриевого типа (по классификации В.А.Сулина, 1948). Природные воды района по зимней межени пресные с минерализацией 0,24-0,63 в среднем 0,4 г/л.

Среди анионного состава преобладающим компонентом является гидрокарбонат-ион, определяющий химический состав воды. Содержание его в пределах площади 2,88-7,96 мг-э/л. В водах практически отсутствуют сульфаты и очень незначительно присутствуют хлориды. Содержание хлор-иона 0,08-0,20 мг-э/л. Исключение составляет скважина в пос. Кедровый, содержание сульфат-иона 0,52 мг-э/л, хлор-иона – 1,12 мг-э/л. Из катионов преобладают кальций и магний. Содержание кальция изменяется от 1,12 до 5,60, магния 0-2,72, натрия 0,16-1,20 мг-э/л. Из микрокомпонентов отмечается повышенное содержание брома – 21,57 и иода – 2,54 мг/л в скважине пос. Кедровый, что значительно выше ПДК.

Газогеохимические показатели

Газогеохимические показатели в природных водах Нижнеканской площади по зимней межени изучены в тех же водопунктах что и гидрогеохимические показатели – по 14 анализам водорастворенного газа.

Газонасыщенность природных вод по зимней межени от 18 до 25, в среднем 21 см³/л. Состав газов азотный, кислородно-азотный, углекислотно-азотный, с незначительным содержанием водорода, гелия, углеводорода (УВГ), с аномальным содержанием метана в отдельных пробах.

Содержание азота 59,65-76,85 в среднем 68,14 %, кислорода – 5,99-23,07 в среднем 15,57 %, углекислого газа 5,98-24,90 в среднем 15,57 %, водорода –

0,0004-0,0088, в среднем - 0,0013 %, гелия – 0,000008 %, метана – 0,028-1,320, в среднем – 0,3656 %.

Метан (CH_4) является преобладающим компонентом в составе водорастворенных УВГ. Генетическая природа метана различная, наряду с поступлением из глубинного источника генерации органического вещества (ОВ), CH_4 образуется в современных осадках и входит в состав болотных и почвенных газов. Поэтому, генетическая диагностика метановых аномалий затруднена и при интерпретации их должен осуществляться комплексный подход с учетом других показателей. Однако, в зимнее время, как считают многие исследователи, метан имеет явно глубинную природу, так как биохимические процессы зимой затухают. Количество гомологов метана в зимних условиях резко сокращается, по-видимому, вследствие их перехода в кристаллогидратное состояние [2].

В природных водах Нижнеканской площади содержание метана в пробах по зимней межени изменяется от 280 до 13000 х 10^{-4} %-об. В 5 пробах установлены «ураганные» значения метана.

На изученной площади установлены 5 аномалий метана, из них 4 – точечные и одна по трем точкам. Крупнейшая аномалия расположена на участке р. Каменного и среднего течения р. Малого Итата (рис. 1) и подтверждает крупнейшую углеводородную аномалию, установленную здесь ранее в летний период.

Анализ геохимических полей снежного покрова

Гидрохимические показатели

Гидрохимические показатели снежного покрова изучены по 58 химическим анализам из проб, полученных при таянии снега.

Гидрохимический фон по снежному покрову, также, как и по воде, на Нижнеканской площади составляют воды гидрокарбонатно-натриевого типа (по классификации В.А. Сулина, 1948). Распространение генетических типов вод и характеристика их состава по анионам и катионам показана на гидрогеохимической схеме.

Воды, полученные от таяния снега, характеризуются в основном слабокислой реакцией среды. Минерализация их изменяется от 29,57 до 95,39, в среднем 45,85 мг/л. Преобладающим ионом в снеге является гидрокарбонатный. Содержание его в пределах площади 0,32-1,12 мг-э/л. В водах отсутствуют сульфаты и очень незначительно присутствуют хлориды. Содержание хлор-иона 0,08-0,24 мг-э/л. Среди катионов преобладает кальций, содержание его изменяется от 0,16 до 0,80. Магний и натрий имеют примерно одинаковое распространение, соответственно содержание магния – 0-0,32, натрия – 0-0,44 мг-э/л.

По сравнению с природными водами района, в снежном покрове среди катионного состава, натрий во многих точках стоит на втором месте, а иногда и преобладает над кальцием. Выделен участок с преобладающим содержанием

натрия, пространственно, он расположен в центральной части района, от р. Бол.Итата через р. Каменный до р. Малый Итат.

Характеризуя гидрохимические показатели Нижнеканской площади по снежному покрову в целом, можно отметить, что здесь, при достаточно большом объеме проб, не обнаружено гидрохимических аномалий в их естественном проявлении, свидетельствующих о глубинной фильтрационной миграции вещества, также, как и в природных водах.

Газогеохимические показатели

Газовая съемка по снегу была предложена Г.А. Могилевским в 1969 г., как один из прямых геохимических методов поисков нефтяных и газовых месторождений. В настоящее время она апробирована на многих площадях Восточной и Западной Сибири, Урале, в западных областях России, Казахстане, Украине и других местах [19]. По сравнению с другими вариантами газовой съемки она обладает рядом преимуществ. Во-первых, в зимнее время биохимические процессы заторможены, поэтому легче провести генетическую диагностику аномалий. Во-вторых, снег экранирует газовый поток, способствуя накоплению в нем УВ. В-третьих, снежный покров по геохимическим условиям несравненно более однороден, чем почвенный покров, подпочвенные грунты или осадочные толщи. В-четвертых, снежный покров, равномерно покрывая территорию, делает возможным проведение геохимической съемки по любым условиям равномерно по площади, как в долинах рек, так и на водоразделах.

Газогеохимические показатели в снежном покрове Нижнеканской площади изучены по 58 анализам водорастворенного газа. Результаты опробования отражены на схемах. Пробы отбирались в точках отбора из нижнего слоя снега, герметизировались в полиэтиленовые мешочки. Из воды, полученной при таянии снега (при комнатной температуре), без специального нагревания во избежание утечки газа) в день отбора пробы осуществлялась дегазация.

Эта методика была апробирована нами в центральной части Красноярского края, на площадях геохимических поисковых работ по снежному покрову [4-8, 11-13] и дала хорошие результаты.

Газонасыщенность талых вод составила 10 - 25, в среднем 16 см³/л. Состав газов азотный, кислородно-азотный, с примесью углекислоты, с незначительным содержанием водорода, гелия, УВГ.

Содержание азота колеблется от 69,10 до 80,92 в среднем 75,28 %, содержание кислорода от 17,17 до 29,69 в среднем 22,88 %, содержание углекислого газа от 0,41 до 4,40 в среднем 1,80 %, содержание водорода от 0,0004 до 0,0013 в среднем 1,53 %, гелия – 0,000008 %, УВГ в целом – от 0,000303 до 0,004009 %, метана – от 0,000286 до 0,003740 в среднем 0,000797 %, ТУ – от 0 до 0,000891 в среднем 0,000196 %.

Для целей геохимического моделирования были выбраны две группы показателей – распределение углекислого газа (СО₂) и УВГ.

Концентрации показателей были выражены в баллах относительно статистических характеристик – среднеарифметического (\bar{x}) и стандартного

отклонения (s): 1 балл $< (x-s)$, 2 балл $(x-s) - x$, 3 балл $x - (x+s)$, 4 балл $(x+s) - (x+2s)$, 5 балл $(x+2s) - (x+3s)$, 6 балл $> (x+3s)$.

Распределение CO_2 показывает следующую закономерность. Выделены две аномалии. Первая – небольшая (по 3 точкам) в районе пос. Кедровый (ее можно интерпретировать, как техногенную). Вторая – крупная аномальная зона (картируется по 22 точкам, из них – 7 точек по 4 и 5 баллам) расположена в восточной и южной частях Нижнеканской площади, в бассейне рек Каменного и Малого Итата. Эта аномалия имеет близкую конфигурацию с аномалией, выделенной по распределению газов в воздухе (по превышению содержания CO_2 в снежной атмосфере над приземным воздухом). Кроме того, она пространственно коррелируется с комплексной углеводородной аномалией по природным водам, как по летнему, так и зимнему опробованию.

Углеводородные газы в составе изученных водорастворенных газов снежного покрова площади занимают подчиненное значение, включают метан и его гомологи – этан, пропан, бутан, а также очень редко непредельные УВГ ряда этилена и изомеры C_4 .

Пространственное распределение метана и суммы его гомологов показано на газогеохимической схеме площади.

На изученной площади установлены 4 метановые аномалии и 4 аномалии по ТУ. В целом, они имеют близкое пространственное расположение и группируются в 3 комплексные углеводородные аномалии (рис. 1). Первая – небольшая (по 3 точкам), расположена в районе пос. Кедровый. Вторая – средняя по размеру (по 7 точкам, из них только одна собственно аномальная – по 4 баллу) расположена в южной части площади. Третья аномалия, наиболее крупная (по 12 точкам, из них 6 точек по 4 - 6 баллам), расположена в северо-восточной части площади в районе рек Каменного и Малого Итата на участке установленной по летней съемке аномалий по биогеохимическим и водногазовым показателям.

В центральной части Нижнеканской площади по газам в снежном покрове аномалий не установлено, и эта часть может характеризоваться, как самая стабильная в геодинамическом (неотектоническом) отношении по геохимическим критериям (рис. 1).

Заключение

Проведенные в южной части Нижнеканской площади специализированные геохимические исследования по снежному покрову позволяют сделать следующие выводы.

– методическом плане получены новые данные для совершенствования методики проведения «снежной съемки» в целях картирования геохимических полей по снежному покрову и построения геохимической модели территории для оценки геодинамических условий и поисков углеводородных месторождений;

– полученные результаты зимних геохимических работ по оценке неотектонической активности подтверждают данные геохимических работ, проведенных в летний период (как по гидрохимическим, так и по газовым

показателям). Северо-восточная и южная части площади более неотектонически активные. Центральная часть площади наиболее спокойная в неотектоническом плане (геохимических аномалий здесь не установлено);

– проверка ранее выявленных геохимических аномалий методом газовой съемки по снежному покрову и зимней межени дает основание считать, что эти аномалии находят свое подтверждение, как в пространственно-временных масштабах, так и количественно. Кроме того, проведение «снежной съемки» позволило детализировать эти аномалии;

– крупнейшая углеводородная аномалия по метану и тяжелым углеводородам, закартированная в северо-восточной части площади, на участке рек Мал. Итата и его левого притока – р. Каменного является перспективной на поиски газовой залежи, и подтверждает ранее установленные факты о ее наличии;

– геохимические показатели по снежному покрову, воздуху и природным водам изученные на рассматриваемой площади являются показателями состояния геологической среды (ГС) и могут быть использованы для фоновой геоэкологической характеристики при составлении оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при строительстве объектов на этой территории.

Таким образом, проведенные специализированные геохимические исследования однозначно характеризуют геодинамические (неотектонические) и геохимические условия Нижнеканской площади. В северо-восточной части отмечается наиболее активная в геодинамическом отношении зона, в центральной части – наиболее стабильная зона.

Библиографический список

1. Даценко В.М. Нижнеканский массив - эталон Нижнеканского гранитоидного комплекса (Енисейский край). Новосибирск: Наука, 1995. 120с.
2. Зорькин Л.Н., Старобинец И.С., Стадник Е.В. Геохимия природных газов нефтегазопоисковых бассейнов. М., Недра, 1984.
3. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., Мингео СССР, 1983.
4. Копылов И.С. Биогеохимические показатели, аномалии и их нефтегеологическое значение (Тунгусский бассейн) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2021. № 24. С. 106-112.
5. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.
6. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
7. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
8. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
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. 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.
11. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // В сборнике: Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. 2017. С. 178-186.
12. Копылов И.С. Применение структурно-гидрогеологического анализа и модуля подземного углеводородного стока при поисках нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 225-229.
13. 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.
14. Копылов И.С. Структурно-геохимический анализ Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2020. № 23. С. 296-303.
15. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ при оценке геодинамической активности Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2016. № 19. С. 356-361.
16. 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.
17. Лаверов И.П., Величкин В.И., Кочкин Б.Т. и др. Методологические основы исследований на завершающем этапе выбора площадок для размещения хранилищ отработавших ядерных материалов в кристаллических породах // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2010. № 1. С. 3-12.
18. Ликуттов Е.Ю., Копылов И.С. Комплексование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.
19. Новые прямые методы поисков нефти и газа / Е.В. Стадник. Обзорн. инф. Серия нефтегазовая геология и геофизика. М., ВНИИОЭНГ, 1984.
20. Результаты поисковых и научно-исследовательских работ по выбору площадок для подземной изоляции ВАО и ОЯТ на Нижнеканском массиве гранитоидов (Южно-Енисейский кряж) / Е.Б. Андерсон и др.; Труды радиевого института им. В.Г. Хлопина Т. XI. СПб., 2006. С.8-64.
21. 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.

С.М. Костарев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия
s-kostarev@yandex.ru

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рассмотрены особенности геолого-гидрогеологических условий нефтегазоносной части Пермского края. Показана возможность технического водоснабжения нефтепромыслов за счет подземных вод. Рассмотрены проблемы закачки нефтепромысловых рассолов в палеозойские отложения края. Приведена методология изучения приповерхностных техногенных скоплений флюидов в районах нефтедобычи.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, подземные воды, техническое водоснабжение, закачка вод, техногенные скопления флюидов.

S.M. Kostarev

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

CURRENT ASPECTS OF OIL FIELD HYDROGEOLOGY IN OIL PRODUCTION AREAS OF PERM REGION

The features of geological and hydrogeological conditions of the oil and gas bearing part of the perm territory are considered. The possibility of technical water supply of oil fields at the expense of underground waters is shown. The problems of pumping oilfield brines into the paleozoic sediments of the region are considered. The methodology for studying near-surface technogenic accumulations of fluids in oil production areas is presented.

Key words: oil field, underground waters, technical water supply, water injection, technogenic fluids accumulations.

При освоении углеводородных ресурсов Пермского края выделяются следующие особо актуальные проблемы нефтепромысловой гидрогеологии, которые связаны с экологической безопасностью и рациональным природопользованием:

- обеспечение технического водоснабжения нефтепромыслов в условиях ограниченных водных ресурсов;
- ликвидация излишков попутно добываемых рассолов (ПДР), которые не могут быть использованы в технологическом цикле нефтедобычи, в системе поддержания пластового давления (ППД);
- изучение формирования и способов ликвидации глубинных источников загрязнения (в т.ч. техногенных приповерхностных скоплений глубинных флюидов).

В условиях малой мощности горизонтов пресных подземных вод (ППВ) в регионе, ухудшением их качества в результате естественной вертикальной восходящей миграции компонентов глубинных рассолов, крайне сложной остается проблема водоснабжения нефтепромыслов технической водой. Учитывая данную ситуацию, недропользователи активно используют для этих целей ПДР и другие подземные воды, но для части нефтепромыслов (особенно на ранней стадии разработки) только подземный источник водоснабжения ППВ является технологически оптимальным и экономически возможным (табл. 1).

Таблица 1

Источники техводоснабжения нефтепромыслов Пермского края

| Применение | Вид источника | Тип вод | Химический состав вод | Ограничение по использованию |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---|
| Широко используемые | Используемый в технологическом цикле | Попутно добываемые рассолы | Cl – Na | Нет |
| Используемые | Поверхностный | Пресные поверхностные воды | HCO ₃ – Ca | Расход < 1м ³ /с, SO ₄ состав вод |
| | Подземный | Пресные подземные воды | HCO ₃ – Ca – Na | Ограниченные ресурсы |
| | Подземный | Рассолы продуктивных горизонтов | Cl – Na | Ограниченные ресурсы, SO ₄ состав вод |
| Практически не используемые | Подземный | Рассолы надпродуктивной толщи | Cl – Na | Не изучены |
| | Подземный | Рассолы техногенных систем | Cl – Na | Не изучены |

В современных условиях, наиболее применяемыми для техводоснабжения системы ППД являются рассолы продуктивных горизонтов, которые в технологическом цикле нефтедобычи отделяются от углеводородов и закачиваются в обратном направлении в разрабатываемые нефтяные пласты.

Поверхностные источники техводоснабжения нефтепромыслов (из водоемов и водотоков) используются ограниченно, только в условиях значительных ресурсов данного типа вод и их соответствия требованиям ОСТ 39-225-88.

В связи с тем, что большинство вновь открываемых месторождений нефти в Пермском крае относится к мелким по запасам и незначительным по размерам, большое внимание на нефтепромыслах приобретает использование подземных источников: из горизонтов ППВ, которые расположены в регионе обычно на глубинах до 100 м или рассолов глубоких палеозойских комплексов.

Экспертная оценка показывает, что ресурсы аQ горизонтов ППВ р. Камы и ее крупных притоков могут обеспечить потребность в воде до 15000 м³/сут, P_{2kz} терр. (запад края) – 2000 – 5600 м³/сут, P_{1shsh} терр. (юг края) – 200 –

1000 м³/сут, P_{1slk терр.-карб.} (северо-восток края) – до 100000 м³/сут, P_{1 карб.} (юго-восток края) – 1400 – 5000 м³/сут. Для оценки возможности техводоснабжения нефтепромыслов обычно сначала выполняется комплекс НИР, опытных и лабораторных работ. Подсчет запасов ППВ с защитой в ТКЗ по категории не ниже С₁ по целому ряду нефтяных месторождений края: Шершневному, Гагаринскому, Мосинскому и другим, Усть-Туркинскому техводозабору.

Для техводоснабжения используются также подземные воды палеозойских комплексов – это С1-На рассолы с минерализацией 190-230 г/дм³. Притоки рассолов обычно составляет 200 – 300 м³/сут, реже 500 - 1000 м³/сут. Дебит скважин > 1000 м³/сут фиксируются редко. К примеру, подсчет запасов рассолов Д_{3fm}-С_{1t} комплекса, выполненный для ППД Логовского месторождения (кат. В - 360 м³/сут) показал, что удовлетворяется лишь текущая потребность, а перспективная возможна только с использованием ППВ P_{1 slk терр.-карб.} горизонта. Рассолы надпродуктивных отложений в качестве источника техводоснабжения – не рассматриваются, т.к. практически не изучены, но при их использовании на «старых» месторождениях: Ярино-Каменноложское, Падунское, Осинское, Таныпское, Павловское и др. могут быть решены одновременно и экологические проблемы данных нефтепромыслов – ликвидация глубинных источников загрязнения ППВ.

Для обеспечения количественной информацией разрабатываемых техсхем и проектов обустройства нефтяных месторождений при обосновании выбора источника техводоснабжения нефтепромысла в зависимости от потребности недропользователя необходимо учитывать следующие аспекты [3].

1. При потребности до 500 м³/сут - достаточно водозабора из 1-3 скважин в непосредственной близости от нефтяной скважины или куста скважин. Как источник заводнения систем ППД могут рассматриваться ППВ пермских отложений (пример – водозабор из P_{1shsh терр.} водоносного комплекса на Чикулаевском месторождении) или пластовые рассолы палеозойских отложений при наличии «готовой» скважины с водоносным интервалом (пример – водозабор из С_{1kzh терр.} водоносного комплексам на Софроницкос месторождение).

2. При потребности до 3000 м³/сут - водозабор уже состоит из нескольких одиночных скважин на ППВ. Пример – водозаборы из горизонтов карбонатных нижнепермских отложений в пределах горного отвода на Шершневром, Гагаринском, Озерном, Пихтовом и других месторождениях нефти.

3. При потребности более 3000 м³/сут (техводозабор для нескольких месторождений) подземный водоносный горизонт эксплуатируется одновременно группой скважин (пример - водозаборы «Усть –Турка» и «Крылово»).

Алгоритм процесса «Обоснование источников технического водоснабжения нефтепромысла» показан на рис. 1.

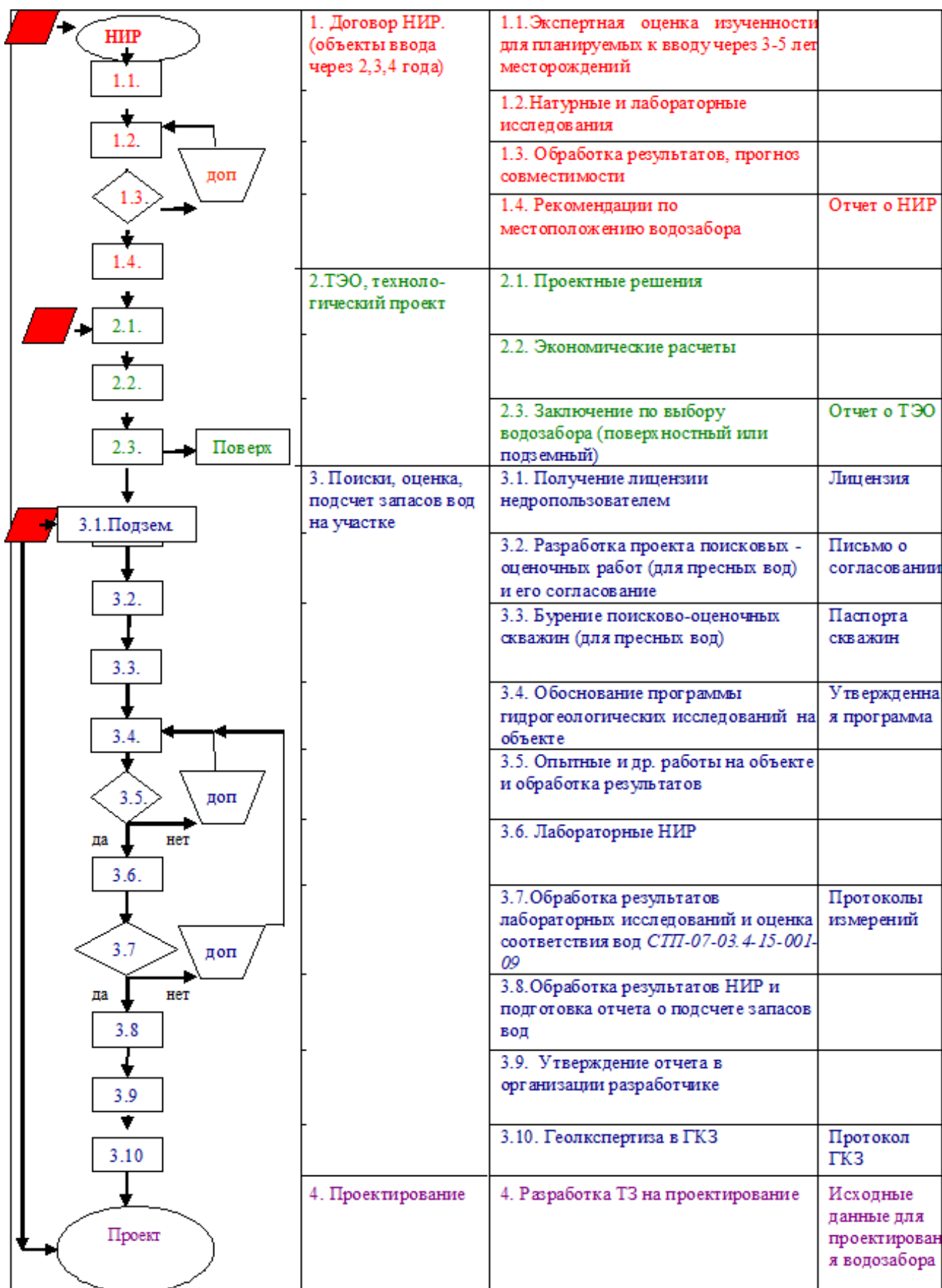


Рис.1. Алгоритм процесса «Обоснование источников техводоснабжения нефтепромысла»

Другой задачей нефтепромысловой гидрогеологии и геоэкологии на нефтепромыслах Пермского края и соседних нефтедобывающих регионах Волго-Уральской провинции является обоснование возможности закачки излишков ПДР, образующихся на «старых» нефтяных месторождениях, в связи с тем, что они превышают потребности системы ППД в технологическом цикле нефтедобычи.

В настоящее время из 19 существующих (в пределах горных отводов нефтяных месторождений), действует 11 участков закачки ПДР в глубокие горизонты (табл. 2), преимущественно в верхнедевонские карбонатные отложения. В тоже время в соседних нефтедобывающих регионах Волго-Уральской провинции (Удмуртия, Башкортостан и др.) закачка ПДР наиболее активно производится в горизонты серпуховских карбонатных отложений.

Таблица 2

Участки закачки ПДР на месторождениях нефти Пермского края

| Участки на месторождении | Стадия | Эксплуатационный объект | Кол-во скв. | Примечание |
|--------------------------|--------|-------------------------|-------------|----------------------------|
| Маговское | ПО | верхнедевонский | 1 | Бездействующий |
| Уньвинское | ПО | верхнедевонский | | Бездействующий |
| Чашкинское | ПО | верхнедевонский | 2 | Действующий |
| Баклановское | ОПЭ | верхнедевонский | | Бездействующий |
| <u>Гондыревское</u> | ОПЭ | верхнедевонский | | Бездействующий |
| Кокуйское | ОПЭ | верхнедевонский | | Бездействующий |
| Куединское | ОПЭ | верхнедевонский | | Действующий (Башкортостан) |
| Логовское | ОПЭ | окско-серпуховский | | Бездействующий |
| Москудыинское | ОПЭ | верхнедевонский | 2 | Бездействующий |
| Озёрное | ОПЭ | окско-серпуховский | | Бездействующий |
| Павловское | ОПЭ | верхнедевонский | | Бездействующий |
| Батырбайское | ПЭ | окско-серпуховский | 3 | Действующий |
| Быркинское | ПЭ | верхнедевонский | 1 | Действующий |
| Осинское | ПЭ | верхнедевонский | 4 | Действующий |
| Падунское | ПЭ | верхнедевонский | 2 | Действующий |
| Таныпское | ПЭ | верхнедевонский | 4 | Действующий |
| Шагиртско-Гожанское | ПЭ | верхнедевонский | 6 | Действующий |
| Шумовское | ПЭ | верхнедевонский | 1 | Действующий |
| Ярино-Каменоложское | ПЭ | верхнедевонский | 8 | Действующий |

Примечание. ПО – поисково-оценочная стадия, ОПЭ – опытно-промышленная эксплуатация (разведочная стадия), ПЭ – промышленная эксплуатация (стадия эксплуатационной разведки).

Стадийность (и виды работ) по геологическому изучению и освоению участков недр, не связанных с добычей полезных ископаемых (закачка ПДР) в настоящее время (табл. 3) в целом соответствует ГРР по оценке эксплуатационных запасов ППВ: предпроектная стадия; поисково-оценочная (ПО); опытно-промышленная эксплуатация (ОПЭ) или разведочная стадия и промышленная эксплуатация (ПЭ) или стадия эксплуатационной разведки [4].

Таблица 3

Стадийность работ при закачке ПДР на нефтепромыслах

| Стадийность | Виды проектов и отчетов при изучении недр | Результат |
|-------------------------------------|---|--|
| 1. Предпроектная стадия | 1.1. Выполнение НИР «Геолого-гидрогеологическое обоснование возможности закачки ПДР в глубокие горизонты на месторождении нефти» в соответствии с «Методическими указаниями по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых» (протокол МПР РФ от 03.04.2007 №11-17/0044-пр) | Отчет о наличии поглощающих горизонтов в разрезе ближайших месторождений нефти и определение наиболее перспективного объекта для закачки планируемого объема излишков попутно добываемых вод с учетом экологических, гидрогеохимических и технологических факторов |
| Проектирование | 1.2. При наличии поглощающего горизонта в пределах горного отвода месторождения в соответствии с Приказом МПР №352 от 14.06.2016 г. - разработка «Технического проекта на закачку ПДР на месторождении нефти» | Проект, разработанный в соответствии с Постановлением Правительства РФ №118 от 03.03.2010 г. и получивший положительное заключение комиссии, создаваемой территориальным органом Федерального агентства по недропользованию |
| 2. Поисково-оценочная стадия | 2.1. Разработка «Проекта геологического изучения недр с целью поиска пласта-коллектора для закачки ПДР на месторождении нефти» | Проект, разработанный в соответствии с Приказом МПР №352, от 14.06.2016 г. и получивший положительное заключение в ФБУ «Росгеолэкспертиза» |
| | 2.2. При отсутствии возможности перевода в поглощающие на выбранный горизонт скважин из действующего фонда – «Разработка ПСД на строительство поглощающих и наблюдательных (резервных) скважин на месторождении» | ПСД, разработанная в соответствии с нормативными документами и получившая положительное заключение в ФБУ «ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА» |
| | 2.3. Проведение гидрогеологических работ, ГДИ, лабораторных и других видов исследований для подготовки «Отчета о результатах геологического изучения недр с целью для поиска пласта-коллектора для закачки ПДР на месторождении нефти» | Отчет, разработанный в соответствии с Приказом МПР №586, от 11.12.2013 г. и получивший положительное заключение в ФБУ «ГКЗ» |
| 3. Разведочная стадия | 3.1. Разработка «Технологического проекта на опытно-промышленную закачку ПДР на месторождении нефти» | Проект, разработанный в соответствии с Приказом МПР №464, от 27.10.2010 г. и получивший положительное заключение в МПР РК |
| | 3.2. Проведение мониторинговых, гидрогеологических работ, ГДИ, лабораторных и других видов исследований для подготовки «Отчета о результатах опытно-промышленной закачки ПДР на месторождении нефти» | Отчет, разработанный в соответствии с Приказом МПР №586, от 11.12.2013 г. и получивший положительное заключение в ФБУ «ГКЗ» |
| 4. Стадия эксплуатационной разведки | 4.1. Разработка «Технологического проекта на промышленную закачку подтоварных вод на месторождении нефти» | Проект, разработанный в соответствии с Приказом МПР №464, от 27.10.2010 г. и получивший положительное заключение в МПР РК |
| | 4.3. Разработка ПСД на ликвидацию участка закачки подтоварных вод на месторождении нефти | ПСД, разработанная в соответствии с нормативными документами и получившая положительное заключение в ФБУ «ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА» |

Выполнение НИР на предпроектной стадии необходимо для обоснования целесообразности проведения ГРП по закачке ПДР на данном участке.

Основная цель работ на стадии ПО (1-2 года) – поиск и оценка поглощающих горизонтов и обоснование принципиальной возможности закачки ПДР в один из них (целевой или эксплуатационный горизонт), в соответствии с потребностью недропользователя на определенный срок, для чего с гидрогеологических позиций используется вся нефтепромысловая информация по нефтяным скважинам. Результатом работ является создание геологической модели участка и на ее основе - прогноз распределения давлений в элементах геосистемы участка недр, определение структуры геофильтрационных потоков на основе расчетов или гидродинамического моделирования.

На стадии ОПЭ (обычно 3-5 лет) выполняется комплекс мониторинговых работ за процессом закачки ПДР на целевой водоносный горизонт, серия гидродинамических исследований в скважинах (в т. ч. в буферный горизонт) для обоснования геофильтрационной модели процесса закачки и проводятся лабораторные работы по совместимости стоков и пластовых вод. На этой стадии подтверждаются (или корректируются) фильтрационно-емкостные параметры (и эксплуатационная емкость) пласта-коллектора, оптимальные объемы закачки по скважинам под заявленную потребность (при соответствующих устьевых давлениях), необходимые для разработки проекта ПЭ. Применение на этой стадии гидродинамического моделирования процесса закачки ПДР позволяет не только решать 3-D задачи геофильтрации и массопереноса, но и выполнить расчет баланса закачки в различные геофильтрационные элементы системы на весь период. ПЭ участка закачки ПДР продолжается в соответствии с утвержденным проектом и условиями лицензии.

Еще одним актуальным аспектом нефтепромысловой гидрогеологии является проблема поиска, геометризации и ликвидации глубинных источников загрязнения ППВ, в результате проявления которых в верхней приповерхностной части геологической среды (ГС) в районах интенсивной нефтедобычи региона формируются техногенные залежи углеводородных газов, нефти и рассолов (рис. 2). Аналогичные явления наблюдаются не только в Пермском крае, но и в других старых нефтедобывающих регионах: Татарстане, Башкортостане, Куйбышевском Поволжье [1].

Техногенные скопления компонентов глубинных флюидов в приповерхностных массивах горных пород на территории месторождений углеводородов формируются при условии:

- наличия повышенного пластового давления в разрабатываемых нефтяных залежах и возможности его передачи в надпродуктивные горизонты;
- наличия субвертикальных природных (проводящие линейменты) или техногенных (не зацементированное заколонное пространство скважин) проницаемых зон в надпродуктивной части геологического разреза;
- наличия в приповерхностных массивах горных пород естественных резервуаров (с литологическими экранами, тектоническими барьерами и

гидродинамическими ловушками) или техногенных резервуаров, созданных в процессе нефтедобычи, контролирующих вторичные скопления компонентов глубинных флюидов в верхней части ГС.

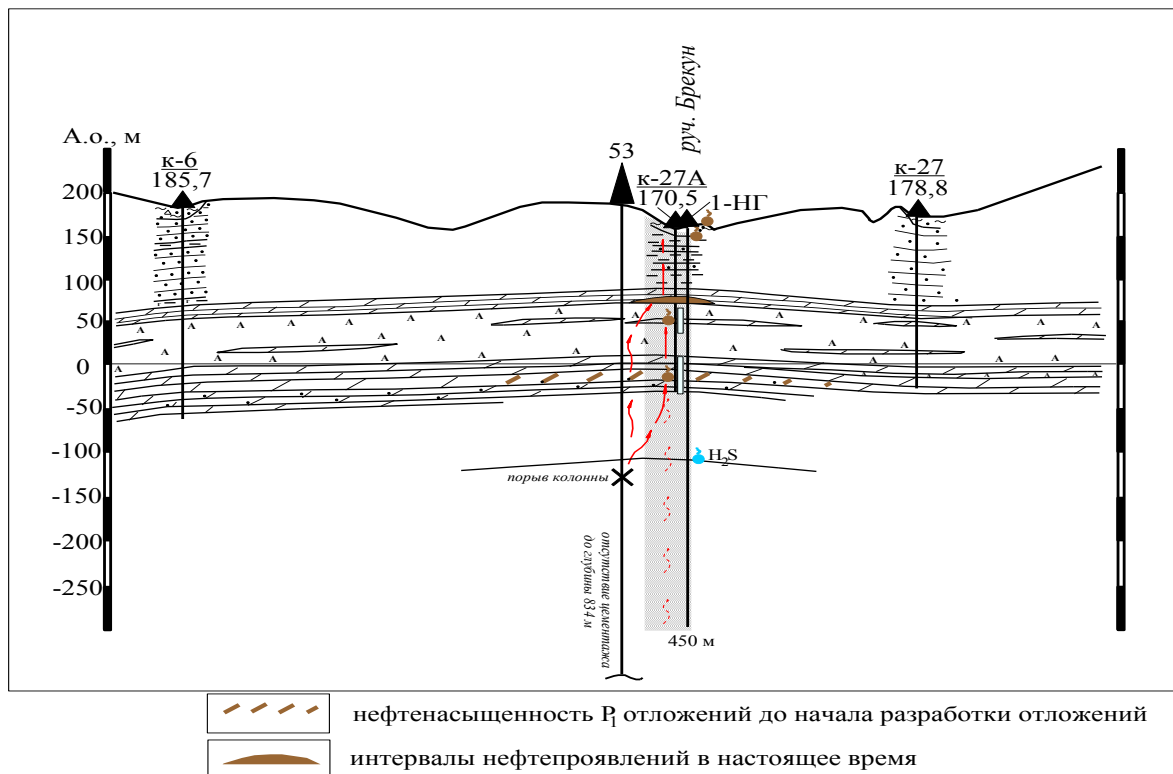


Рис.2. Формирование техногенных линз углеводородов вблизи земной поверхности (по Б.А.Бачурину)

Ликвидация техногенных залежей флюидов выполняется в результате проведения комплекса работ, связанного с геометризацией линз нефти и газа геофизическими методами, бурением специальных разгрузочных скважин, выбором способов вытеснения углеводородов из ловушки [1, 2].

Активные действия недропользователей в Пермском крае, направленные на решение данных проблем позволяют обеспечить экологическую безопасность и рациональное природопользование в районах нефтедобычи.

Библиографический список

1. Костарев С.М. Методы поиска техногенных скоплений флюидов в верхней части геологической среды нефтяных месторождений Пермского Прикамья // *Геоэкология*. 2005. № 6. С.552-559.
2. Костарев С.М., Мерсон М.Э. Геология и разработка техногенных залежей углеводородных газов в верхней части геологической среды // *Нефтяное хозяйство*. 2004. № 8. С.122-125.
3. Костарев С.М. Современные проблемы нефтепромысловой гидрогеологии нефтегазоносных территорий Пермского края // *ИПНиГ РАН, Материалы Всероссийской научной конференции «Современная гидрогеология нефти и газа (фундаментальные и прикладные вопросы)»*, М.: ГЕОС. 2010. С. 462-468.
4. Костарев С.М., Яковлев Ю.А. Методологические аспекты закачки излишних попутно добываемых рассолов в палеозойские отложения на нефтепромыслах Пермского края // *Разведка и охрана недр*. 2013, № 1. С. 58-62.

А.М. Кривцов

Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика
Д.Н. Прянишникова, г.Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ЛИПОГОРСКИЙ» В ГОРОДЕ ПЕРМИ

*В статье рассматривается воздействие антропогенной нагрузки на ООПТ «Липогорский». Приведены результаты исследования ряда химических показателей почвы на территории, вблизи мест произрастания Ветреницы отогнутой *Anemone reflexa* Steph. (*Anemonoides reflexa* (Steph.) Holub). Проведен подсчет численности Ветреницы отогнутой *Anemone reflexa* Steph. (*Anemonoides reflexa* (Steph.) Holub). Выполнен подсчет автотранспортной нагрузки и расчет выбросов угарного газа вблизи ООПТ «Липогорский».*

Ключевые слова: ООПТ «Липогорский», несанкционированные свалки, картографирование свалок, мониторинг, почвы, Ветреница отогнутая, автотранспорт.

A. M. Krivtsov

Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov,
Perm, Russia

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC LOAD ON A SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA "LIPOGORSKY" IN THE CITY OF PERM

*The article examines the impact of anthropogenic load on the Lipogorsky protected area. The results of a study of a number of chemical parameters of the soil on the territory, near the places of growth of *Anemone reflexa* Steph. (*Anemonoides reflexa* (Steph.) Holub). Counting the number of *Anemone reflexa* Steph. (*Anemonoides reflexa* (Steph.) Holub). The calculation of the traffic load and the calculation of carbon monoxide emissions in the vicinity of the specially protected natural territory "Lipogorsky".*

Key words: Specially protected natural territory "Lipogorskiy", unauthorized dumps, landfill mapping, monitoring, soils, bent anemone, motor transport.

Введение

Особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Липогорский» расположена в южной части г. Перми на небольшой полого-увалистой возвышенности в пределах ландшафтно-геохимических комплексов денудационной равнины Среднего Прикамья Среднекамской низменной равнины [3-5].

ООПТ «Липогорский» образован Указом Губернатора Пермской области от 30.10.2002 г. №218. Режим охраны установлен постановлением Правительства Пермского края от 28.03.2008 г. № 64-п. Площадь памятника природы составляет 41 га.

Памятник природы предложен к охране учителем школы №38 Г.Л. Собаниной в 2001 г., как местообитание вида, занесенного в Красную книгу Пермского края со статусом 1 категории (вид, находящийся под угрозой исчезновения) – ветреницы отогнутой *Anemone reflexa* Steph. (*Anemonoides reflexa* (Steph.) Holub).

Ранее считалось, что ветреница отогнутая растет на территории ботанического памятника природы «Липовая гора». Однако в границах этой охраняемой территории вид не встречался, а произрастает немного южнее, где и был создан «Липогорский» [6].

Помимо популяции ветреницы отогнутой, ценность имеют липовые насаждения. Существуют две точки зрения об их происхождении. Согласно первой – это остатки реликтовых широколиственных лесов, согласно второй, эти экосистемы сформировались на месте коренных темнохвойных лесов.

Современное состояние ООПТ обусловлено природными особенностями и антропогенным воздействием. Экосистемы памятника природы характеризуются как слабо-, средне- и сильно деградированные [6].

Основными источниками воздействия на экосистемы ООПТ является жилой массив и стихийная рекреационная нагрузка. На сегодняшний день «Липогорский» является одной из самых захламленных охраняемых территорий регионального значения в Пермском крае, наблюдается ежегодное накопление мусора. В самом центре охраняемой территории из кирпичей и камней отсыпана никуда не ведущая дорога. ООПТ «Липогорский» часто используется как место проведения кратковременного отдыха, а остатки пиршества остаются здесь же, на месте обитания реликтовой ветреницы отогнутой (*Anemone reflexa* Steph.).

Методы исследований

Отбор почвенных образцов проведен согласно методике (ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб).

Методики и условия проводимых исследований изложены в работах [1-10]:

- гумус – по методу Тюрина в модификации Никитина (ГОСТ 26213-91 Почвы);

- рН солевой вытяжки по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85 Почвы);

- подвижный фосфор – проводился фотоэлектроколориметром методом по Кирсанову (ГОСТ 54650-2011 Почвы).

Расчет автотранспортной нагрузки и расчет выбросов угарного газа вблизи ООПТ «Липогорский» проводился согласно методике ГОСТ Р 56162-2019.

Результаты исследований

На рис. 1 приведена схема места отбора почвенных образцов на ООПТ «Липогорский».

Результаты агрохимического анализа почв, отобранные на территории ООПТ «Липогорский», представлены в табл. 1.

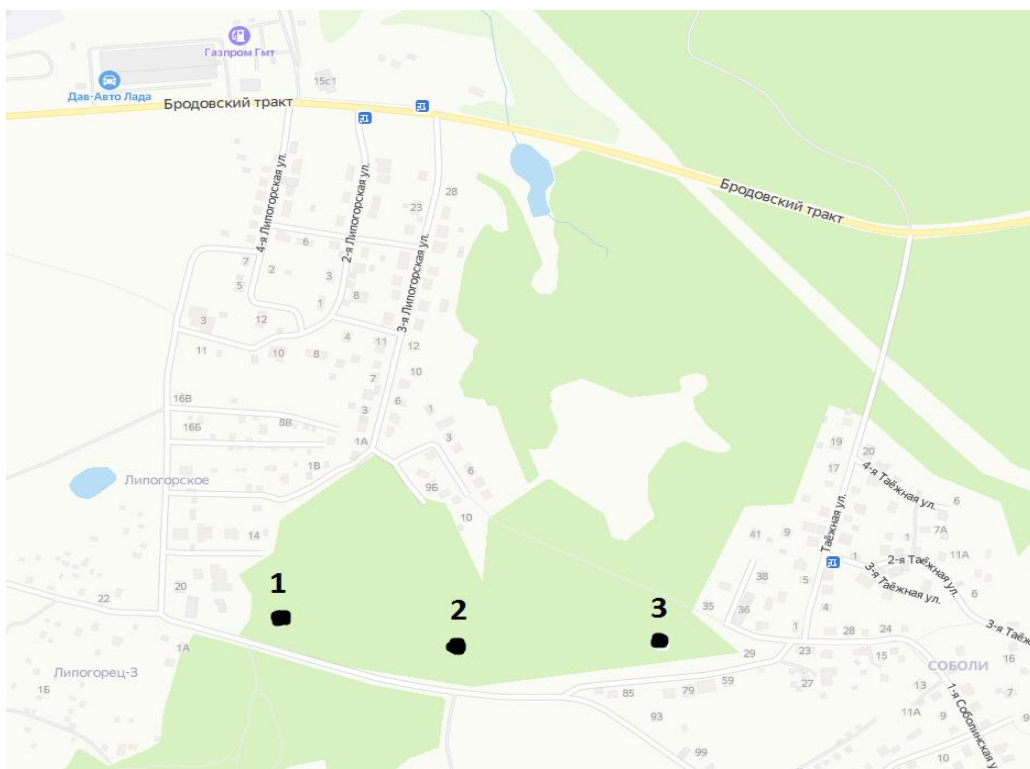


Рис. 1. Место отбора почвенных образцов на ООПТ «Липогорский»

Таблица 1

Агрохимические показатели почвенных образцов ООПТ «Липогорский»

| № точки | pH _{KCl} | Гумус, % | P ₂ O ₅ , мг/кг почвы |
|---------|-------------------|----------|---|
| 1 | 4,9±0,1 | 7,3±1,1 | <10 |
| 2 | 5,4±0,1 | 6,9±1,0 | <10 |
| 3 | 6,0±0,1 | 5,8±0,8 | 13,1±4,6 |

По pH_{KCl} на 1 точке почвы являются среднекислыми, на 2 и 3 точке - слабокислые.

Значения содержания гумуса варьируются от 5,8% - 7,3% в точке 1 наблюдается наибольшее значение (7.3%), а минимальное (5.8) в точке 3.

Содержание доступного фосфора на исследуемых участках очень низкое (<30 мг/кг почвы).

Таким образом, загрязнение происходит в точке 1 возможно, вследствие появления несанкционированных свалок и дороги.

Мониторинг Ветреницы отогнутой – *Anemone reflexa* Steph

За последние 10 лет численность ветреницы, отогнутой в ООПТ «Липогорский» незначительно колеблется по годам (рис. 2).

В 2008 года в Красной книге Пермского края Ветреница отогнутая имела I категорию редкости - находящиеся под угрозой исчезновения, а в новом издании 2018 года изменилась на III категорию – редкая, исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что популяция увеличивается, но по-прежнему нуждается в контроле над состоянием популяции и изучением репродуктивных показателей.

Таким образом, проанализировав многолетние наблюдения, можно говорить о стабильности популяции ветреницы, отогнутой в ООПТ «Липогорский». При соблюдении охранного режима на ООПТ популяция ветреницы отогнутой способна к длительному успешному существованию.

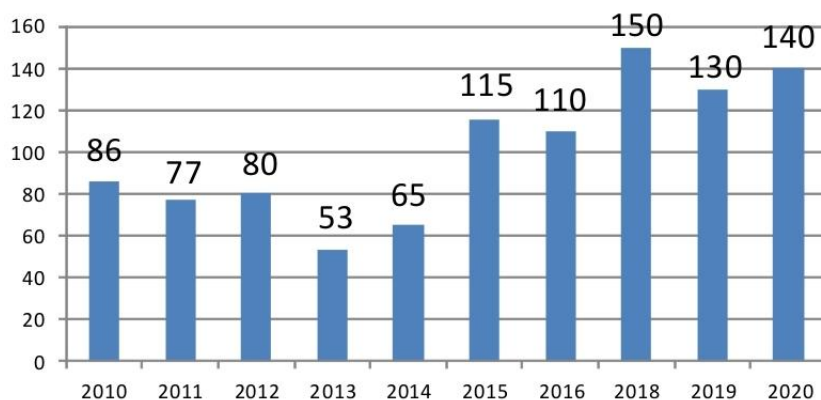


Рис. 2. Численность ветреницы отогнутой (2010-2020 гг.)

Картирование несанкционированных свалок на ООПТ «Липогорский»

Исследование по изучению несанкционированных свалок началось на кафедре экологии Пермского ГАТУ в 2014 г. На тот момент насчитывалось 19 свалок ТБО. Наибольшее их скопление вдоль ЛЭП, так же прилегающие свалки со стороны поселка Соболи, Бродовского тракта, коттеджных зданий (рис. 3). На свалках преобладает бытовой мусор и строительный мусор, так же стекло, дерево и пластик.



Рис. 3. Несанкционированные свалки на ООПТ «Липогорский» (2014 г.)

Дальнейшие исследования проведены весной 2018 г. Создана цифровая карта в программе QGIS.

После анализа полученных данных, количество свалок составляло 13 шт. (рис. 4). В основном, мусор бытовой и строительный, стекло и пластик.

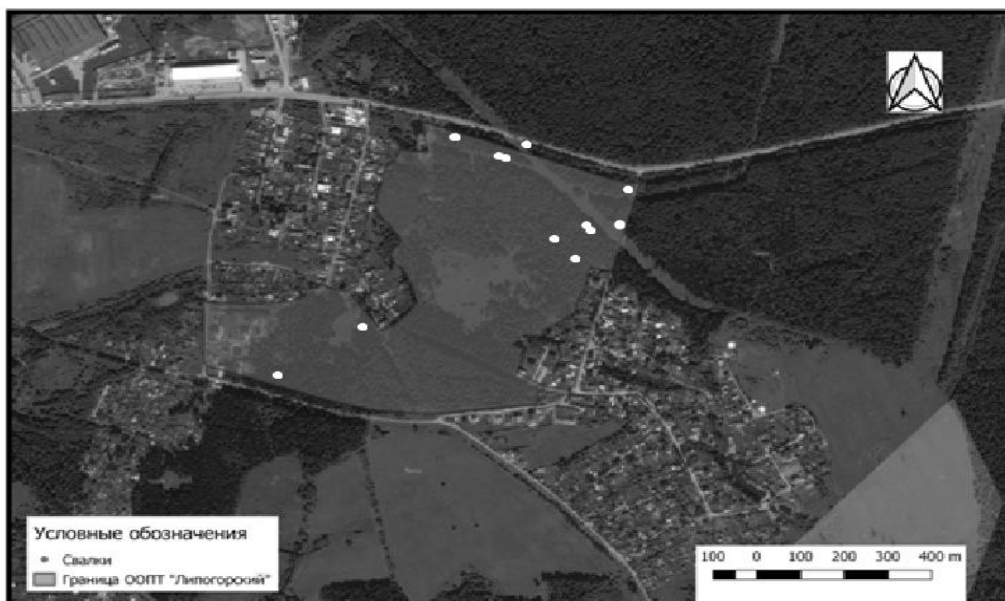


Рис. 4. Несанкционированные свалки на ООПТ «Липогорский» (весна 2018 г.)

В дальнейшем, было выявлено 14 несанкционированных свалок (рис. 5). Основную часть мусора составляли бытовые отходы, остальная часть представлена строительными отходами, изделиями из пластика, стекла и картона. Наибольшее скопление мусора наблюдалось вдоль Бродовского тракта вдоль линии ЛЭП.



Рис. 5. Несанкционированные свалки на ООПТ «Липогорский» (осень 2018 г.)

На рис. 6 представлено расположение несанкционированных свалок на 30.11.2019 г. В ходе исследования выявлено 12 несанкционированных свалок.

Основную часть мусора составляли бытовые отходы, остальная часть представлена строительными отходами, изделиями из пластика, стекла и картона. Наибольшее скопление мусора было, как и прежде вдоль Бродовского тракта, вдоль линий электропередач.



Рис. 6. Несанкционированные свалки на ООПТ «Липогорский» (осень 2019 г.)

Результаты исследований показали, что наблюдается динамика уменьшения количества ТБО на территории ООПТ «Липогорский». Вероятнее всего, это происходит из-за повышенного внимания со стороны уполномоченных органов или с повышением экологической грамотности населения. Основную часть всего мусора составляет органические материалы (пластмасса, изделия из полиэтилена и т.д.) пищевые отходы и строительный мусор.

Расчёт количества автотранспорта вблизи ООПТ «Липогорский»

В качестве исходных данных для расчёта выбросов автотранспорта в атмосферу используются результаты натурных обследований от 06.06.2020 г. и 08.06.2020 г. на участке Бродовского тракта.

Подсчет движущихся по данному участку автодороги транспортных средств проведен в течение 20 мин каждого часа. Подсчет проведен одновременно на каждом направлении движения. Подсчет автотранспортных средств проводился 6 раз, 3 раза в выходной день 06.06.2020, в 07:00, 12:00 и 17:00 часов, и в будний день 08.06.2020 года, в 07:00, 12:00 и 17:00 часов.

Таким образом, наибольшее количество проезжающего автотранспорта наблюдается в вечернее время с 17:00 до 18:00. Расчетная интенсивность движения автомобилей в вечернее время - 189 автомобилей.

Данный участок автодороги относится к III категории автомобильных дорог с расчетной интенсивностью движения от 2000 до 6000 автомобилей в сутки и характеризуется низкой интенсивностью движения.

Расчет выбросов угарного газа от автотранспорта

Подставив значения коэффициентов, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода:

$$КСО = (0,5 + 0,01 * 426 * 1,223) * 0,6 * 1,06 * 2,0 * 1,15 * 1 = 8,35 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК выбросов автотранспорта по оксиду углерода равно 5 мг/м^3 .

В результате произведенных расчётов определено, что на участке Бродовского тракта концентрация оксида углерода составила $8,35 \text{ мг/м}^3$, что превышает ПДК в 1,67 раз.

Заключение

Таким образом, агрохимический анализ почв показал, что загрязнение почв ООПТ «Липогорский» происходит вследствие размещения несанкционированных свалок, влияния автотранспорта и рекреационной нагрузки. Проанализировав многолетние наблюдения, можно говорить о стабильности популяции ветреницы, отогнутой в ООПТ «Липогорский». При соблюдении охранного режима на ООПТ популяция ветреницы отогнутой способна к длительному успешному существованию. Картирование и визуальный подсчет показали, что наблюдается динамика уменьшения количества ТБО на территории ООПТ «Липогорский». Вероятнее всего, это происходит из-за повышенного внимания со стороны уполномоченных органов или с повышением экологической грамотности населения. Основную часть всего мусора составляет органические материалы (пластмасса, изделия из полиэтилена и т.д.) пищевые отходы и строительный мусор.

Библиографический список

1. Ефимик Е. Г. Новые находки *Anemone reflexa Steph.* На территории Пермского края // Вестник ПГУ. Биология. 2009. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-nahodki-anemone-reflexa-steph-na-territorii-permskogo-kraja> (Дата обращения: 12.06.2020).
2. Иванов А.Н., Чижова В.П. *Охраняемые природные территории: Учебное пособие.* М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. 119 с.
3. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // *Фундаментальные исследования.* 2013. № 1-2. С. 335-339.
4. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края.* Пермь, 2021. 501 с.
5. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования.* 2015. № 2.
6. *Особо охраняемые природные территории г. Перми: монография / Бузмаков С.А и др.; под ред. С.А. Бузмакова и Г.А. Воронова; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. 204 с.*
7. *Особо охраняемые природные территории и основы территориальной охраны природы: учебное пособие / Д.В. Черных. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. 227 с.*
8. *Сборник о состоянии и охране окружающей среды города Перми [Электронный ресурс]: URL <https://www.gorodperm.ru/actions/ecology/> (Дата обращения 24.05.2020 г.);*
9. Реймерс Н.Ф. *Особо охраняемые природные территории.* М.: Мысль, 1978. 298 с.
10. Шестаков А.С. *Программа работы по охраняемым природным территориям Конвенции о биологическом разнообразии. Комментарии для практического применения в регионах России. Всемирный фонд дикой природы (WWF). М., 2009. 96 с.*

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЮГО-ЗАПАДА ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ (ЛИСТЫ О-40- XXVI, XXXII)

Приводится геоэкологический анализ юго-западных районов Пермского Прикамья с целью подготовки экологического обоснования геологического картирования листов О-40-XXVI и О-40-XXXII. Рассмотрены природные и техногенные факторы геоэкологических условий (среди которых особо отмечен нефтегазовый фактор). Выделены основные критерии экологической оценки и проведено экологическое ранжирование территории.

Ключевые слова: геоэкология, геоэкологический анализ, природная среда, урбанизированные территории, юго-западная часть Пермского края.

A.S. Lekoncev

Perm State University, Perm, Russia

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE SOUTH-WEST PERM KAMYA (SHEETS O-40- XXVI, XXXII)

A geoecological analysis of the southwestern regions of the Perm Kama region is given in order to prepare an ecological justification for geological mapping of sheets O-40-XXVI and O-40-XXXII. The natural and man-made factors of geoecological conditions (among which the oil and gas factor is especially noted) are considered. The main criteria of ecological assessment are highlighted and ecological ranking of the territory is carried out.

Key words: geoecology, geoecological analysis, natural environment, urbanized territories, southwestern part of the Perm Territory.

Введение

Проблема оценки состояния окружающей среды нефтедобывающих районов, к которым относятся южные районы Пермского края является чрезвычайно важной. Территория юго-западной части Пермского края (листы О-40-XXVI, XXXII) административно включает Бардымский, Осинский, Куединский, Еловский, Кунгурский, Чернушинский муниципальные районы. Данная территория является густонаселённой и хорошо освоенной в промышленно-экономическом плане. Основная специализация этих районов – нефтедобывающая, сельскохозяйственная, пищевая промышленности.

Необходимо проведение комплексного геоэкологического анализа территории с целью подготовки экологического обоснования геологического картирования листов О-40-XXVI и О-40-XXXII.

Материалы и методы исследования

Для выполнения геоэкологического анализа природных и урбанизированных территорий южных районов Пермского края были использованы картографические материалы геоэкологического, геологического и гидрогеологического картографирования [8, 21], с обновлением информации из докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края» за 2015-2019 годы, государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2019 году», опубликованных материалов [4, 5].

Комплексная геоэкологическая оценка состояния природных и урбанизированных территорий южных районов Пермского края была выполнена в соответствии с критериями и принципами геоэкологической оценки [14] с использованием оценочной структуры геоэкологического состояния, разработанной для экосистем Б.В. Виноградовым. В данной структуре оценки геоэкологического состояния выделяется 4 уровня экологических нарушений и 4 соответствующих им класса состояния – норма (благоприятное состояние), риск (условно благоприятное состояние), кризис (неблагоприятное состояние) и бедствие (весьма неблагоприятное состояние [11, 14, 23, 24].

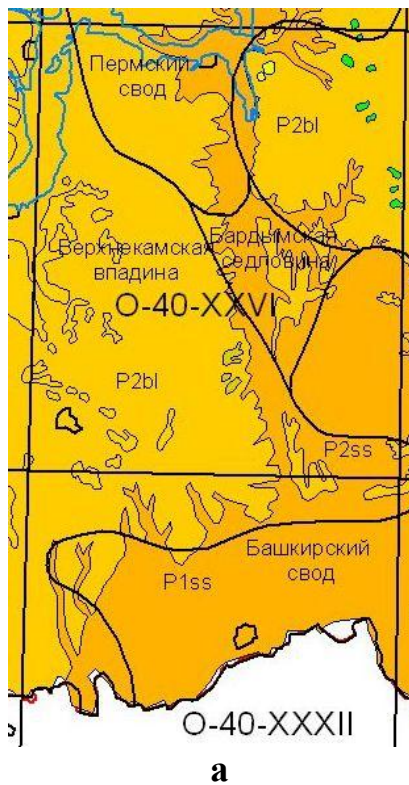
Природные условия

По физико-географическим условиям территория расположена на восточной окраине Восточно-Европейской равнины. Рельеф территории холмисто-равнинный с колебанием высот от 100 до 400 м, определяется Тулвинской возвышенностью и Буйской волнистой равниной. Климат территории умеренно-континентальный. Средняя температура января – -15°C , июля – $+18^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков – 500-600 мм [1].

Гидрография представлена Воткинским водохранилищем, реками Тулва, Барда, Буй и множеством малых рек, которые относятся к бассейну Камы. Территория относится к Камско-Тулвинскому бассейну подземного стока.

Территория полностью входит в подтаёжную зону. В состав растительности входят вторичные елово-липовые хвойно-широколиственные леса, встречаются луга и мелколиственные пойменные леса [1]. Район характеризуется наличием четырёх видов почв: дерново-средне-подзолистые, имеющие самое большое распространение, дерново-слабо-подзолистые, серые лесные и аллювиальные дерновые кислые. Последние отличаются частой сменой по глубине и площади пород различного состава с преобладанием суглинков и глин [6, 10].

В геологическом отношении территория расположена на восточной окраине Восточно-Европейской платформы в пределах Верхнекамской впадины, Пермского и Башкирского сводов, Бардымской седловины (рис. 1а). Геологический разрез в верхней части составляют терригенные отложения казанского и уфимского ярусов пермской системы, которые повсеместно перекрыты маломощными четвертичными образованиями [21].



Месторождения горючих полезных ископаемых

| Вид полезного ископаемого | Размер месторождения | | |
|---------------------------|----------------------|---------|-------|
| | Крупное | Среднее | Малое |
| Нефть | ▲ | ▲ | ▲ |
| Нефть и газ | ▲ | ▲ | ▲ |

Иные полезные ископаемые

- Пески
- Торф

урбанизированные территории городов и посёлков
~ гидросеть
 границы муниципальных районов и городских округов

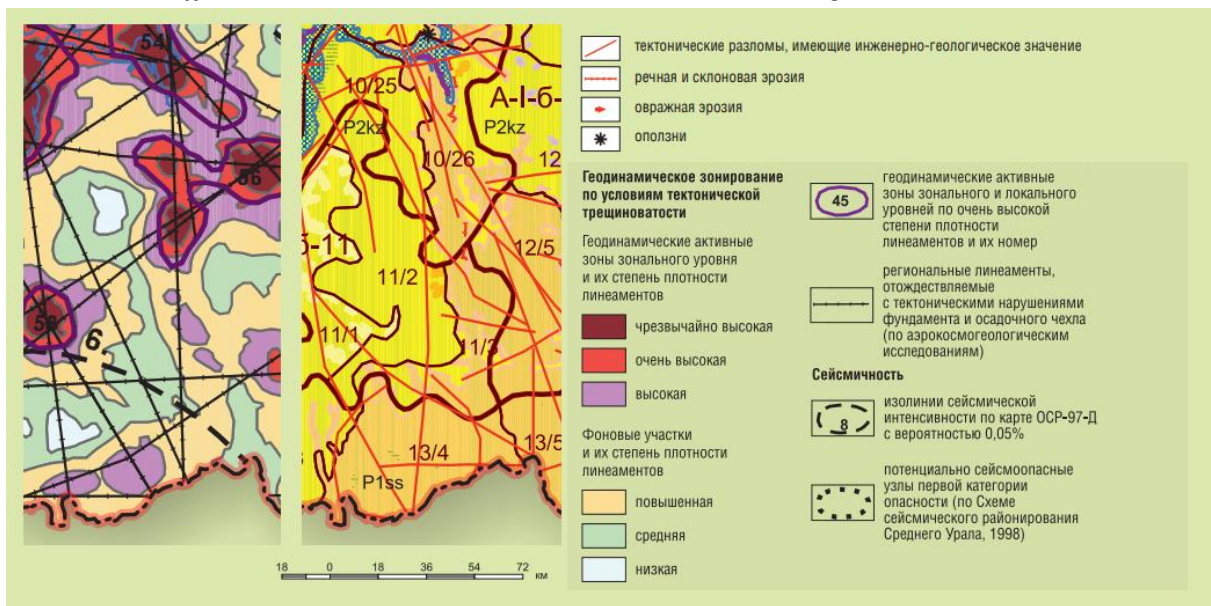


Рис. 1. Геологические условия и факторы формирования геоэкологических условий (а - дочетвертичные образования, б – месторождения нефти и газа, в – геодинамические активные зоны и тектоническая трещиноватость) [1, 21]

Основными видами полезных ископаемых являются нефть и газ, месторождения которых расположены преимущественно в Куединском и Осинском районах. Среди месторождений нефти и газа данной территории можно выделить следующие: Осинское, Тулвинское, Батырбайское, Красноярско-Куединское, Гондыревское, Альняшское, Быркинское, Шагиртско-Гожанское (рис. 1б). Территория перспективна на уран. Имеются

многочисленные месторождения общераспространенных полезных ископаемых (песчано-гравийных отложений) и торфа [20].

Геологический фактор оказывает различное влияние на геоэкологическую обстановку. Территория по ОСР-2015-С, характеризуется 6-балльной потенциальной сейсмической активностью. Выделены многочисленные тектонические нарушения и геодинамические активные зоны, в которых особенно сильно проявляются экзогенные геологические процессы (овраги, оползни, береговая эрозия, подтопление, заболачивание, суффозия и др.) (рис. 1в) [8, 15, 21, 22].

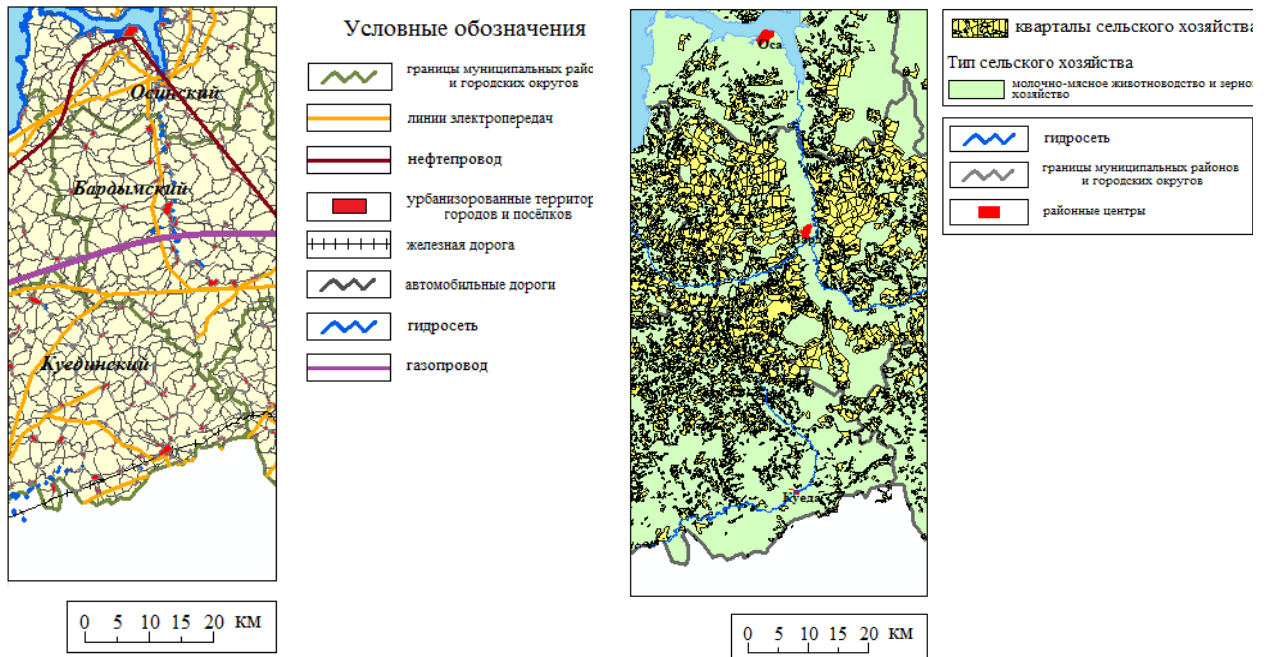
Техногенные условия, факторы и оценка воздействия на природную среду

Объекты инфраструктуры расположены равномерно по всей территории района. Экономика района определяется предприятиями нефтедобывающей, сельскохозяйственной, пищевой промышленностью, также машиностроением, лесной, деревоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, лёгкой промышленностью, производством стройматериалов. По территории проходят нефте- и газопроводы, линии электропередач, автомобильные дороги, на юге проходит магистральная железная дорога Казань-Екатеринбург (рис. 2а) [1].

Сильнейшее влияние на природную среду оказывает нефтегазовый фактор. Известно множество аварий на нефтепроводах, которые сопровождались разливами нефти. Так, например, 13 мая 2008 г. в Осинском районе произошёл разлив 0,8 кубометров нефти в реку Тулва. 22 августа 2006 г. в Осинском районе результате разлива 1 кубометр нефти попал в реку Малая Сидяха. 23 июля 2020 г. в Чернушинском районе при замене участка нефтепровода произошёл разлив нефтепродуктов на почву, вредные вещества попали в недра. 7 октября 2020 г. в Чернушинском районе произошёл выброс нефти из-за незаконной врезки в нефтепровод [5].

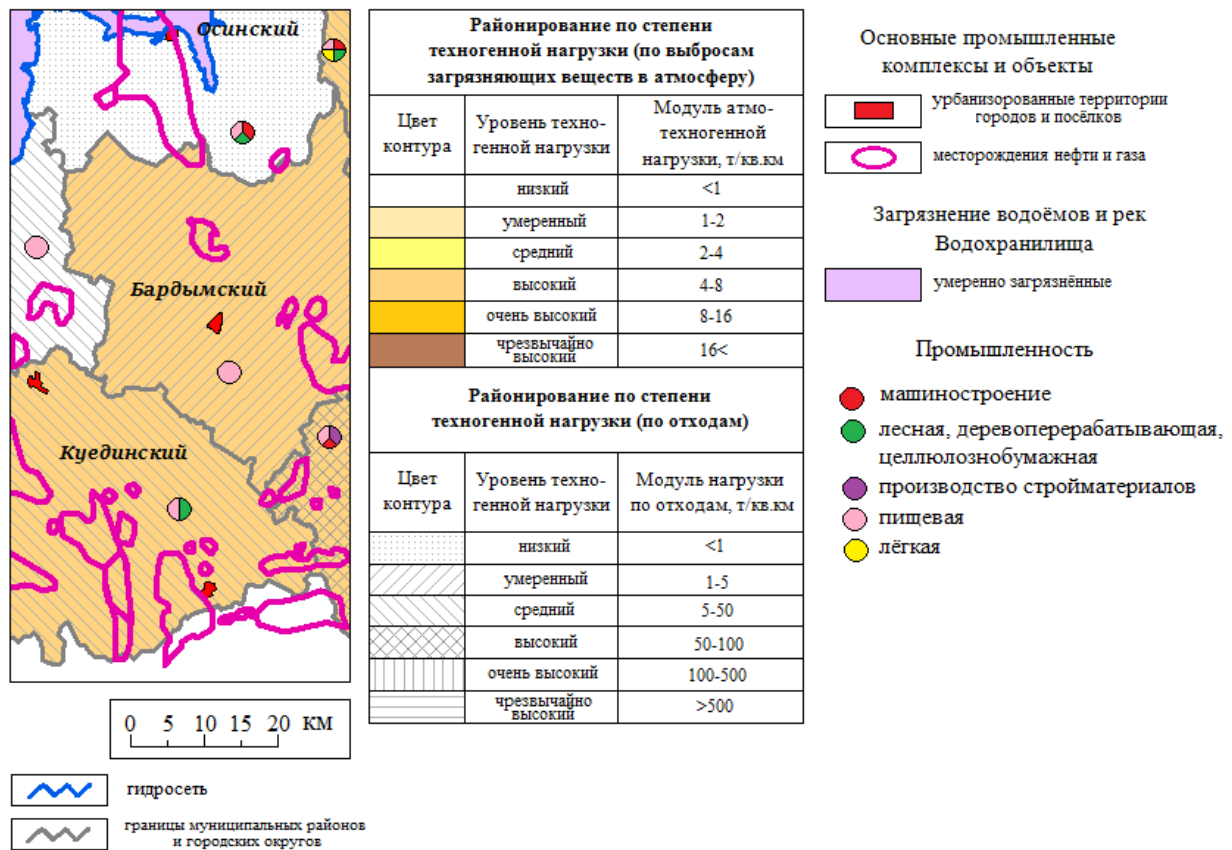
Исследуемая территория входит в Нижнекамский агроприродный район агроприродной зоны с наиболее благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства. Тип сельского хозяйства при этом – молочно-мясное животноводство и зерновое хозяйство. Большое количество располагающихся на исследуемой территории кварталов сельского хозяйства можно увидеть на карте (рис. 2б). На исследуемой территории наблюдается умеренное загрязнение окружающей среды пестицидами [1].

Уровень техногенной нагрузки на большей части территории характеризуется как высокий, присутствуют районы и с низким уровнем – Еловский, Осинский. Наиболее распространёнными загрязняющими веществами на исследуемой территории являются углеводороды и ангидрид сернистый. Суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в 2019 г. составили (тонн в год): в Бардымском районе – 11553; в Еловском – 13713; в Куединском – 10195; в Кунгурском районе – 11695; в Осинском – 5761; Чернушинском – 7313 (рис. 2в) [4, 5].



а

б



в

Рис. 2. Техногенные условия, факторы и воздействие на природную среду (а - линейные объекты, б – сельскохозяйственные объекты, в - техногенная нагрузка и оценка воздействия) [5, 8]

Преобладающие в сбросах загрязняющие вещества: азот общий и азот аммиачный. Количество сбросов во всех районах составляет менее 50 т в год, за исключением Чернушинского и Кунгурского районов, где масса выбросов отмечается в районе 50-200 т в год (рис. 3а).

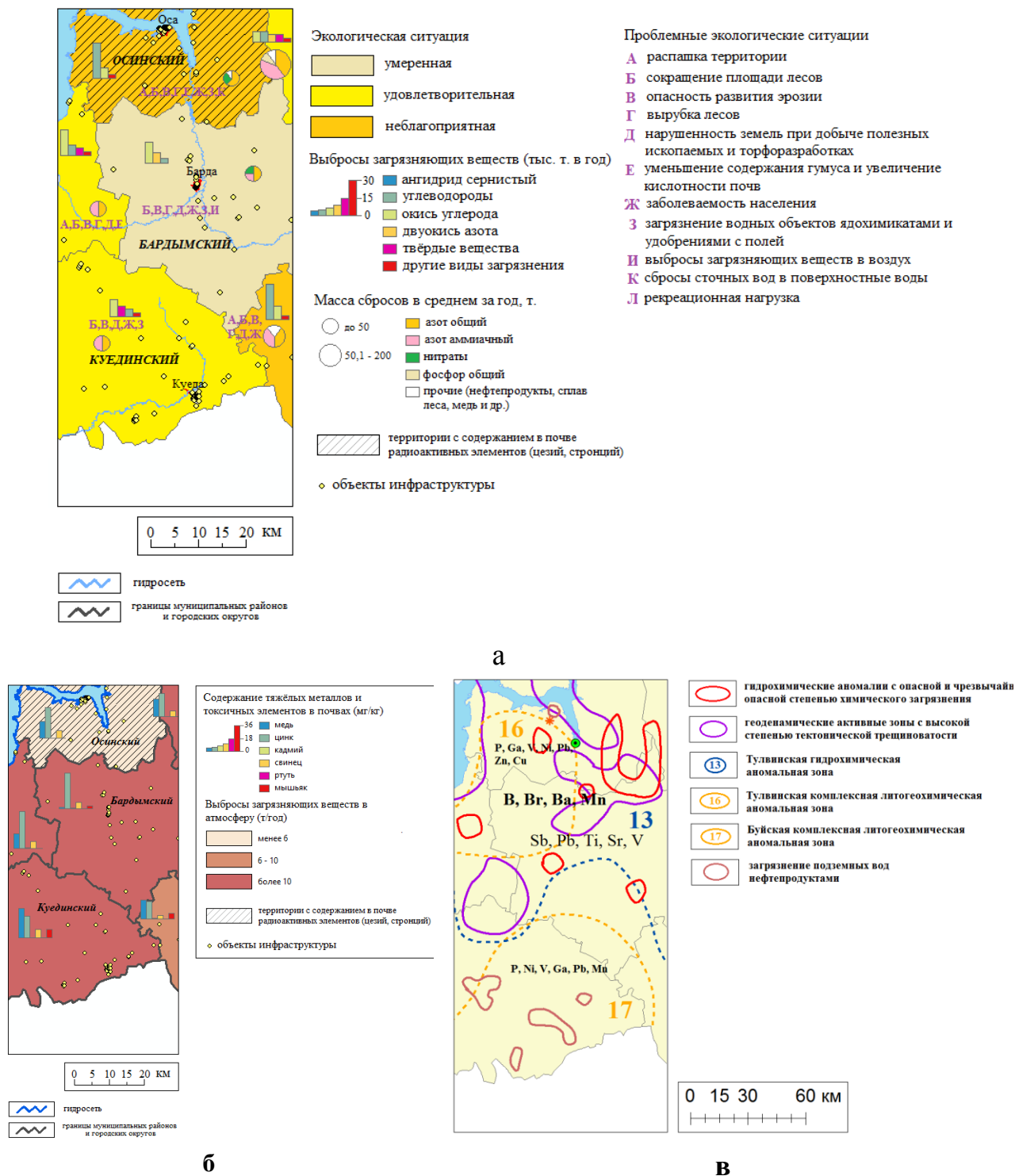


Рис. 3. Загрязнение компонентов природной среды района (а – по воздуху, б – по почвам, в – литогеохимические и гидрогеохимические аномалии)

Воткинское водохранилище, входящее в зону исследования, является умеренно загрязнённым. Среднегодовые концентрации выше ПДК отмечались по соединениям: марганца – 4-6 ПДК; железа – 2-5 ПДК; меди – 3-4 ПДК; трудноокисляемым органическим веществам – 2-3 ПДК (рис. 3б) [5].

По количеству отходов техногенная нагрузка на территорию характеризуется как низкая – в Осинском районе, умеренная – в Бардымском районе, средняя – в Куединском, Еловском и Кунгурском районах, высокая – в Чернушинском районе. В почвах в малом количестве относительно ПДК содержатся тяжёлые металлы и токсичные элементы. В Осинском районе существует загрязнение почв радиоактивными элементами, вызванное двумя ядерными взрывами, проведёнными 2 и 8 сентября 1969 года в целях стимуляции добычи нефти и другие [3, 8, 13, 25].

На исследуемой территории присутствуют геодинамические активные зоны с высокой степенью тектонической трещиноватости. Экогеохимическая обстановка представлена Тулвинской и Буйской комплексными литогеохимическими аномальными зонами, Тулвинской гидрохимической аномальной зоной. Тулвинская литогеохимическая аномальная зона характеризуется ассоциацией таких элементов в почве, как фосфор, галлий, ванадий, никель, ртуть, цинк, медь; Буйская – фосфор, никель, ванадий, галлий, ртуть, марганец [7, 12, 13, 16, 18, 19]. Тулвинская гидрохимическая аномальная зона характеризуется ассоциацией таких элементов в источниках подземных вод, как бор, бром, барий, марганец, сурьма, свинец, титан, стронций, ванадий [9, 16, 17]. Повсеместно встречаются участки гидрохимической аномалии с опасной и чрезвычайно опасной степенью химического загрязнения. На юге исследуемой территории присутствуют участки с загрязнением подземных вод нефтепродуктами (рис. 3в) [8].

В целом на рассматриваемой территории по всем показателям, характеризующим состояние окружающей среды, наблюдается сложная экологическая обстановка. По карте интегральной оценки геоэкологического состояния, которая предусматривает геоэкологическое ранжирование территории на участки на основе эколого-гидрографического районирования по бассейнам рек III-V порядка выделены 2 класса, соответствующие условно благоприятному (зона риска) и неблагоприятному состоянию (зона кризиса) (рис. 4) [8, 21].

Общая заболеваемость населения по расчетам до эпидемии covid-19 по медицинской статистике (количество случаев на 3000 человек населения, включая детское, подростковое и взрослое население) расценивается в целом, как относительно невысокое – Еловском, Бардымском, Кунгурском Чернушинском – 3501-4500 случаев, в Осинском и Куединском – 2501-3500 случаев (рис. 5) [8].

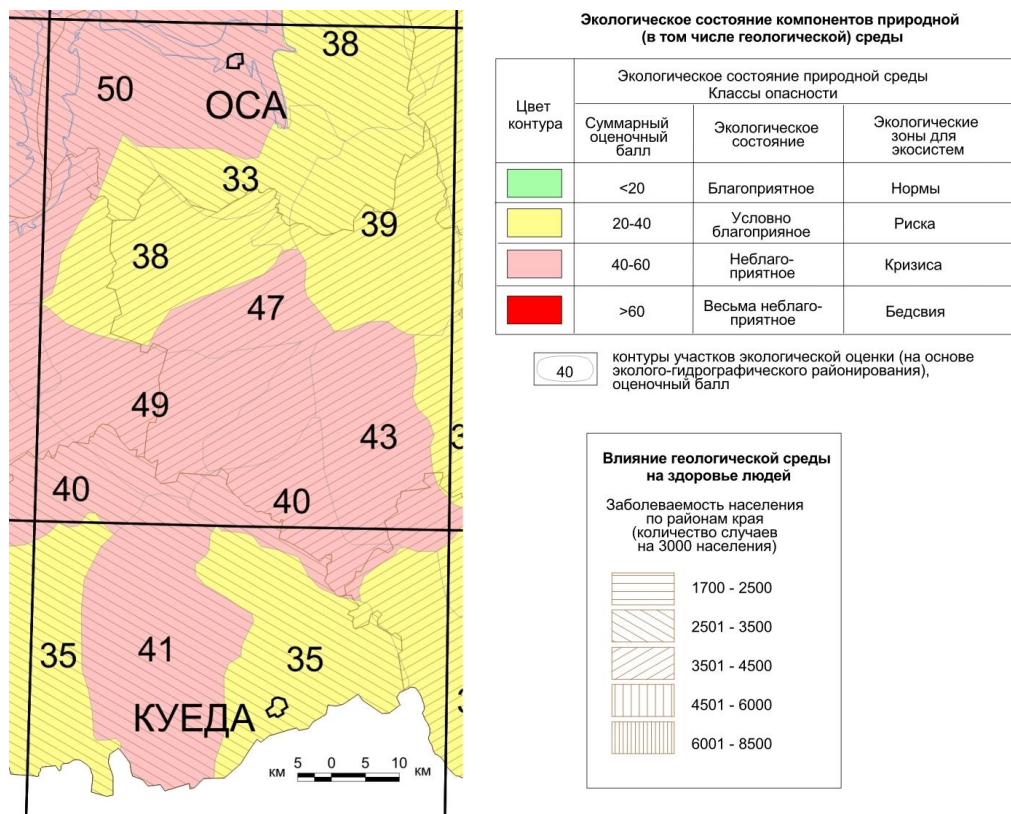


Рис. 4. Интегральная оценка геоэкологической состояния [8, 20]

Для реабилитации состояния природной среды созданы особо охраняемые природные территории (ООПТ). На территории располагаются 12 ООПТ регионального и местного значения (рис. 5) [2].

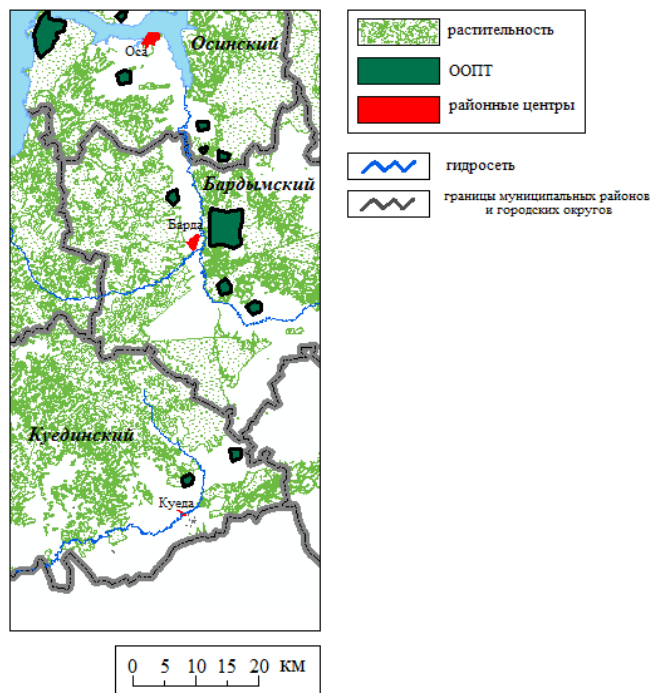


Рис. 5. ООПТ и растительность исследуемой территории [2]

Заключение

Для рассматриваемой территории установлены экологические проблемы:

- нарушение ландшафтов, вызванное, преимущественно, нефтегазовым комплексом;
- техногенное загрязнение компонентов природной среды – почв, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод стационарными источниками и автотранспортом;
- нефтяное загрязнение в результате аварий на нефтепроводах и нефтепромыслах;
- деградация лесных массивов, вызванная деятельностью лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности;
- загрязнение почв радиоактивными элементами, вызванное двумя подземными ядерными взрывами.

По интегральной оценке, геоэкологического состояния, исследуемой территории соответствуют условно благоприятное и неблагоприятное состояния.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: 2012. 124 с.
2. Бузмаков С.А., Зайцев А.А., Санников П.Ю. Актуальное состояние сети ООПТ Пермского края // Вопросы степеведения. 2019. № 15. С.55-58.
3. Быстрякова Ю.Д., Макаревич Е.В., Фирулина И.И. Экологические проблемы Пермского края // Российская наука: актуальные исследования и разработки, 2019. С.423-427.
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2019 году», [Электронный ресурс], режим доступа: http://59.rosпотребнадзор.ru/319/-/asset_publisher/pW..«о-состоянии-санитарно-эпидемиологического-благополучия-населения-в-пермском-крае-в-2019-году» (дата обращения: 01.11.20)
5. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края 2019», [Электронный ресурс], режим доступа: <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-до..> (дата обращения: 01.11.20)
6. Еремченко О.З., Максимова С.Е., Шестаков И.Е., Филькин Т.Г. База геоданных «Почвы. Пермский край» // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов наука и образование, 2014. №1 (56). С. 33-34.
7. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 335-339.
8. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
9. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145-149.
10. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.
11. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. Тамбов, 2011. № 8 (23).

С. 126-129.

12. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2 (15). С. 16-34.

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

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

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

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

17. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47

18. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь. 2012. № 4 (17). С. 39-46.

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

20. Копылов И.С., 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.

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. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.

23. 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

24. 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.

25. Тетерин А.И. Современная радиационная обстановка и оценка последствий подземных ядерных взрывов на территории Осинского месторождения нефти // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С.124-129.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ
АВТОТРАНСПОРТА НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
ПРИДОМОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРУПНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ
ГОРОДА ПЕРМИ (НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА
«БОРОВИКИ»)**

Возрастающее количество автотранспортных средств на придомовых территориях, и невнимание к местам их хранения лишают человека последнего рубежа экологической защищенности. Особое значение данная проблема приобрела в последнее время, когда на территории многих дворов жильцы организуют частные автостоянки для постоянного хранения автотранспорта, забывая об экологической опасности данных объектов в условиях стесненной городской застройки. В статье приведена оценка уровня загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта на примере крупного жилого комплекса города Перми.

Ключевые слова: экология, атмосферный воздух, химические вещества, автотранспорт, придомовые территории, вредные выбросы, г.Пермь.

Y.R. Prishvina

Perm State University, Perm, Russia

**ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF EMISSIONS OF
MOTOR TRANSPORT ON THE QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR IN
THE HOUSE TERRITORIES OF LARGE RESIDENTIAL COMPLEXES OF
THE CITY OF PERM (ON THE EXAMPLE OF THE RESIDENTIAL
COMPLEX "BOROVIKI")**

Annotation. The growing number of motor transport in the adjacent territories, and inattention to the places of their storage deprive a person of the last frontier of environmental protection. This problem has gained particular importance recently, when in the territory of many courtyards, residents organize private parking lots for permanent storage of vehicles, forgetting about the environmental hazard of these objects in a cramped urban environment. The article provides an assessment of the level of air pollution by vehicle emissions using the example of a large residential complex in the city of Perm.

Key words: ecologi; atmospheric air, chemical substances, motor transport, adjoining territories, harmful emissions, Perm.

Введение

Уровень загрязнения атмосферного воздуха тесно взаимосвязан с повышенным содержанием в нем загрязняющих веществ, поступающих от стационарных источников и автотранспорта. С каждым годом все более острым становится вопрос загруженности улично-дорожной сети городов автомобильным транспортом.

Наиболее выражены санитарно-гигиенические проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, в крупных индустриально развитых городах России, в том числе в Перми. На момент проведения исследования, по данным аналитического агентства «Автостат», численность населения Перми составила 1,053 млн человек, парк легкового автотранспорта – 255 тыс. единиц [4, 5].

Геоэкологическая обстановка Перми, оцениваемая по комплексу критериев в т.ч. – геохимических оценивается, как очень сложная [5-7].

Увеличение роста парка автотранспортных средств города Перми, влечет за собой такие проблемы, как увеличение нагрузки на улично-дорожную сеть города и нехватка парковочных мест в пределах объектов городской инфраструктуры. Возникает проблема переполненности и недостаточности количества машино-мест придомовых парковок, где возникает наиболее острая экологическая ситуация. Режимы работы двигателей в данных условиях характеризуются «залповыми» выбросами отработавших газов при пуске, прогреве и выезде автомобиля [9-11].

Массовая парковка и неорганизованное хранение автомобилей на придомовых территориях негативно сказываются на здоровье населения, проживающего в прилегающих зонах застройки. Воздействие на организм человека может проявляться в виде острых и хронических отравлений и различного рода заболеваний (аллергии, злокачественные опухоли, лейкозы, лейкемии, анемии, психоневрологические расстройства, головные боли, слепота, потеря памяти и т.п.) [8].

Цель работы

Оценка уровня загрязнения атмосферы выбросами автотранспортных средств на примере крупного жилого комплекса города Перми.

Материалы и методы

Для определения характеристик автотранспортных потоков объектом исследования был выбран крупный жилой комплекс «Боровики» Дзержинского района города Перми, расположенный на правом берегу реки Кама, состоящий из 11 жилых зданий и имеющий площадь территории 9 га (рис. 1).

Для исследования применялся визуальный метод учета интенсивности движения по ГОСТу 32965-2014, который основан на фиксировании количества автотранспортных средств, проходящих по выбранному участку автодороги. Учет интенсивности движения осуществлялся с помощью фиксации автотранспортных средств вручную на каждой из 20 парковок жилого комплекса [2].

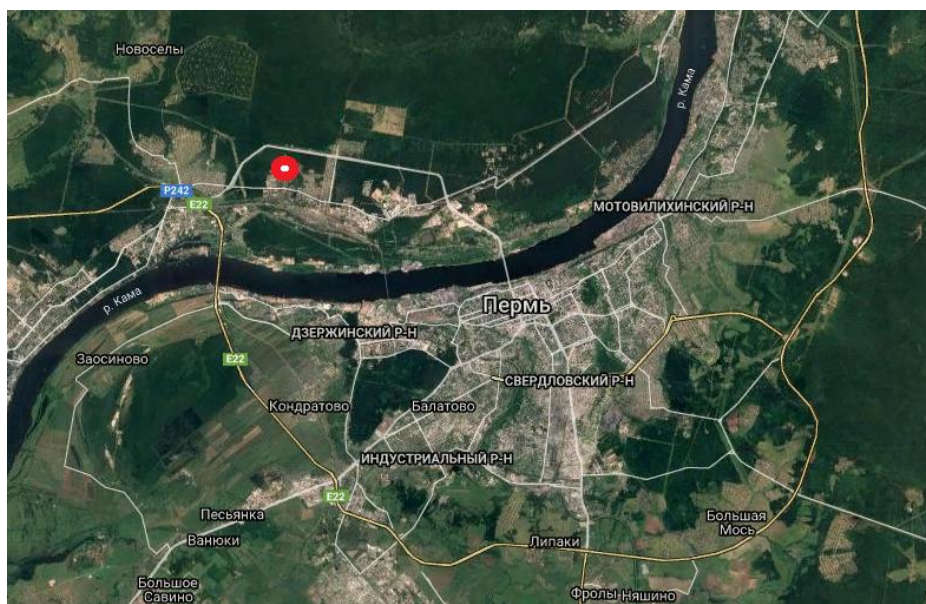


Рис. 1. Расположение объекта исследования в пределах города Перми

При определении количества единиц автотранспорта на выбранном участке, автомобили подразделялись по следующим категориям: легковые седаны от 1,2 до 1,8 т., кроссоверы от 1,8 до 3,5 т., грузовые от 1,8 до 3,5 т. Для выявления максимальной транспортной нагрузки, подсчет находящихся на контрольном участке автотранспортных средств проводился в течение 20 минут каждого часа ежедневно. Исследование длилось на протяжении шести дней (будние и выходной) летнего периода в часы с 7 – 8 часов утра, с 10 – 12 часов дня, с 13 – 14 часов дня, с 18 – 20 часов и с 22 – 23 часов вечера.

На основании данных об интенсивности транспортного потока, для оценки величины выбросов проводились расчеты массы выбросов пяти загрязняющих веществ (CO , CH , NO_x , C , SO_2) при прогреве двигателей автомобилей. Из полученных данных, рассчитывались значения валовых выбросов тонн в год (т/год) и максимально разовых выбросов грамм в секунду (г/сек) загрязняющих веществ от автотранспортных средств по максимально загруженному периоду дня, с использованием удельных показателей, т.е. количества выделенных загрязняющих веществ. Расчеты массы выбросов вредных веществ от автотранспорта проводились по ГОСТу 56162-2019. В обновленной методике 2019 года значения удельных пробеговых выбросов реализуются под стандарты топлива Евро-5 и Евро-6 [3].

Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферу на территории исследуемого комплекса проводился на основе полученных результатов максимально разовых выбросов в унифицированной программе расчёта загрязнения атмосферы «Эколог» (УПРЗА «Эколог»). Программный комплекс позволял реализовать учёт застройки и расчёт рассеивания на различных высотах. В составе УПРЗА «Эколог» в качестве графического модуля использовался «ГИС Эколог», который позволял вносить и изменять карту-схему жилого комплекса и входящих в него наземных парковок, на которую программный комплекс наносил графические результаты расчёта рассеивания. В результате расчёта определялись значения приземных

концентраций загрязняющих веществ в долях ПДК. Программа сводила полученные значения в специальные таблицы, а затем через графический модуль сформировала карты изолиний приземных концентраций загрязняющих веществ.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований интенсивности транспортной нагрузки в зоне застройки крупного жилого комплекса, подсчет количества единиц машин на контрольном участке показал, что большая транспортная нагрузка на территории преобладает в начале рабочей недели. Для большинства придомовых территорий жилых комплексов характерна повышенная интенсивность движения в период с 7 - 8 часов до 21-22 часов, при этом отмечались два максимума: утренний и вечерний (соответственно с 7 - 8 часов до 10-11 часов, и с 16 - 17 часов до 19 - 20 часов). Так были выделены часы «пик», а это с 7 по 8 часов утра и с 18 по 22 часов вечера. При подсчете наблюдалось, что все зоны платных и бесплатных наземных стоянок, предназначенных для исследуемого комплекса, в часы «пик» были полностью заполнены автомобилями. Результаты собственных измерений средней интенсивности количества единиц транспортного потока за исследуемые дни приведены на рис. 2.

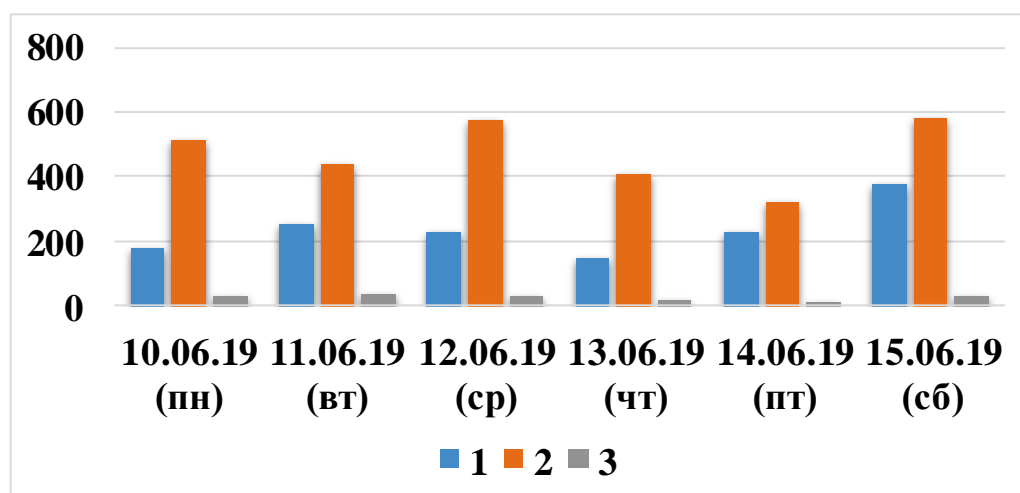


Рис. 2. Среднее количество единиц транспортного потока за исследуемые дни:
1 – Легковые, 2 – Кроссоверы, 3 – Грузовые

В результате обработки данных об интенсивности транспортной нагрузки за исследуемый период, были выполнены расчеты массы выбросов пяти токсичных веществ в отработавших газах для каждой категории автомобилей, на основании средних данных о количестве транспорта за расчетные часы. Исходя из полученных результатов, производился расчет валовых и максимально разовых выбросов загрязняющих веществ с использованием удельных показателей, т.е. количества суммарных выделенных выбросов (CO, CH, NO_x, C, SO₂). Результаты приведены в табл. 1.

Концентрации валовых и максимально разовых выбросов загрязняющих веществ

| | CO | CH | NO _x | C | SO ₂ |
|---------------------------------------|--------|--------|-----------------|---------|-----------------|
| Максимально разовый выброс, г/120 мин | 0,6719 | 0,0578 | 0,009 | 0,0001 | 0,0038 |
| Максимально разовый выброс, г/сек | 0,0559 | 0,0028 | 0,0007 | 0,00001 | 0,0003 |
| Валовый выброс, т/год | 7,1241 | 0,6416 | 0,1355 | 0,0025 | 0,0601 |

Расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере на территории исследуемого комплекса были проведены в унифицированной программе расчёта загрязнения атмосферы УПРЗА «Эколог» и «ГИС Эколог», на основе которых были сформированы карты изолиний рассеивания приземных концентраций загрязняющих веществ на местности. В результате расчёта определялись значения концентраций в долях ПДК для таких токсичных веществ, как: NO₂, NO, C (сажа), SO₂, CO, бензин (нефтяной, малосернистый) в пересчете на углерод. При расчёте учитывалось влияние рельефа местности на процессы рассеивания загрязняющих веществ, учётом различных скоростей и направлений ветра, а также рассеивания на различных высотах жилых застроек в комплексе.

По результатам исследований изолиний рассеивания установлено, что присутствие диоксида азота, углерода (сажа) и оксида углерода в атмосферном воздухе территории исследуемого комплекса и близ него, значительно выше гигиенических нормативов. Содержание на участке оксида азота незначительно превышает нормы, а диоксида серы и бензина (нефтяной, малосернистый) находится в норме [1].

На территории наблюдения содержание диоксида азота в атмосферном воздухе находилось в пределах 2-7,5 ПДК (рис. 3), в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 "Предельные допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений".

Концентрации NO₂ значительно превышают ПДК на территории комплекса, особенно ярко выражено рассеивание в северо-западной части жилых построек. Такие высокие значения могут оказывать негативное воздействие на человека, в основном подвергаются опасности органы дыхательной системы [1, 9].

Так же установлено, что на исследуемой территории максимально разовые концентрации оксида азота и углерода (сажа) в атмосферном воздухе находились на уровне 2,5-7 ПДК, что значительно превышает предельно допустимые концентрации по требованиям ГН 2.1.6.3492-17. Отмечалось, что наибольшее рассеивание оксида азота приходится в зоне жилых домов, окруженных по всей территории стоянками (рис. 4), а концентрации сажи достаточно высокие по всей территории жилого комплекса.

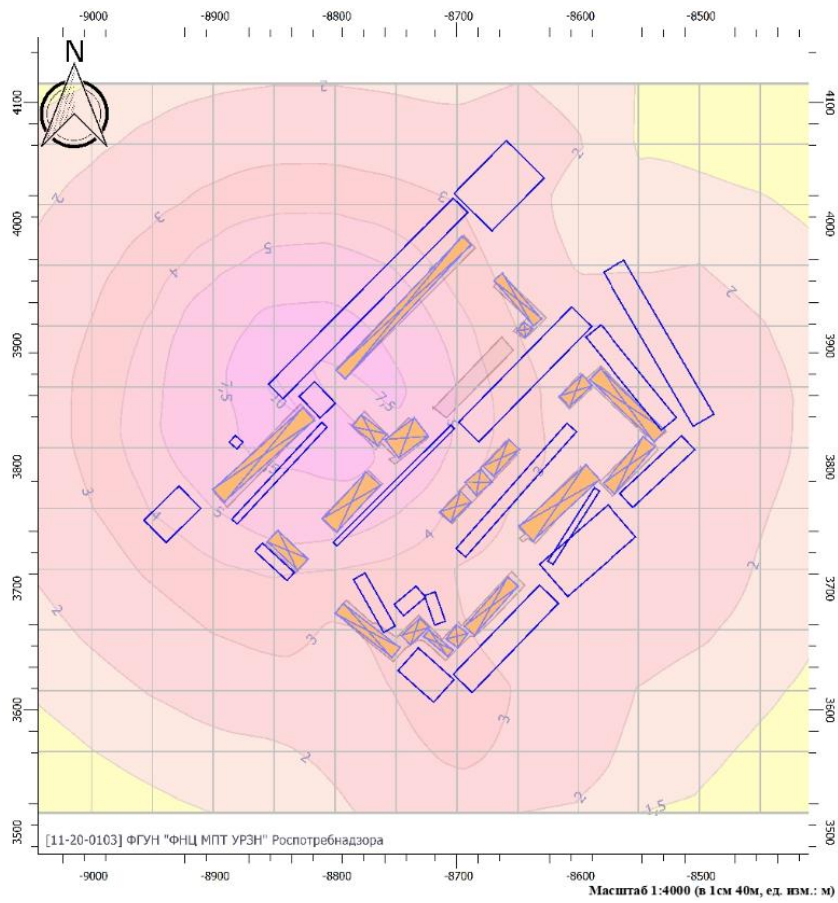


Рис. 3. Расчет рассеивания NOx с учетом застройки

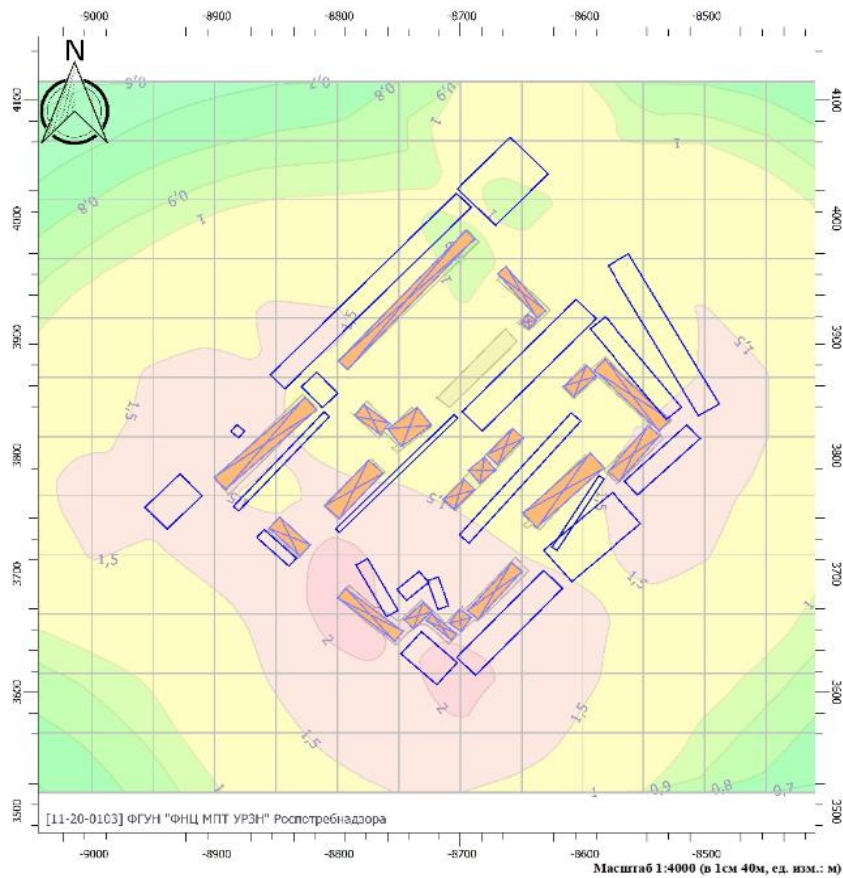


Рис. 4. Расчет рассеивания NO с учетом застройки

Превышение ПДК таких элементов так же оказывает токсичное действие на организм человека, они могут выступать в качестве универсальных переносчиков самых разнообразных химических агентов различной степени токсичности в организм человека [1, 8].

Содержание диоксида серы в воздухе исследуемой территории, по результатам и анализе получившихся концентраций зафиксировано в пределах 0,5-1 ПДК, что не значительно превышает предельно допустимую концентрацию по требованиям ГН 2.1.6.3492-17, но нарастание фона так же как и у оксида азота происходит в зоне придомовых территорий, максимально окруженных стоянками для автомобилей.

В атмосферном воздухе территории наблюдения концентрации оксида углерода и бензина (в пересчете на углерод) находились в пределах 0,2-2 ПДК, что полностью соответствует требованиям предельно допустимых концентраций (ПДК) по ГН 2.1.6.3492-17 (рис. 5) [1].

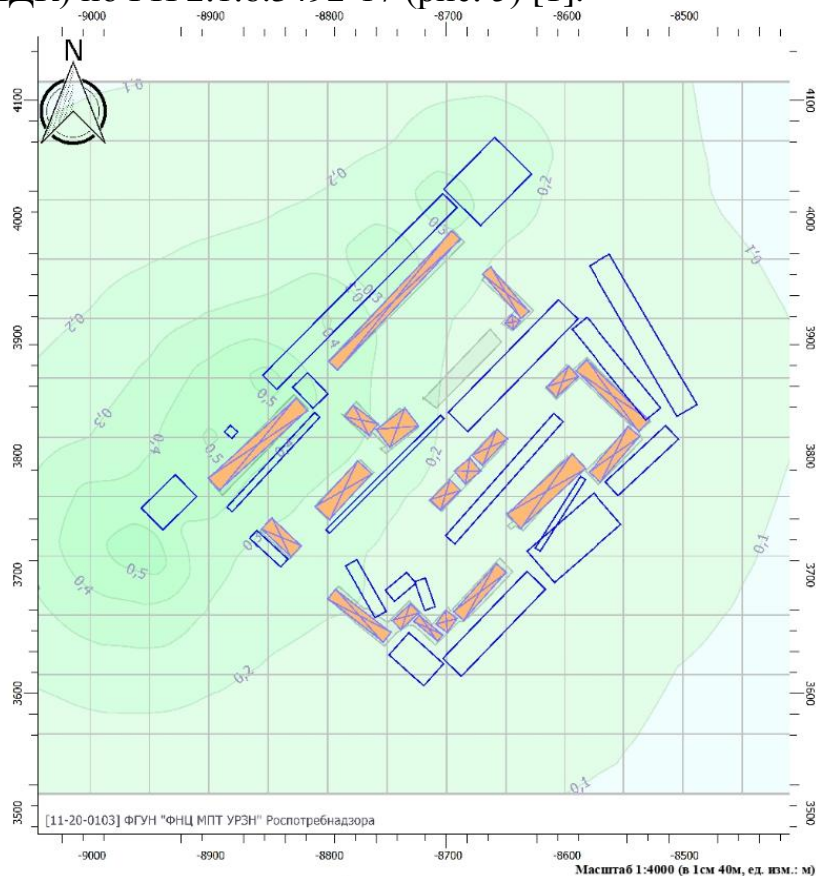


Рис. 5. Расчет рассеивания бензин (нефтяной, малосернистый) в пересчете на углерод, с учетом застройки

Таким образом, исходя из результатов проведенного исследования можно отметить, что на придомовой территории крупного жилого комплекса, на сегодняшний день, располагается значительное количество транспортных средств. Одновременная работа такого количества автотранспорта формирует нарушения качества атмосферного воздуха, а также создаются риски для здоровья населения [8]. Исходя из проведенного, на данный момент,

исследования, можно сделать вывод о том, что экологическая ситуация, формируемая у жилого комплекса «Боровики» – неблагоприятная.

Библиографический список

1. ГН 2.1.6.3492-17. Предельные допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
2. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока.
3. ГОСТ 56162-2019. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории.
4. Май И.В., Клейн С. В. Анализ риска здоровью населения от воздействия выбросов автотранспорта и пути его снижения // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. № 1(8). С. 1895-1901.
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
6. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
7. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
9. Ситдикова А.А., Святова Н.В., Царева И.В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. 2015. №3. С. 591.
10. Цыплакова Е.Г. Анализ экологической ситуации в местах автостоянок и парковки автотранспорта в Санкт-Петербурге // Записки Горного института. 2014. № 209. С. 144-147.
11. <http://www.autostat.ru>. Официальный сайт Аналитического агентства «Автостат», [Электронный ресурс], режим доступа: (дата обращения: 20.06.2019).

ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА СРЕДНЕ- КЕУМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрено воздействие загрязнения нефтепродуктами на почву в зависимости от состава и фракций, приведена схема проникновения нефтепродуктов в почвы. Приведены данные химического исследования почв на месторождение, определен суммарный индекс загрязнения почв, приведен коэффициент концентраций загрязняющих веществ относительно фоновых значений по тяжелым металлам.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, нефтепродукты, тяжелые металлы, фоновое загрязнение, показатель загрязнения.

К.А. Pronicheva

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

INDICATORS OF THE LEVEL OF SOIL CONTAMINATION WITH OIL PRODUCTS AND HEAVY METALS AT THE SREDNE-KEUM DEPOSIT OF THE TYUMEN REGION

The impact of oil pollution on the soil, depending on the composition and fractions, is considered, a diagram of the penetration of oil products into the soil is given. The data of chemical research of soils for the deposit are given, the total index of soil pollution is determined, and the coefficient of concentrations of pollutants relative to the background values for heavy metals is given.

Key words: oil pollution, oil products, heavy metals, background pollution, pollution indicator.

Введение

В настоящее время в пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции активно развивается Уватский проект, оператором которого выступает ООО «РН-Уватнефтегаз», представляет собой группу из 12 лицензионных участков и включает 22 месторождения, четыре из которых уже введены в эксплуатацию. Их геологические запасы оцениваются в 1,2 млрд тонн нефти [10].

Средне-Кеумское месторождение расположено, в 170 км к востоку от Увата, в пределах Кеумского лицензионного участка Уватского района Тюменской области РФ (рис. 1). Ближайшие населенные пункты находятся западнее района исследований - ст. Демьянка в 89 км, п. Уват в 160 км и п. Демьянское в 125 км.

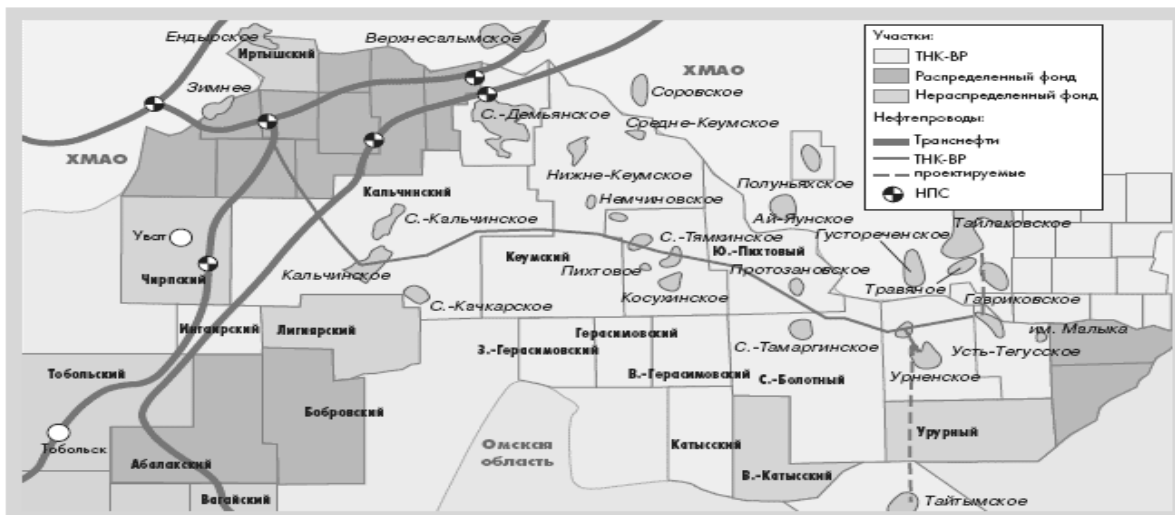


Рис. 1 Месторасположение Средне-Кеумского месторождения [10]

Природные условия

Исследуемая территория расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Обь-Иртышского междуречья и приурочена к правобережной части водосбора реки Кеум (бассейн р. Демьянка), на севере граничит с Салымским болотом. Проектируемые объекты не имеют пересечений с водотоками, на территории площадных объектов водных объектов нет.

На территории распространены аллювиальные и озерно-аллювиальные образования - современные отложения пойм и террасовые комплексы, представленные песками, супесями, суглинками (рис. 2)

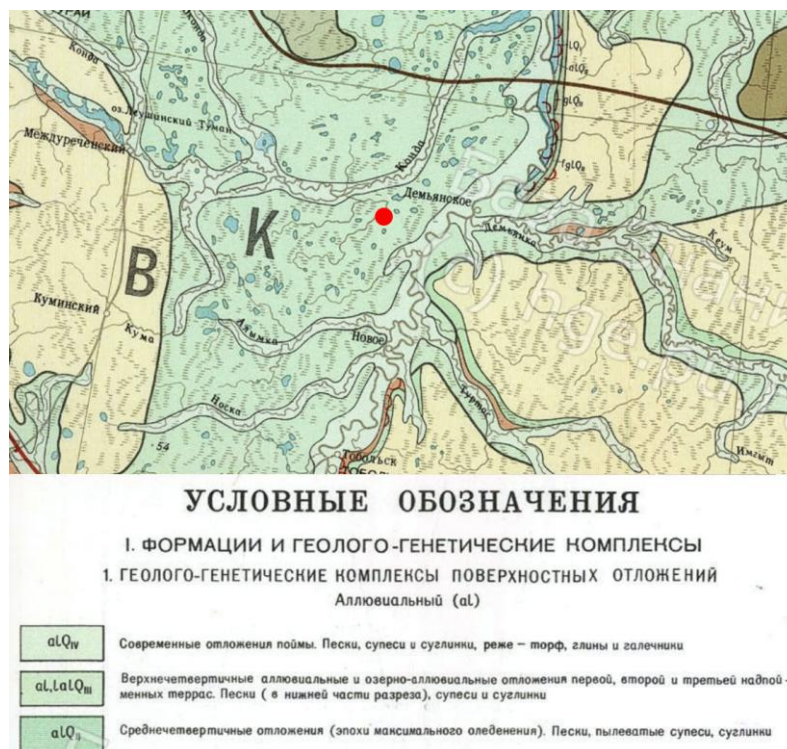


Рис. 2. Карта геолого-генетических комплексов района

На исследуемой территории распространены торфяно-подзолисто-глеевые типичные, имеющие мощность торфяного горизонта до 30 см и аллювиальные торфяно-глеевые типичные почвы, имеющие мощность торфяного горизонта до 50 см и содержащие прослойки мелкозема в верхней прослойке и менее 10 см прослойку перегнойного материала в нижнем горизонте.

Природно-территориальные комплексы района и процент занимаемой ими площади представлен на рис. 2.



Рис. 3. Природно-территориальные комплексы района

Инфраструктура территории на данный момент представляет собой строящиеся и проектируемые нефтепромысловые объекты, отсутствующие дороги с асфальтовым покрытием, развитую дорожную сеть автозимников. Освоение территории связано с нефтедобычей. Общая площадь района составляет 2052,35 га.

Оценка загрязнения почв

Загрязнения почвенно-растительного покрова нефтепродуктами, сточными водами, отходами сконцентрированы у жилых комплексов, компрессорных станций, крановых узлов, вертолетных площадок, носят локальный характер и, как правило, сопровождаются или перекрываются глубокими механическими повреждениями. Масштаб загрязнений зависит от размеров жилых и производственных комплексов [2].

Основными веществами, загрязняющими почву на территории, учитывая развитие предприятий нефтегазового комплекса, являются нефтепродукты.

Тяжелые битумные фракции нефти обладают высокой токсичностью и очень опасны в случае попадания в почвы. Эти фракции проникают на глубину не более 12 см, представляют собой твердые вещества, за счет чего склеивают верхний слой почвы, образуя твердую корку [9].

По этой причине легкие фракции нефти, которые проникают на глубину до 1 м не могут испаряться, кислород не проникает в почву, в результате все живое там погибает, что делает территории непригодными для хозяйственного использования.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами – нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. – точечные пробы отбирались не более 200 г каждая. Результаты химического анализа проб почв приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав почвы

| Определяемые показатели | Ед. изм. | ПДК/ОДК | Место отбора проб (точка отбора) | | | | | | | |
|------------------------------|----------|--|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | | | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| рН солевой вытяжки | ед.рН | - | 3,47 | 3,53 | 3,60 | 3,53 | 3,58 | 3,45 | 3,57 | |
| рН водной вытяжки | ед.рН | - | 5,12 | 5,11 | 5,28 | 5,22 | 5,37 | 5,08 | 5,18 | |
| Нефтепродукты | мг/кг | 100 – для песчаных почв; 400 – для торфяных почв | 51 | 57 | 16 | 15 | 17 | 7,0 | 23 | |
| Бенз(а)пирен | мг/кг | 0,02 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | |
| Свинец | мг/кг | 32,0 | 21 | 22 | 23 | 18 | 17 | 19 | 29 | |
| Цинк | мг/кг | 55,0 | 45 | 41 | 72 | 40 | 32 | 38 | 29 | |
| Марганец | мг/кг | 1500 | 220 | 200 | 200 | 210 | 420 | 270 | 270 | |
| Медь | мг/кг | 33,0 | 7,7 | 8,2 | 11,4 | 8,3 | 8,0 | 8,2 | 8,8 | |
| Мышьяк | мг/кг | 2,0 | 1,4 | 1,4 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | |
| Кобальт | мг/кг | 5,0 | 4,2 | 5,3 | 3,5 | 3,3 | 5,1 | 4,5 | 4,9 | |
| Никель | мг/кг | 20,0 | 2,7 | 2,6 | 3,8 | 3,3 | 2,1 | 1,3 | 1,4 | |
| Ртуть | мг/кг | 2,1 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | |
| Кадмий | мг/кг | 0,5 | 0,36 | 0,43 | 0,48 | 0,33 | 0,44 | 0,48 | 0,40 | |
| Фенолы летучие | мг/кг | 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | |
| Органическое вещество(гумус) | % | - | 0,94 | 1,07 | 1,42 | 0,41 | 0,70 | 1,13 | 0,61 | |

Исходя из полученных данных, превышение нормативов по тяжелым металлам и органическим наблюдениям в отобранных пробах не наблюдается. Для комплексной оценки химического загрязнения почв используется суммарный показатель загрязнения Z_c , рассчитываемый для металлов 1-3 класса опасности, где в качестве фоновых значений берут ориентировочные значения [2].

Суммарный показатель загрязнения почв можно определить по формуле:

$$Z_c = S(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где n – число определяемых суммируемых вещества;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Величина суммарного показателя загрязнения Z_c и его расшифровка представлены на рис. 4.

| Категории загрязнения почв | Величина Z_c |
|----------------------------|----------------|
| Допустимая | Менее 16 |
| Умеренно опасная | 16-32 |
| Опасная | 32-128 |
| Чрезвычайно опасная | Более 128 |

Рис. 4. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Использование «ориентировочной оценочной шкалы опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения Z_c » позволяет отнести все почвы к категории загрязнения «допустимая» (табл. 2).

Таблица 2.

Оценка загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения Z_c

| № пробы | Z_c | Уровень загрязнения | Коэффициенты концентраций загрязняющих веществ относительно фоновых значений |
|---------|-------|---------------------|--|
| 1 | 3,4 | допустимый | Cd 3,00; Pb 1,40 |
| 2 | 4,05 | допустимый | Cd 3,58; Pb 1,47 |
| 3 | 5,13 | допустимый | Cd 4,00; Zn 1,60; Pb 1,53 |
| 4 | 2,95 | допустимый | Cd 2,75; Pb 1,20 |
| 5 | 3,80 | допустимый | Cd 3,67; Pb 1,13 |
| 6 | 4,27 | допустимый | Cd 4,00; Pb 1,27 |
| 7 | 4,27 | допустимый | Cd 3,33; Pb 1,93 |
| 8 | 12,05 | допустимый | Cd 8,60; Pb 2,83; Hg 2,00; Zn 1,29; Co 1,20; As 1,13 |

Превышение фона наблюдаются у следующих химических веществ: кадмий, свинец, в одной пробе – цинк и в одном образце – ртуть, кобальт, медь, мышьяк.

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

Согласно полученным результатам (табл. 2), все пробы почв относятся к категории «допустимые», поскольку суммарный индекс загрязнения меньше значения 16, поэтому эти почвы можно использовать для освоения хозяйственной деятельности.

Библиографический список

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш. Экология почв. Загрязнение почв. Ростов-на-Дону, 2004. 54 с.
2. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев Д.В. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М.: МГУ, 2012. 306 с.
3. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.
4. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
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. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
7. 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.
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. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237с.
10. Сайт Месторождения нефти и газа: http://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/tjumenskaja_oblast/severo_keumskoe/8-1-0-1241.

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИ ОТВОДЕ ЛЕСОСЕК В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Статья посвящена сохранению биоразнообразия при отводе лесосек в Пермском крае. В работе отражен практический процесс отвода лесосеки, представлен расчет затрат, выделены и сохранены ключевые элементы древостоя и ключевые биотопы, необходимые для функционирования экосистемы, представлена динамика млекопитающих на участке до и после рубок.

Ключевые слова: лес, лесные экосистемы, отвод лесосек, таксация, древостой, биотопы, биоразнообразие.

R.A. Ramazanov

Forestry University, Yekaterinburg, Russia

BIODIVERSITY CONSERVATION DURING CUTTING IN THE PERM REGION

The article is devoted to the conservation of biodiversity in the allotment of cutting areas in the Perm Territory. The paper reflects the practical process of allocating the cutting area, presents the calculation of costs, identifies and preserves the key elements of the stand and key biotopes necessary for the functioning of the ecosystem, presents the dynamics of mammals on the site before and after felling.

Key words: forest, forest ecosystems, allotment of cutting areas, taxation, tree stand, biotopes, biodiversity.

Введение:

Пермский край имеет сложные геоэкологические условия [1, 3-6], поэтому необходимо сохранение биоразнообразия, поскольку нарушение хотя бы одной цепочки в экосистеме может привести к ее гибели. Поддерживание биоразнообразия и проведение лесовосстановительных мероприятий является весьма затратным процессом, эффективность которого (в том числе экономическая) проявляется в долгосрочном периоде и, зачастую, в масштабе целой страны [9]. Поэтому крайне важно вести просветительские меры для предотвращения ущерба биоразнообразию, поддерживать меры, направленные на сохранение биоразнообразия, а также на законодательном уровне ограничивать вмешательство как физических лиц, так и предприятий, в лесохозяйственную деятельность [8].

Отвод лесосек – это выделение (отграничение визирами) в натуре участка леса, для проведения сплошных или выборочных рубок, и его инструментальная съемка. Лесосеки для проведения рубок ухода и санитарных рубок могут отводиться без инструментальной съемки [11].

Материалы и методы исследования

ООО «Красный октябрь» арендует на территории Пермского края лесные участки для осуществления лесозаготовительной деятельности (рис. 1). Лесозаготовительная и лесоохранная деятельность осуществляется дочерним предприятием ООО «Красный Октябрь» - ООО «КО Форест». ООО «Красный октябрь» - завод по производству пиломатериалов, расположенный в г. Перми, основанный в 1909 г. Каждый месяц заводом производится 10000 м³ пиломатериалов камерной сушки.

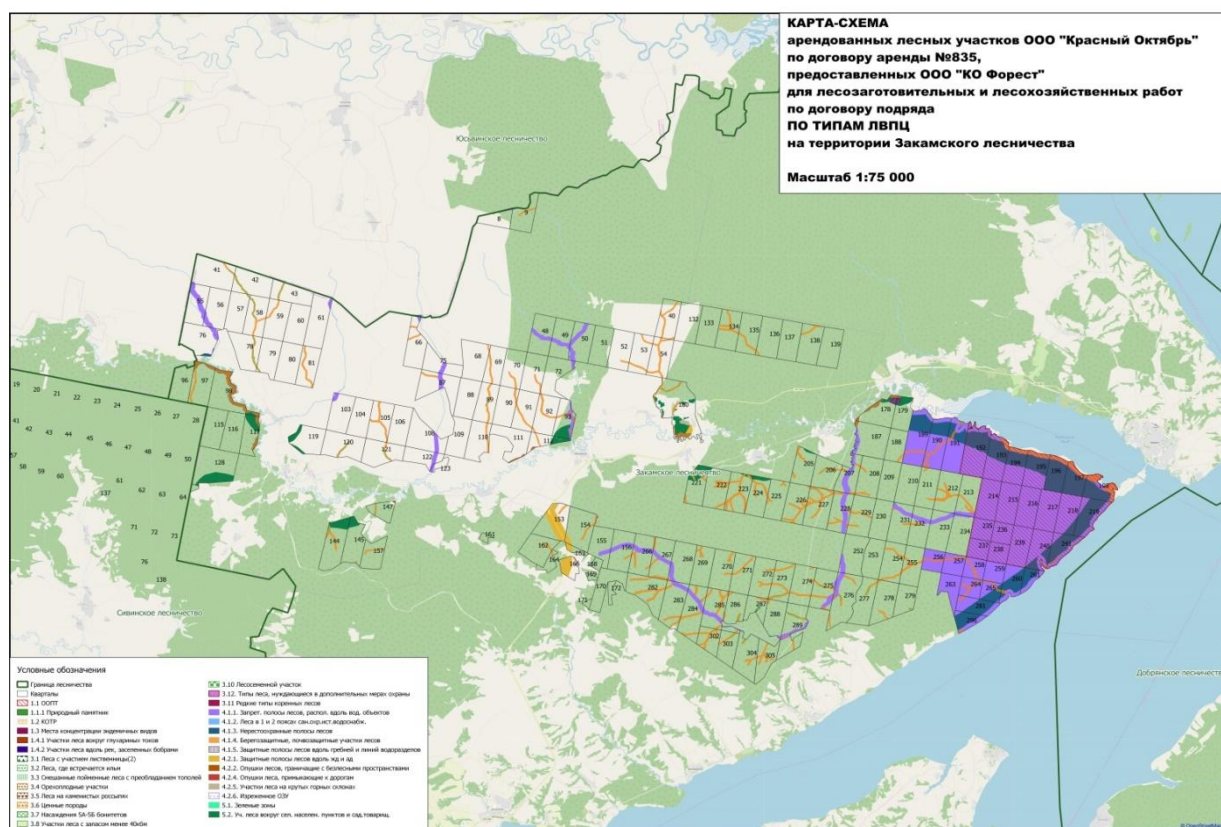


Рис.1. Карта арендованных участков Закамского лесничества

На предприятии разработана Программа по выявлению и сохранению лесов высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ), ведется учет арендованных участков, ежегодно проводится анализ и оценка воздействия ООО «КО Форест» на леса высокой природной ценности, разработаны Инструкция по предупреждению и минимизации повреждения почв при проведении лесозаготовительных операций.

Согласно технологии при отводе лесосеки был выбран ленточный метод таксации. На первом этапе мастером или лесничим составляется технологическая карта, которая утверждается главным лесничим лесхоза. В ней указывается месторасположение лесосеки, эксплуатационная площадь, количество вырубленной древесины, применяемая техника. В технологической карте обязательна схема лесосеки с ее элементами [10]. В намечаемых для отвода участках леса задаются граничные и внутренние визиры, установлены деляночные столбы.

Непосредственно на участке, перед проведением работ, производилось сравнение фактических данных с выпиской из таксационного описания по Каргинскому участковому лесничеству. Несоответствий не выявлено, границы участка ясные, соответствуют их конфигурации в таксационном описании. На основных углах поворота по участку были установлены лесосечные столбы, высотой 1 метр над поверхностью земли, диаметром 13 см. Столбы затесали на два ската с оставлением гребешка 1 см, высота ската 10 см, козырёк по скату 6 см, щека 16 см. Первый столб установили щекой к центру участка, скатами по направлению визира. На щеку краской нанесли надпись со следующей информацией: номер квартала – номер выдела; вид рубки – год рубки; номер делянки – площадь участка. При проведении съёмки делалась привязка к квартальной сети, начертили чертеж участка и отводимой лесосеки, с указанием площади разрабатываемого участка.

Результаты и их обсуждение

Для сохранения биоразнообразия необходимо сохранять выявленные в процессе разработки делянки ключевые биотопы и элементы древостоя [12].

Если сохранять все разнообразие ключевых биотопов и объектов по максимуму, то это даст гораздо больший эффект, а именно позволит:

- поддерживать разнообразие естественных условий, что способствует существованию и расселению различных видов живых организмов на территориях, активно вовлеченных в природопользование;

- сохранять элементы лесной среды, что способствует поддержанию естественной динамики насаждений и в большинстве случаев естественному лесовозобновлению;

- сохранять места, имеющие особое значение для осуществления жизненных циклов животных (места гнездования, размножения, кормежки, выращивания молодняка, нагула, отдыха, миграции и др.)

Основными мерами по сохранению биологического разнообразия являются:

- выявление и сохранение ключевых биотопов (неэксплуатационных участков);

- выявление и сохранение ключевых элементов древостоя - обеспечение постоянного присутствия мертвой древесины на разных стадиях разложения [13].

Ключевыми биотопами являются участки спелой и перестойной осины с незначительным участием других древесных пород [2] (табл. 1).

В 2014 году численность видов млекопитающих, встреченных на маршруте, составило 12 видов, в 2019 – 13 видов. Общее количество особей составило 43 особи в 2014 году и 75 особей в 2019 году.

Таким образом, после проведения санитарных рубок и рубок ухода в 2014 году количество встречаемых млекопитающих возросло на 32 особи.

Таблица 1

Выявленные ключевые элементы древостоя

| Тип ключевого элемента | Количество |
|---|------------|
| Старовозрастные деревья | 20 шт/га |
| Деревья редких пород, произрастающих на границе их естественного ареала (вяз гладкий, вяз шершавый, липа сердцелистная, ольха черная, лиственница сибирская, сосна сибирская, пихта сибирская, можжевельник обыкновенный (древовидная жизненная форма)) | - |
| Деревья пород, единично встречающихся на лесосеке | - |
| Деревья с дуплами | 30 шт |
| Деревья с гнездами | |
| Единичные сухостойные деревья* | 20 шт |
| Единичные высокие пни* | 30 шт |
| Крупномерный валеж ($d > 0,25$ м) | 100 шт |
| <i>* не представляющие опасности при разработке лесосеки</i> | |

Количество особей, встреченных на маршруте в 2019 году очень близко к значениям на контрольном объекте – участке, не затронутом хозяйственной деятельностью (табл. 2).

Таблица 2

Динамика видового состава и количества млекопитающих, встречаемых на маршруте.

| Вид | 2014 | 2019 | Признак пребывания | Стация |
|--------------------------|------|------|--------------------------------------|--|
| Еж обыкновенный | 1 | 2 | Визуально | 2 встречи на маршруте |
| Мышь полевая | 3 | 7 | Визуально, норы | Часто встречающийся вид во всех биотопах |
| Обыкновенная лесная мышь | 8 | 11 | Визуально, отлов в живоловушки, норы | Часто встречается в спелых и перестойных лесах, а также на зарастающих вырубках |
| Крот европейский | 6 | 6 | Визуально, норы | Часто встречающийся вид во всех биотопах |
| Белка обыкновенная | 5 | 11 | Визуально | в спелых и перестойных насаждениях |
| Заяц беляк | 4 | 6 | Экскременты | Во всех биотопах |
| Заяц русак | - | 3 | Экскременты, визуально | Следы жизнедеятельности встречаются на просеках, дорогах |
| Бурозубка малая | 4 | 9 | Визуально, отлов в живоловушки | Постоянная стация во всех видах леса, на вырубках численность зверьков в 2 раза выше |
| Бурозубка обыкновенная | 3 | 6 | | |
| Мышовка лесная | 4 | 6 | Визуально, отлов в живоловушки, норы | Часто встречается в спелых и перестойных лесах, а также на зарастающих вырубках |
| Лисица обыкновенная | 2 | 3 | Визуально, экскременты | Следы жизнедеятельности в 2019 г. выявлены чаще, чем на тех же площадях в 2014 г |
| Кабан | 1 | 1 | Порои, экскременты | Порои в спелых и перестойных лесах |
| Лось | 2 | 4 | Визуально, экскременты | Встречается во всех биотопах |
| Итого количество видов | 12 | 13 | | |
| Итого количество особей | 43 | 75 | | |

В качестве лесозащитных работ был исследован состав и количество вредителей, установлено, что степень повреждения свежеселенных деревьев средняя (порядка 40%), для борьбы были использованы физические методы – установка ловушек с феромоном, по итогам работ пойманных жуков уничтожили [7].

Для полного изучения биоразнообразия в части растительности на исследуемом участке был рассмотрен ее состав по таксационному описанию, и приведена характеристика участка до и после рубки. В квартале 122 Каргинского участкового лесничества на выделе 8 осветление проведено хорошо, полнота насаждений в пределах оптимальных значений, но вот количество хвойных насаждений недостаточно, значит при следующем проведении мероприятия по рубке ухода «Прочистки» можно еще провести посадку лесных культур ели.

Таблица 3

Характеристика древостоя на исследуемом участке до и после рубки

| Выдел | Площадь, га | Состав древостоя | Возраст | Диаметр средний, см | Высота средняя, м | Количество деревьев, шт/га | Полнота |
|-------------|-------------|------------------|---------|---------------------|-------------------|----------------------------|---------|
| До рубки | | | | | | | |
| 8 | 17,7 | 6Ос | 43 | 20 | 23 | 12400 | 0,7 |
| | | 4Б | 46 | 24 | 23 | 8300 | 0,7 |
| | | Е | 42 | 19 | 20 | 950 | 0,7 |
| После рубки | | | | | | | |
| 8 | 17,7 | 5Ос | 43 | 20 | 23 | 8700 | 0,6 |
| | | 4Б | 46 | 24 | 23 | 8200 | 0,7 |
| | | 1Е | 42 | 19 | 20 | 950 | 0,7 |

Проведен укрупненный расчет затрат на лесохозяйственные работы по исследуемому участку, где были включены все необходимые циклы проведенных работ. По итогам расчетов была составлена смета затрат, расходы составили почти 340 тыс. руб., где часть на исследование биоразнообразия и работы по лесовосстановлению заложена в размере 5%.

Таблица 4

Определение затрат на лесохозяйственных изысканий на объекте исследования

| Показатель | Значение |
|---|----------|
| Расходы по организации и ликвидации работ | 4,85 |
| Непредвиденные расходы | 10,0 |
| Оплата труда работников, тыс.руб. | 267,15 |
| Транспортные расходы, тыс.руб. | 12,38 |
| Противопожарные мероприятия, тыс.руб. | 28,0 |
| Лесозащитные мероприятия, тыс.руб. | 17,0 |
| Итого затрат, тыс.руб. | 339,38 |

Заключение

Необходимо, отметить, что при выполненных работах по приведенной технологии с лесосекой не было нарушено существующее биоразнообразие. При этом, еще не так давно на лесной делянке, где была проведена сплошная рубка, можно было наблюдать весьма печальную картину, напоминающую «лунный ландшафт». Отрадно сознавать, что такие пейзажи постепенно уходят в прошлое. Способствуют этому новые тенденции в лесопользовании, Все большее распространение получают технологии рубок, которые проводятся с обязательным условием сохранения ключевых биотопов и объектов.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: 2012. 124 с.
2. Инструкция по сохранению биоразнообразия при отводе лесосек от 10.01.2016, разработанная в ООО «КО Форест» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ro1910.ru/wp-content/themes/redoct/assets/ROForestCert/Dasha/7.%20.pdf>
3. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
4. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
5. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
6. 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.
7. Лесохозяйственный регламент Закамского лесничества, утв. приказом Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края от 25.12.2013 № СЭД-30-01-02-1721 (в ред. приказов Минприроды Пермского края от 31.03.2016 № СЭД-30-01-
8. Лесной кодекс Российской Федерации: принят Государственной Думой в ноябре 2006 г., одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/feder-al/codex>.
9. О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития: Указ Президента РФ от 4 февраля 1994 г. № 236.
10. Правила заготовки древесины: утв. приказом Рослесхоза от 1 августа 2011 г. № 337 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
11. Приказ Минприроды России от 28.03.2014. № 161 (ред. от 16.05.2018), [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499089869/>
12. Российский национальный стандарт FSC. Стандарт Лесного попечительского совета для Российской Федерации: FSC – STD – RUS – V6 – 1-2012 Russia Natural and Plantations EN. URL: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fsc.ru/upload/file/Russian_National_FSC_Standard_v_6_01Ru_itog.pdf.
13. Указ губернатора Пермского края № 36 от 19.04.2018 «Об утверждении лесного плана Пермского края на 2018-2027 годы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://priroda.permkrai.ru/timberraw/les_plan/.pdf

СТРУКТУРА СЕТЕЙ, ОБРАЗУЕМЫХ МАЛЫМИ ГЕОАКТИВНЫМИ ЗОНАМИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ

Рассмотрена структура сетей, образуемых малыми геоактивными зонами (далее зоны). Ранее было установлено, что такие зоны благоприятного типа встречаются с частотой 220–250 шт./га и образуют неравномерные сети. Сосна на них сохраняется в 39 раз лучше, повышает диаметр и объём ствола на 21 и 46 %, формирует леса 200-летнего возраста и её крупные деревья являются объективными биоиндикаторами таких зон. Их можно использовать для выращивания леса как энергетический каркас, где деревья подпитываются слабыми энергиями Земли, физическая природа которых пока неизвестна. Эта дополнительная энергия в лесном питомнике в условиях холодной весны увеличила грунтовую всхожесть семян ели на таких зонах в 7 раз, и поэтому они рекомендованы для выращивания посадочного материала в условиях неустойчивого климата. Вероятно, на них же образуются и цепочки деревьев в горах на границе леса, а также в условиях избыточного увлажнения. По-видимому, лесные породы эволюционировали с использованием их энергий; во всяком случае, все изучаемые нами в последние 14 лет виды деревьев высоко достоверно увеличивали на них свое долголетие, размеры и семеношение. При изучении сетей, образуемых благоприятными зонами трех типов с размерами 1.0, 3.0 и 8.0 м на четырёх участках площадью от 0.6 до 2.6 га установлено, что структура, ориентация и квазипараллельность их элементов внутри сети и между сетями определяются геодинамической активностью территорий и, возможно, расположением одного из разломов кольцевого типа Ю. И. Фивенского, проявление которого скрыто аллювиальными отложениями р. Кама, а также антропогенными изменениями ландшафта. Возможно, более обширное картографирование изучаемых сетей поможет определить центр этого кольцевого разлома, или иные источники возмущений, индуцируемых литологией и энергиями Земли.

Ключевые слова: неотектоника, геодинамические активные зоны, биолокация, растительность, древостой.

STRUCTURE OF NETWORKS FORMED BY SMALL GEOACTIVE ZONES AND GEODYNAMIC ACTIVITY OF TERRITORIES

The structure of networks formed by small geoactive zones (hereinafter referred to as zones) in the Perm Region is considered. Previously, it was found that such zones of favorable type occur with a frequency of 220-250 pcs./ha and form uneven networks. Pine trees are preserved in them 39 times better, increases the diameter and volume of the trunk by 21 and 46 %, forms forests of 200-year-old age and its large trees are objective bioindicators of such zones. They can be used to grow the forest as an energy framework, where the trees are fed by the weak energies of the Earth, the physical nature of which is still unknown.

This additional energy in the forest nursery in the conditions of cold spring increased the ground germination of spruce seeds in such areas by 7 times, and therefore they are recommended for growing planting material in an unstable climate. Probably, they also form chains of trees in the mountains on the border of the forest, as well as in conditions of excessive moisture. Apparently, the forest species evolved using their energies; in our case, all the studied tree species highly reliable increased their longevity, size, and seed production. When studying the networks formed by favorable zones of three types with dimensions of 1.0, 3.0 and 8.0 m on four sites with an area of 0.6 to 2.6 ha, it was found that the structure, orientation and quasi-parallelism of their elements within the network and between the networks are determined by the geodynamic activity of the territories and, possibly, the location of one of the faults of the ring type Yu.I. Fivensky, the manifestation of which in the place of study is hidden by alluvial deposits of the Kama River, as well as anthropogenic changes in the landscape. Perhaps more extensive mapping of the studied networks will help to determine the center of this ring fault, or other sources of disturbances induced by the lithology and energies of the Earth.

Key words: neotectonics, geodynamic active zones, biolocation, vegetation, stand of trees.

В работе рассмотрена структура сетей, образуемых малыми геоактивными зонами (далее МГА-зоны, или просто зоны). Такие зоны благоприятного типа встречаются с частотой 220–250 шт./га и образуют неравномерные сети. Выяснилось, что сосна формирует на них 89 % деревьев-лидеров и достоверно повышает диаметр ствола в среднем на 21 % в сравнении с местами без зон. Их можно использовать для выращивания леса как энергетический каркас, благодаря которому древостой получает подпитку слабыми энергиями Земли, физическая природа которых пока мало изучена (Рогозин, Михалев, Рыбальченко, 2020) [249]. Постепенно удалось выяснить, что на территориях с разной геодинамической активностью (Копылов, 2014) [3] меняется структура их сетей и амплитуда миграции зон (Рогозин, Копылов, Красильников, 2017) [9]. Удалось доказать, что сосна на таких благоприятных зонах сохраняется в 39 раз чаще, формируя леса-долгожители 200-летнего возраста и крупные деревья в них являются объективными биоиндикаторами таких зон (Рогозин, Красильников, 2017) [8].

Структура зон не простая и включают центральную часть с поясом депрессии, где деревья погибают, и пояс комфорта в средней части зоны и на периферии, где диаметры и объёмы стволов возрастают, соответственно, на 21 и 46%. Есть и протяженные территории, занимающие 39% площади, которые образуются из попарно соединённых зон размером 1.0 м; внутри таких цепей-полос шириной 5–14 м пространство также благоприятно. На таких полосах в лесном питомнике в условиях холодной весны обнаружено увеличение грунтовой всхожести семян ели в 7 раз. Такие полосы рекомендованы для выращивания посадочного материала в лесных питомниках в условиях неустойчивого климата; вероятно, на них же образуются и цепочки из деревьев в горах на границе леса, а также в условиях избыточного увлажнения территорий (Рогозин, Михалев, Рыбальченко, 2020) [7].

Важно рассматривать данные явления с точки зрения эпигенетики (наука о проявлении генетических задатков организма в разных условиях). Это поможет раскрыть механизм использования растениями сверхслабых энергий изучаемых геоактивных зон. По-видимому, лесные породы эволюционировали

с использованием их энергий; во всяком случае, все изучаемые нами в последние 14 лет виды деревьев высоко достоверно увеличивали на них свое долголетие, размеры и семеношение (Рогозин, Михалев, Рыбальченко, 2020) [7].

Неожиданно оказалось, что деревья и сами индуцируют слабые энергетические поля и их интенсивность различна по видам растений и резко возрастает в период вегетации (Горелов, 2014; Горелов и др., 2020) [1, 2]. Информацию об этих явлениях человек получает биолокационным методом, который входит как один из методов в эниологию – научное направление, изучающее явления природы с позиций энергоинформационного обмена (Ханцеверов, 1996) [12].

Совершенно другие вопросы, связанные с новейшей селекцией растений, описаны в недавно вышедшей книге трех выдающихся российских генетиков. В научно-популярной форме они описали современные методы выведения новых сортов сельскохозяйственных растений и выдвинули идею «эпигенетического пианино» (Попов, Драгавцев, Малецкий, 2020) [6]. Сразу после прочтения этой книги нам представилось, что «пианино-организм» *заставляет играть* Природа. И у неё есть способы не только нажать, но и усилить звуки его клавиш. Причём нажать такие клавиши, о которых мы даже не подозревали, используя, например, слабые энергии Земли.

Недавно появилась наука «геоматика» – математическая космогеология. Её прикладным направлением являются космогеологические исследования, где изучают геологические факторы, формирующие линейные и кольцевые разломы различного генезиса на поверхности Земли. В частности, спирально-кольцевые мегаструктуры, имеющие мантийное заложение, которые генерируют многочисленные дочерние структуры с размерностью в первые сотни – первые тысячи метров. Их обнаружение зарегистрировано как научное открытие, с объяснением их образования кольцевыми микросейсмическими «встряхиваниями» поверхности Земли каждые 6–10 секунд, и в них есть свои клавиши – кольца (блоки) воздымания и опускания; на 1 км² их может насчитываться несколько сотен (Фивенский, 2002; 2006) [10, 11].

Упомянутые структуры Ю.И. Фивенского мы изучали в заповеднике «Вишерский». Они непосредственно влияют на сети из МГА-зон, которые в свою очередь сильнейшим образом индуцируют появление деревьев-лидеров и кольцевых биоструктур из многолетних растений в подгольцовом поясе, а также появление на склонах гор множества цепочек из деревьев, ясно видимых на космоснимках. На блоках микросейсмического опускания с максимальной проницаемостью, по-видимому, как раз и появляются супер-деревья и их цепочки в местах локализации МГА-зон. По-видимому, через них проявляет себя глубинный энергопоток Земли, и он усиливает звучание «клавиш продуктивности» в геноме деревьев. Такие исследования можно с полным правом относить уже к *геофитоценологии*, как науки более высокого ранга, где есть место взаимодействию генотип-среда с энергиями Земли и включению-выключению после такого взаимодействия «спящих» генов ДНК (Рогозин, Михалев, Рыбальченко, 2020) [7].

Поэтому чрезвычайно интересно связать геодинамическую активность территорий со структурой сетей из МГА-зон. Эти связи, как мы надеемся, позволят перекинуть «мостик» между неотектоникой и биотой.

Цель исследования: изучить сети, формируемые благоприятными зонами с размерами 1.0, 3.0 и 8.0 м на территориях с разной геодинамической активностью в пределах Пермского края.

Объекты и методика работ

Изучение малых геоактивных зон началось в 2008 г. Первой была выбрана, как потом выяснилось, спокойная в геодинамическом отношении территория (Копылов, 2012, 2018) [4, 5], расположенная в Ильинском районе к северу от п. Васильевское в кв. 41 Ильинского лесничества. До того здесь изучались вопросы лесной селекции в лесных культурах ели. В этих культурах мы изучили участок 1 площадью 0.62 га, где нанесли на план 8 типов сетей, образуемых малыми геоактивными зонами. Спустя 8 лет выяснилось, что картина их структуры здесь сильно отличается от их структуры в других местах Пермского края. Поэтому для подтверждения обнаруженных отличий недалеко от участка 1 заложили участок 2 большей площади (1.6 га), расположенный на ровном поле с уклоном на юг от 1° у северной кромки поля до 6° у южной границы. На части этого поля появилось возобновление ели, имевшее возраст 14 лет на осень 2016 г. На участке размером 110×155 м сделали разбивку площади с нанесением условной координатной сетки 5×5 м и нанесли на плане все поселившиеся деревья ели. После этого осуществляли биолокацию территории и на схему в масштабе 1:500 нанесли центры МГА-зон пяти типов, из которых в данной работе рассмотрены три типа.

Аналогичные работы проводились на участках 3 и 4, расположенных в лесах Кировского района г. Пермь. Используемые в данной работе методика выделения территорий с разной геодинамической активностью (Копылов, 2012, 2014, 2018) [3, 4, 5], геоструктурометрический анализ и биолокационный метод описаны ранее (Рогозин, Михалев, Рыбальченко, 2020) [7]. При этом мы использовали опыт и наработки, полученные при анализе растительности заповедника «Вишерский» на территориях с высокой геодинамической активностью.

Картирование территорий и выстраивание сетей проводили в полевых условиях на абрисах в масштабе 1:500, после чего переносили данные в электронный формат в программе «ArcMap-ArcView». Анализ пространственного расположения сетей МГА-зон осуществляли визуальным сравнением их общей ориентации и структуры.

Анализ результатов

Участки 1 и 2 расположены, как отмечалось выше, на спокойной в геодинамическом отношении территории (Копылов, 2018) [4], на северной оконечности Оханско-Верещагинской возвышенности с перепадом высот от 290 м на вершине ближнего холма до 130 м в долине р. Гаревая.

Расположение участков показано на космоснимке высокого разрешения (рис. 1) и на цифровой модели рельефа (рис.2).

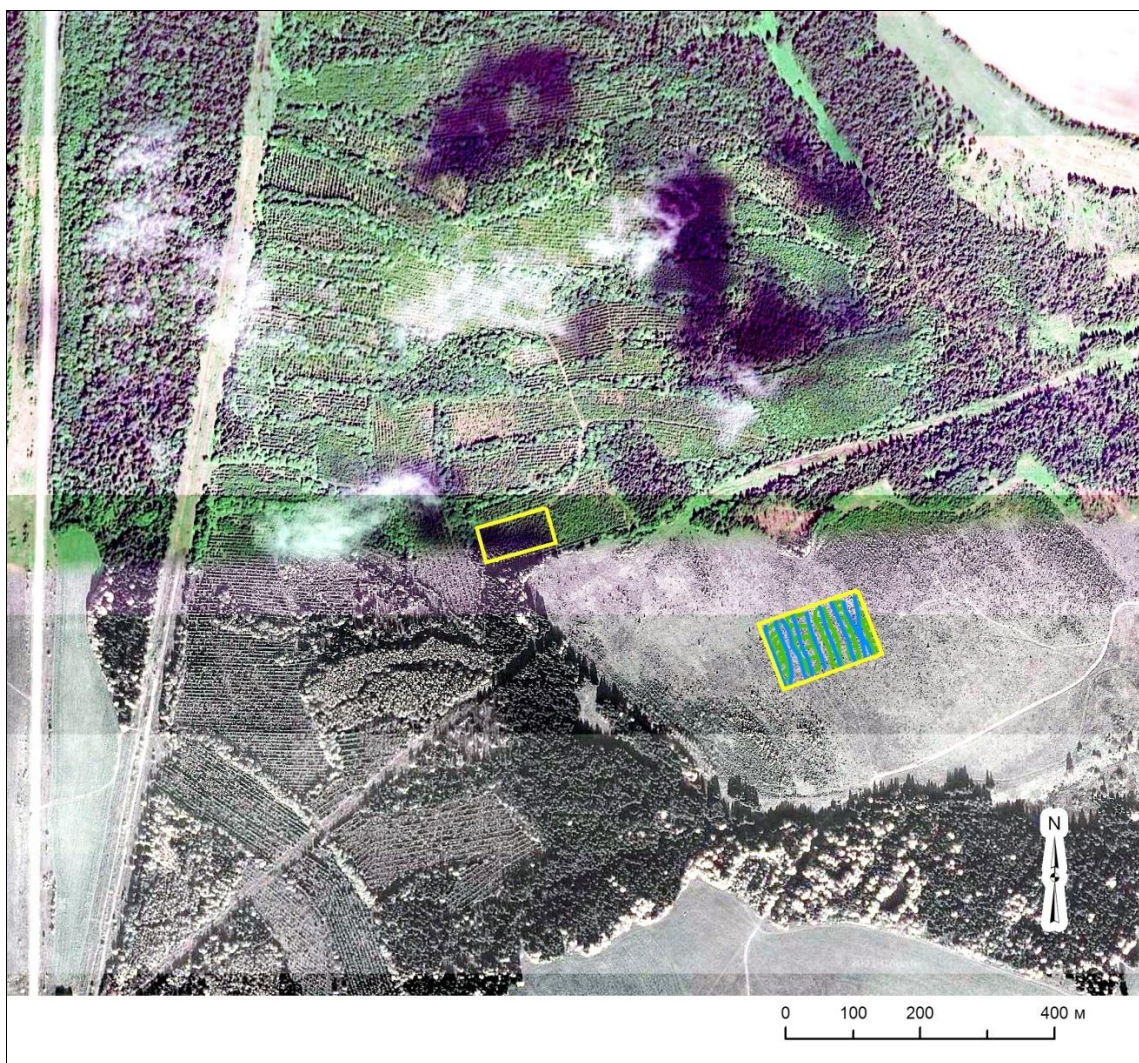


Рис.1. Положение участков 1 и 2 на территории в 1.8 км севернее п. Васильевское Ильинского района. Участок 1 (малый) – культуры ели, площадь 0.62 га; участок 2 площадью 1.6 га (большой) – естественное поселение ели на старой пашне

На рисунках видны два прямоугольника – это опытные участки с картированием сетей МГА-зон. Участки расположены на юго-восточном ровном и пологом склоне возвышенности с уклонами от 1 до 3–6° в её средней части, ограниченной с запада и востока двумя глубокими ложбинами с водотоками, между которыми расположено большое поле, зарастающее лесом с 2003 года. Поле примыкает к п. Сюзи, где имеется один жилой дом.

После выстраивания сетей МГА-зон выяснилось, что сети из МГА-зон ориентированы вдоль склона в направлении северо-северо-запад (рис. 3).

Участок 2 расположен в центре поля, зарастающего молодым еловым лесом. Здесь, на относительно спокойной в геодинамическом отношении части территории (по И. С. Копылову, 2018) [4] «средняя и низкая геодинамическая активность», обнаружена высокая упорядоченность сетей, образуемых МГА-зонами. Общую картину их структуры можно назвать в определенном смысле квазипараллельной (рис. 3).

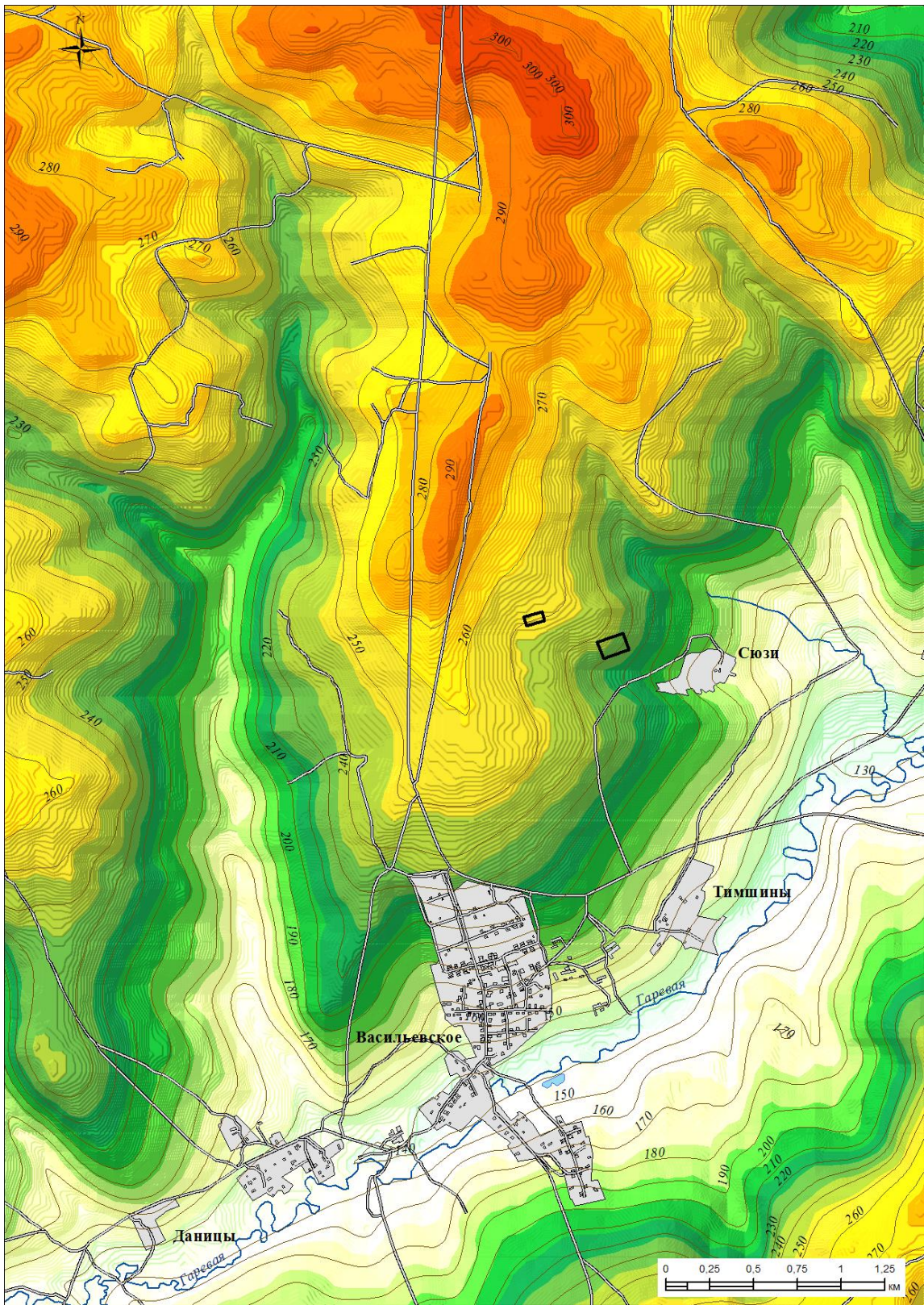


Рис. 2. Цифровая модель рельефа исследуемой территории.

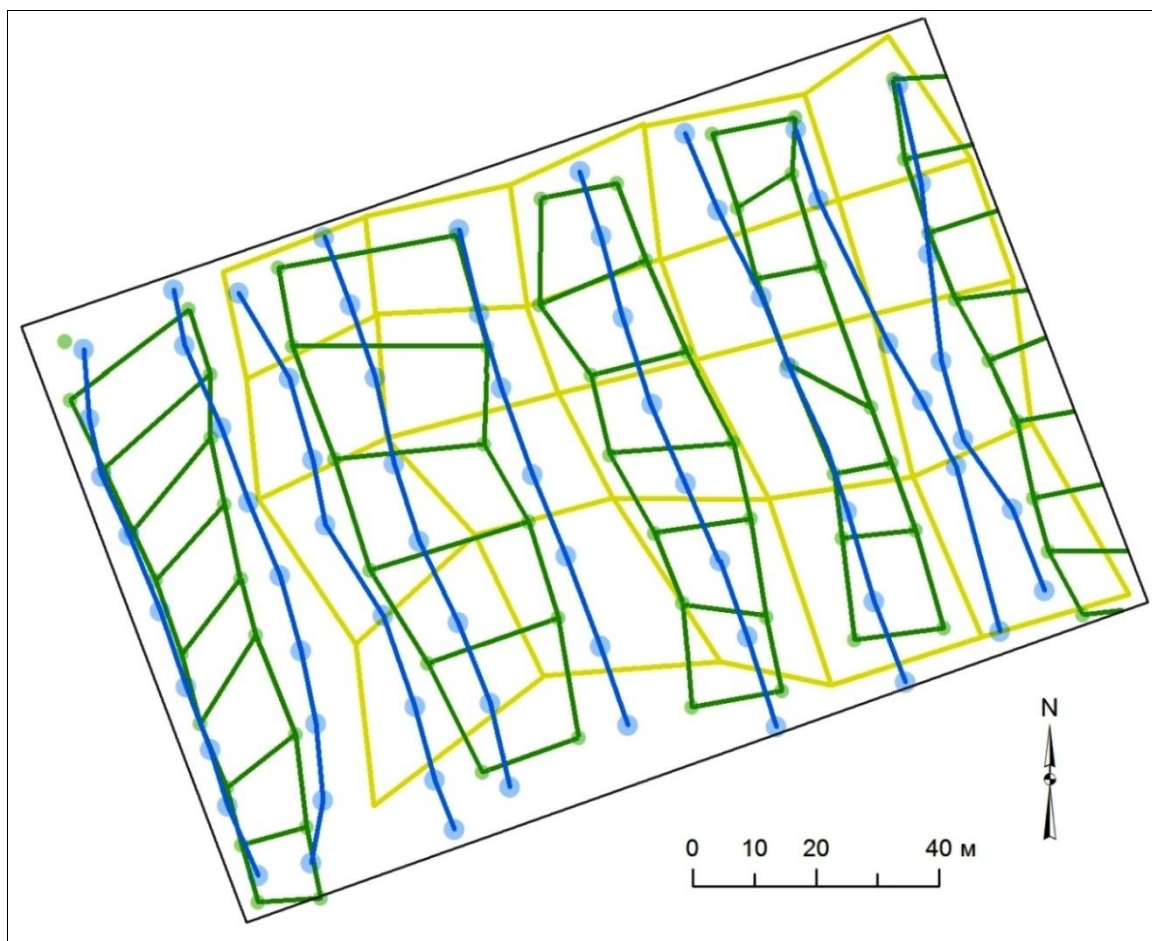


Рис. 3. Участок 2 на спокойной в геодинамическом отношении территории. Сети из МГА-зон с размерами зон: зеленые линии – зоны 1.0 м; синие линии – зоны 3.0 м; желтые линии – зоны 8.0 м. Общая площадь 1.6 га. Координаты центра участка: N58° 27' 16''; E 55° 50' 35''.

На Карте аномального магнитного поля России [vsegei.ru>Информационные ресурсы>atlas/mag] масштаба 1:2 500 000 эта территория расположена в нормальном по магнитной интенсивности поле, с амплитудой аномалий вблизи нулевых отклонений.

Участок 3 расположен в лесах Кировского района г. Пермь, в центре широкой меандры р. Кама. Территория характеризуется высокой геодинамической активностью (Копылов, 2018) [4], и здесь все сети буквально «перепутаны», а их направление меняется местами на 30-40° (рис. 4).

Так, на этой площади размером 2.2 га сеть из зон 1.0 м в виде парных цепей зеленого цвета имеет 19 (!) нарушений структуры, в том числе:

- изломы в направлении одной из сторон цепи почти на 90° в 9 случаях;
- сильное сближение соседних цепей в 2-х случаях;
- образование почти треугольных ячеек в 7 случаях, включая 4 случая с вдавливанием угла внутрь ячейки.

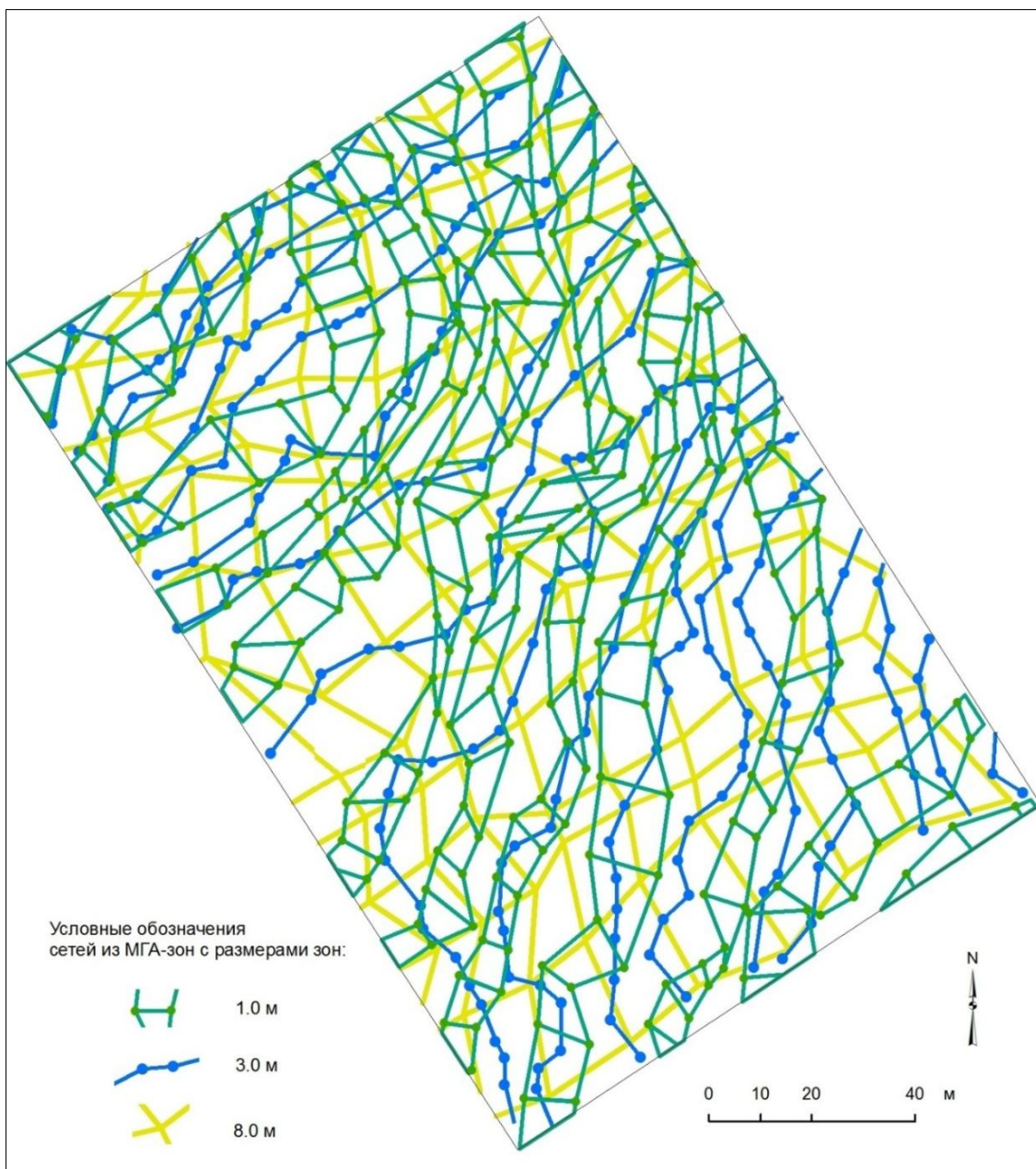


Рис. 4. Участок 3 на территории с высокой геодинамической активностью в кв. 1 Нижне-Курьинского участкового лесничества в старом сосняке (0.7 км на юго-запад от остановки автобуса «ТЭЦ-14» в Кировском районе г. Пермь).

Общая площадь 2.2 га. Координаты центра участка:
 $N58^{\circ} 00'45''$; $E55^{\circ}52'46''$.

Цепи из зон 1.0 м имеют в целом северо-север-восточное направление, а сеть из зон 8.0 м – северо-север-западное с различием $30-35^{\circ}$. Сеть из зон 3.0 м также меняет направление от южной части участка к северной примерно на такую же величину.

Чем вызвана такая рассогласованность направлений этих сетей пока неясно. Возможно, различия в их ориентации обусловлены мозаичной структурой геодинамического поля и влиянием линейментов разного генезиса (Копылов, 2012; 2014) [4, 5], а также разломов кольцевого типа (Фивенский,

2006) [11], проявление которых на поверхности «смазано» аллювиальными отложениями р. Кама мощностью до 10–12 м, а также антропогенными изменениями в лесах, и поэтому обнаружить их здесь по внешним геоморфологическим признакам затруднительно. При этом по долине р. Кама проходит один из крупных региональных тектонических разломов северо-восточного простирания, установленный инструментально геофизическими методами. С направлением этого крупного разлома совпадают стороны ячеек сети из зон размером 8.0 м (Рогозин, Копылов, Красильников, 2017) [9].

Участок 4 расположен в пределах всё той же меандры р. Кама, в 8.0 км на северо-восток-восток от участка 3, на территории с очень высокой геодинамической активностью (Копылов, 2018) [4]. Общий вид структуры трёх типов сетей МГА-зон показан на рис. 5.

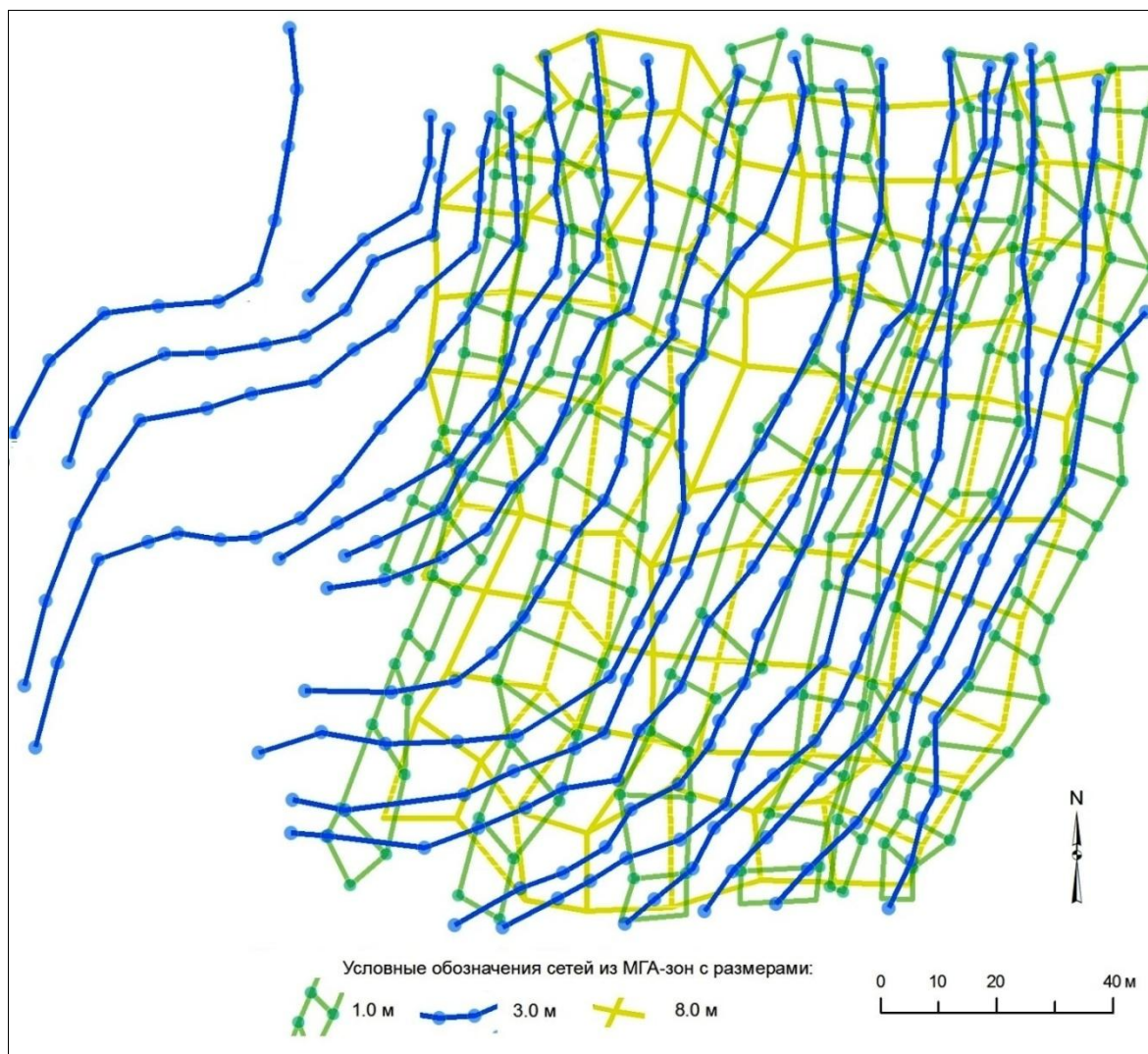


Рис. 5. Участок 4 на территории с очень высокой геодинамической активностью в кв. 43 Нижне-Курьинского участкового лесничества, в культурах сосны (0.7 км севернее окончания ул. Каляева в Кировском районе, г. Пермь).

Площадь нанесения сетей 2.6 га. Координаты центра участка: N58°02'13'';
E56°00'18''

Здесь изучаемые сети выстроены пока не до конца, и работы будут продолжены. Дело в том, что прежде, чем наносить эти сети, на план с высокой точностью в течение 2 лет мы наносили свыше 2 тыс. пронумерованных деревьев сосны в возрасте 55 лет, которые в 1967 г. были высажены здесь рядами как лесные культуры. Это была самая трудоемкая работа. Но когда все деревья нанесли на план, то уже к ним, как постоянным координатам, привязывали центры всех изучаемых зон.

Отметим, что уже сейчас на участке 4 хорошо видны важные особенности структуры изучаемых сетей. Так, сеть из зон 3.0 м слева и внизу плавно меняет направление почти на 90° , а затем её линии возвращаются на прежнее общее направление север-юг. Между тем сети из зон 1.0 м и 8.0 м сохраняют квазипараллельность как внутри своей сети, так и между собой. При этом на востоке к этой квазипараллельности присоединяется всего лишь одна из тринадцати линий из сети зон размером 3.0 м; все же остальные её линии плавно меняют направление с южного на юго-западное и западное.

По-видимому, на северо-западе этого участка находится какой-то центр возмущения, на который реагирует только сеть из зон 3.0 м, а на другие сети он не действует (по крайней мере, на ту часть их сетей, которая уже выстроена и показана на рис. 5). Чрезвычайно интересно выяснить, что представляет собой этот центр возмущения с геофизической точки зрения. После выстраивания структуры всех сетей будет понятно, насколько по-разному они реагируют на него. Возможно, они изменят направление или отразят его наличие резкими изменениями структуры там, где этот центр локализован.

Вероятно, центром такого возмущения будет кольцевая структура мантийного заложения размером в несколько сотен метров, подобная тем, которые мы изучали в заповеднике «Вишерский». Однако там из-за дефицита времени полная сеть МГА-зон не строилась, а выстраивали фрагменты сетей в виде так называемых «треков» – маршрутов протяженностью 120–350 м, идущих от одной зоны к другой. Треки прокладывали в местах концентрации линейных и кольцевых разломов разного генезиса в долине р. Вишера. Всего проведён анализ 11 треков, соединяющих, однако, только один тип МГА-зон размером 8.0 м, а треки через зоны 1.0 и 3.0 м там были проложены лишь частично. Оказалось, что ориентация этих треков в 82% случаев сопряжена с тектоническими разломами и флюидизатно-эксплозивными кольцевыми структурами размерностью от сотен метров до первых километров. Коренные горные породы там выходят на поверхность, и проявления неотектоники хорошо заметны как по морфометрии территорий, так и по отражению особенностей рельефа на космоснимках и цифровых моделях рельефа. При этом общее направление треков, проходящих через зоны размером 8.0 м, плавно менялось почти на 90° , и на это изменение влияли как разломы мантийного заложения, так и кольцевые структуры, расположенные в непосредственной близости (Рогозин, Михалев, Рыбальченко, 2020) [7]. Эти факты придают нам уверенности в том, что структура сетей из МГА-зон меняется не случайно, а обусловлена неотектоническими проявлениями разного

генезиса, влияние которых на структуру растительности ещё только начинает изучаться.

Заключение

Таким образом, при изучении сетей, образуемых малыми геоактивными зонами трех типов с размерами 1.0, 3.0 и 8.0 м на четырех участках площадью от 0.6 до 2.6 га установлено, что структура, общая ориентация и квазипараллельность их элементов внутри сети и между сетями определяются геодинамической активностью территорий и, возможно, расположением одного из разломов кольцевого типа Ю. И. Фивенского, проявление которого в месте исследования скрыто аллювиальными отложениями р. Кама, а также антропогенными изменениями ландшафта. Возможно, более обширное картографирование изучаемых сетей поможет определить центр этого кольцевого разлома, или иные источники возмущений, индуцируемых литологией и энергиями Земли.

Библиографический список

1. Горелов А.М. Эколого-морфологические основы концепции фитогенного поля. Автореф. докт. дис. специальность 03.00.05. ботаника. Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины. Киев, 2014. 39 с.
2. Горелов А.М., Миколайко В.П., Красноштан И.В. Введение в эниодендрологию. Киев: ФЛП Ямчинский А. В., 2020. 138 с.
3. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
4. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
5. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
6. Попов Е.Б., Драгавцев В.А., Малецкий С.И. Три кита эконики. Истоки и перспективы нового направления в общей биологии. СПб: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2020. 132 с.
7. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я. Лесные экосистемы и факторы неотектоники [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2020. 249 с.
8. Рогозин М.В., Красильников П.А. Леса-долгожители вблизи города Перми и их структура // *Антропогенная трансформация природной среды*. Вып. 3. Пермь: ПГНИУ, 2017. С.165-168.
9. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 223-227.
10. Фивенский Ю.И. Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры / *Научное открытие*. Диплом ОТП РАН № 02-д/02 от 22.10. 2002.
11. Фивенский Ю.И. Использование материалов аэрокосмических съёмок для изучения земной коры // *Геодезия и картография*. 2006. №1. С. 44-52.
12. Ханцеверов Ф.Х. Эниология. Т. 1. М., 1996. 282 с.
13. Vsegei.ru. Информационные ресурсы. atlas/mag. Карта аномального магнитного поля России.

**ПЕРЕОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПО ВОДОЗАБОРНОМУ УЧАСТКУ
ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД «СВЕТЛОГОРСКИЙ, СКВАЖИНА
№ 2301»**

Изучены инженерно-геологические условия участка недр «Светлогорский, скважина № 2301», расположенного в Завьяловском районе Удмуртской Республики. Рассмотрены гидрохимические особенности подземных вод верхнеуржумского карбонатно-терригенного комплекса, приуроченные к «верхней» подзоне зоны пресных вод. Проведена переоценка запасов пресных подземных вод по категории «В» в объеме перспективной потребности 39,0 м³/сут. для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

Ключевые слова: водоснабжение, водоносный комплекс, скважина, дебит, гидрогеологические параметры, запасы подземных вод, категория

M.M. Sanklo

PJSC «Gazprom Spetsgazavtotrans», Izhevsk, Russia

**REMEASUREMENT OF INVENTORIES AT THE WATER INTAKE
LOT OF FRESH GROUNDWATER "SVETLOGORSKY, WELL № 2301"**

Engineering-geological conditions bowels site "Svetlogorsky, well number 2301" located in Zavyalovsky District, Udmurt Republic are studied. Considered hydrochemical characteristics of groundwater upper Urzhum carbonate-terrigenous complex, dedicated to the "upper" subzone zone of fresh water. Re-evaluation of reserves of fresh groundwater in category "B" in the amount of future needs 39 cubic meters/day for economic, drinking and industrial water supply.

Keywords: water supply, aquifer system, borehole, flow rate, hydrogeological parameters, groundwater reserves, category

Введение

Изучение гидрогеологических и гидрохимических особенностей пресных подземных вод (ППВ) верхнеуржумского карбонатно-терригенного комплекса с целью переоценки запасов ППВ. является важной гидрогеологической задачей для Удмуртской Республики (УР). При этом необходимо определение достаточности полученных данных для определения гидрогеологических параметров, обоснования природной гидрогеологической модели участка недр, переоценки запасов подземных вод и обеспечения эффективного решения геологических задач.

Район исследований в административном отношении расположен на территории Игринского и частично Красногорского районов Удмуртской Республики, в 13 км северо-западнее районного центра п. Игра.

Состояние геолого-гидрогеологической изученности района работ

Изучение геологического строения территории Удмуртии и прилегающих земель началось в конце XIX века и до середины 40-х годов XX века носило общий характер.

С середины 60-х годов началось систематическое и планомерное изучение геолого- гидрогеологических условий территории Удмуртии. Геологоразведочные работы на нефть, строительные материалы, инженерно- геологические и гидрогеологические изыскания, проведенные различными организациями в эти годы, позволили достаточно детально изучить район исследования. В результате в 1970 году составлена геологическая карта Волго- Уральской нефтеносной провинции М 1:300 000, и вышел фундаментальный труд по гидрогеологии Поволжья и Прикамья под ред. Афанасьева Т.П. [1].

Выполнен ряд работ тематического характера, в частности составлены каталоги эксплуатационных на воду скважин, колодцев и родников УАССР 1968-1970 гг.

В 1993 г. Гулыниным А.В. завершаются поисковые работы для водоснабжения с. Дебесы в ходе, которых выявлено Дебесское месторождение ППВ.

В 1999 г. Севанько Н.А. на основе интерпретации данных структурного бурения построены карты мощности зоны пресных подземных вод по всей территории УР, в том числе по Игринскому району [7].

В 2002 г. Сентяковым А.В. закончен второй этап работ по оценке обеспеченности населения УР ресурсами подземных вод для хозяйственно- питьевого водоснабжения [17].

В 1970 г. Чумаковым О.Е. и Сушковым В.Т. проведена геолого-гидро- геологическая съемка масштаба 1:200 000, изучены геологическое строение и гидрогеологические условия бассейна верховьев р. Кильмезь, лист О-39-XXIII [21], которая позволила расчленить верхнепермские отложения в описываемом районе. Изучены и расчленены по генезису и возрасту четвертичные отложения, уточнены тектоника и геоморфология района, дана качественная и количественная характеристика подземных вод на глубину 250 – 300 м.

В 2009 гг. составлен отчет «Оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод по одиночному водозабору (скважина № 2301) в пределах Светлогорского месторождения нефти» [18]. В процессе работ были изучены геологическое строение, гидрогеологические условия, проведены опытно- фильтрационные работы с целью уточнения гидродинамических параметров продуктивного верхнеуржумского карбонатно-терригенного комплекса в условиях промышленной эксплуатации водозабора. Оценено качество пресных подземных вод и дан прогноз сохранения качества воды на проектный срок работы водозабора. На основании выполненного анализа и данных опытно- фильтрационных работ произведен подсчет эксплуатационных запасов пресных подземных вод для одиночной скважины в напорном неограниченном пласте.

В 2010 г. утверждены запасы ППВ для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения в объеме 39,0 м³/сут по категории В на 5-летний срок эксплуатации.

В июне 2010 г. Распоряжением Правительства Удмуртской Республики утверждена зона санитарной охраны водозаборной скважины на основании полученного санитарно-эпидемиологического заключения.

В декабре 2010 г. ТКР Удмуртнедра согласован первый технологический документ «Проект одиночного водозабора и зоны санитарной охраны (скважина № 2301) Светлогорского месторождения нефти»

Анализируя имеющуюся геолого-гидрогеологическую информацию, можно с достаточной степенью надежности дать геологическую и гидрогеологическую характеристику района работ, оценить естественные запасы и ресурсы ППВ, выявить основные гидрохимические закономерности развития ППВ в плане и в разрезе.

Дальнейшие геологоразведочные работы должны базироваться на опыте эксплуатации водозабора в период с 2010 по 2014 г.г. и быть направлены на переоценку запасов по промышленным категориям на срок эксплуатации 25 лет.

Геологическое строение и гидрогеологические условия района работ изучены по материалам геологосъемочных работ [2, 21]. Глубина изучения составляет 140 м.

Район работ на глубину развития ППВ сложен мощной толщей красноцветных отложений уржумского яруса биармийского отдела перми, перекрытых маломощным чехлом четвертичных отложений.

Выделенный участок недр находится в зоне формирования и транзита подземных вод. Подземные воды комплекса субнапорные. Величина естественных ресурсов пресных подземных вод значительно превышает величину запасов, которые формируются в процессе работы водозаборного сооружения.

Водозаборной скважиной каптируется водоносный верхнеуржумский карбонатно-терригенный комплекс (P_{2ur2}). Водоносные прослои комплекса опробованы совместно и образуют многопластовую гидравлически связанную между собой систему. Суммарная мощность каптированных водовмещающих прослоев комплекса 35 м.

Характеристика структурно-тектонических условий района.

В тектоническом отношении Красногорское месторождение расположено в зоне сочленения Татарского свода и Верхнекамской впадины. Кристаллический фундамент в зоне месторождения скважинами не вскрыт. Представление о глубинах залегания и его строении основываются на материалах интерпретации геофизических данных. Последние указывают на то, что кристаллический фундамент залегает на глубинах до 4,5-4,6 км. Район находится в зоне повышенной неотектонической трещиноватости в формировании которой основное влияние оказывают неотектонические движения и геодинамическая активность [4-10, 19, 20].

Гидрохимические особенности участка недр.

Гидрохимическая зональность подземных вод Предуралья рассматривалась в первой половине XX века В.И. Вернадским, Н.К. Игнатовичем, Н.И. Толстухиным и другими. Уже к 70-м годам прошлого века

выделены зона интенсивного водообмена, зона затрудненного водообмена и зона весьма затрудненного водообмена [1]. В основу выделения гидрохимических зон была положена степень минерализации воды.

В конце 90-х и начале 2000-х годов при работах, связанных с водоснабжением Ижевска, Б.В. Боревским и В.В. Сидоркиным (ЗАО «ГИДЭК») впервые введено понятие метаморфизации пресных подземных вод и выделены «верхняя», «средняя» и «нижняя» подзоны зоны пресных вод в верхнепермских отложениях.

В «верхней» подзоне метаморфизация подземных вод происходит по так называемому «континентальному» типу, что приводит к формированию гидрокарбонатных магниево-кальциевых вод с околонеутральным рН, умеренно жестких и жестких.

В «нижней» подзоне метаморфизация подземных вод происходит по так называемому «морскому» типу, что приводит к формированию гидрокарбонатных натриевых (содовых) вод. Воды становятся щелочными, мягкими и очень мягкими [12].

Воды, приуроченные к «средней» подзоне имеют смешанный катионный состав и относятся к водам высшей категории качества и полностью соответствуют питьевым стандартам.

Подземные воды верхнеуржумского карбонатно-терригенного комплекса, выводимые скважиной № 2301, приурочены к «верхней» подзоне зоны пресных вод. Но поскольку данной скважиной каптируются одновременно все три подзоны зоны пресных вод, наблюдаются следующие изменения химического состава.

Характеристика качества пресных подземных вод.

Воды являются пресными с минерализацией от 0,59 до 0,97 г/л. Содержание основных компонентов за период с апреля 2009 г. по май 2014 г. выражается в следующих значениях, мг/дм³: гидрокарбонаты 166-201,3; хлориды 181-314; сульфаты 10,0-79,0; кальций 43,9-90,2; магний – 27,4-54,9; натрий 21,2-96,0. Азотсодержащие вещества (нитриты, нитраты и аммоний) присутствуют в незначительных количествах, их содержание не превышает допустимых норм.

Воды от жестких до очень жестких: 7,3 – 10,93 Ж⁰, водородный показатель варьирует от 7,4 до 8,6 ед. рН. Значение цветности составляет 0-5 градусов. Мутность <1,0 ЕМ/дм³ (по формазину). Содержание молибдена <0,025 мг/дм³, цинка <0,01 мг/дм³, марганца <0,001 – <0,06 мг/дм³ - не превышает допустимых норм. Окисляемость изменяется от <0,25 до 1,84 (при норме 5,0 мг/дм³). Содержание железа в единичной пробе (2012 г.) превышает ПДК: 0,51 мг/дм³ (при норме 0,3 мг/дм³)

По микрокомпонентному составу превышение нормы ПДК обнаружено для бария 0,83 мг/дм³ (2009 г.) 1,8 мг/дм³ (2012 г.) при норме 0,2 мг/дм³. Содержание бора не превышает ПДК.

По бактериологическим показателям воды, выводимые скважиной № 2301, соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Воды здоровые.

Содержание радиологических веществ в воде соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Воды безопасны в радиологическом отношении.

Изучение достаточности полученных данных для определения гидрогеологических параметров, обоснования природной гидрогеологической модели участка недр, подсчета (переоценки) запасов подземных вод и обеспечения эффективного решения геологических задач

Методика опытно-фильтрационных работ (ОФР) в июле 2013 г. на скважине № 2301 была направлена на подтверждение гидродинамических параметров, полученных в ходе ОФР в 2008 г. Штатный насос и байпасная система с возвратом воды в ствол скважины не позволяют создать существенную нагрузку на пласт. Восстановление уровня происходит в течение нескольких минут, поэтому было принято решение провести только восстановление уровня. Высокая сходимости в полученных значениях статического уровня позволяет сделать вывод о возможности использования гидродинамических параметров, полученных в ходе ОФР в 2008 г. (табл. 1) для переоценки запасов подземных вод и обеспечения эффективного решения геологических задач.

Таблица 1

Сведения об ОФР, выполненных на скважине № 2301

| Дата проведения | Вид исследований | Ст. уровень, м | Дебит, м ³ /сут (л/с) | Удельный дебит, (л/с)/м |
|---|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | | | Понижение, м | |
| 28-31.10.1984 г. | Строительная откачка | 8 | <u>383,6 (4,44)</u> | 0,246 |
| | | | 18 | |
| | | | <u>479,5 (5,55)</u> | 0,231 |
| | | | 24,0 | |
| 24-25.09.2008 г. | Одинокная откачка | (7,61 + 1,65) = 9,26* | <u>153,8 (1,78)</u> | 0,274 |
| | | | 6,49 | |
| 24-25.07.2013 г. | Восстановление уровня | 9,29 | - | - |
| Средние значения гидродинамических параметров по данным ОФР | | 9,27 | | 0,274 |

* - значение статического уровня, приведенное к поверхности земли

Обоснование расчетных гидрогеологических параметров для переоценки запасов

Основным методом для оценки запасов на действующем водозаборе, выведенном на промышленную нагрузку, является гидравлический метод. Но в период опытно-промышленной эксплуатации с 2009 по 2014 гг. водоотбор по участку ППВ «Светлогорский, скв. № 2301» не превышал 29,0 м³/сут, а в ходе геологоразведочных работ (ГРР) 2013 – 2014 гг. составлял не более 6,52 м³/сут при заявленном водоотборе 39,0 м³/сут.

Поэтому для переоценки запасов использован гидродинамический метод. Гидродинамические параметры для участка ППВ приняты на основании ГРР 2008 г. [18]. Возможность использовать гидродинамические показатели,

полученные в 2008 г., для переоценки ЗППВ доказана ОФР в июле 2013 г. и результатами режимных наблюдений в 2013 – 2014 г.г.

Величина понижения уровня в скважине № 2301, рассчитанная гидродинамическим методом, составляет 2,38 м. при допустимом понижении в 23,0 м. и определена по формуле:

$$S = \frac{0.366Q}{km} \cdot \left(\lg \frac{1.5\sqrt{at}}{r} + 0.434\zeta \right)$$

0,366 – безразмерный коэффициент;

S – понижение уровня в скважине, м.;

Q – дебит скважины, 39,0 м³/сутки;

km – коэффициент водопроницаемости, 35,8 м²/сутки;

a – коэффициент пьезопроводности, 1·10⁵ м²/сутки;

t – расчетное время работы водозабора, 9125 сутки;

ζ – несовершенство скважины, 0,8;

r – радиус скважины, 0,1095 м.

$$S = \frac{0,366 \cdot 39,0}{35,8} \cdot \left(\lg \frac{1,5\sqrt{10^5 \cdot 9125}}{0,1095} + 0,434 \cdot 0,8 \right) = 2,38 \text{ м}$$

Условие $S_{\text{расч.}} \leq S_{\text{доп}}$ выполняется.

В заключение необходимо отметить, что проведенная переоценка запасов ППВ основана на следующих видах работ:

1. Сбор, систематизация, анализ фондовых материалов.
2. Обследование водозабора.
3. Опытнo-фильтрационные работы при отключении потребителя.
4. Режимные наблюдения за водоотбором и уровнем воды в скважине.
5. Гидрохимическое опробование и лабораторные работы.
7. Камеральная обработка данных.

Выводы

1. Анализируя информацию о геолого-гидрогеологической изученности рассматриваемой территории, можно с достаточной степенью надежности дать геологическую и гидрогеологическую характеристику района работ, оценить естественные запасы и ресурсы пресных подземных вод, выявить основные гидрохимические закономерности развития пресных подземных вод в плане и в разрезе.

Дальнейшие геологоразведочные работы базируются на опыте эксплуатации водозабора в период с 2009 по 2014 гг. и направлены на переоценку запасов по промышленной категории на 25-ти летний срок эксплуатации.

2. Величина естественных ресурсов пресных подземных вод значительно превышает величину запасов, которые формируются в процессе работы водозаборного сооружения.

3. Высокая сходимость значений статического уровня в ходе ОФР 2008 и 2013 гг. (9,26 и 9,29 м соответственно) позволяет сделать вывод о возможности использования гидродинамических параметров, полученных в ходе ОФР 2008 г.,

для переоценки запасов и обеспечения эффективного решения геологических задач.

4. За период эксплуатации водозабора с 1984 г. (более 30-ти лет) существенных изменений качества пресных подземных вод не отмечено. Данные лабораторных исследований проб воды, выводимой скважиной № 2301, показывают соответствие требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Водозабор работает в установившемся гидрохимическом режиме.

5. В результате переоценки запасов пресных подземных вод по категории В подтверждена возможность получения воды в объеме перспективной потребности 39,0 м³/сут для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения на 25-ти летний срок эксплуатации. Группа запасов по целевому назначению – балансовые. Группа участка по степени изученности – разведанный (Протокол ТКЗ Приволжскнедра).

Библиографический список

1. Афанасьев Т.П. *Гидрогеология СССР. Т. XIII. Поволжье и Прикамье. Недра.*: М., 1970.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист О-(38), 39 – Киров. Санкт-Петербург, 1999.
3. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М., 2007.
4. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // *Геотектоника*. 2008. № 6. С. 46-69.
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. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности*. Пермь, 2019. 131 с.
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. 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. *Региональный линеаментно-геодинамический анализ Удмуртии для оценки инженерно-геологических и гидрогеологических условий* // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 254-264.
10. Копылов И.С. *Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геоинформационное обеспечение* // *В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края*. Пермь, 2013. С. 34-40.
11. *Оценка эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод по участкам недр, эксплуатируемым одиночными водозаборами. Методическое руководство*. – «ГИДЭК»: М., 2002.
12. Попов *Гидрохимия и геодинамика Поволжья*. Недра.: М., 1985.
13. Санкло М.М., Копылов И.С. *Влияние неотектоники на инженерно-геологические и гидрогеологические условия вод в пределах Восточной части Балтийского щита* // *В*

сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 219-231.

14. СанПиН 2.1.4.1074-01. *Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы Минздрав России*, М., 2002.

15. Севанько Н.А. *Информационный отчет по теме: «Обобщение фактического материала структурного и поисково-разведочного бурения по вскрытому разрезу пресноводных горизонтов на территории УР»*, Завьялово, 1998.

16. Сентяков А.В. *Отчет по созданию информационной системы для контроля за эксплуатацией групповых и одиночных водозаборов на территории Удмуртской Республики, проводимые Удмуртской ГРЭ*, 2001.

17. Сентяков А.В. *Отчет по теме «Оценка обеспеченности населения Удмуртской Республики ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения». II этап*, 2001.

18. Сентяков А.В. *Оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод по одиночному водозабору (скважина № 2301) в пределах Светлогорского месторождения нефти*, Ижевск, 2009.

19. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. *К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2013. № 3. С. 85-90.

20. 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.

21. Чумаков О.В., Сушков В.Т. *Геологическое строение и гидрогеологические условия бассейна верховьев р. Кильмезь. Лист О-39-XXIII. ТГФ*, 1970.

АНАЛИЗ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ И БУРОВЫХ ОТХОДОВ ООО «ПРИРОДА-ПЕРМЬ»

*Характеризуется деятельность ООО «Природа-Пермь», связанная с обработкой и утилизацией нефтесодержащих и буровых отходов. Рассматривается процесс обработки и утилизации методом микробиологической ремедиации (биоремедиации) с помощью нефтеокисляющей бактериальной биомассы, наработка которой осуществляется на основе аборигенных бактериальных штаммов активных нефтедеструкторов рода Родококки (*Rhodococcus*). Приводятся расчёты численности гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов в твёрдых нефтесодержащих отходах и содержания в них нефтепродуктов до и после обработки бактериальной биомассой.*

Ключевые термины: отходы, утилизация, биоремедиация, бактериальная биомасса, микроорганизмы.

A.A. Chabina

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

ANALYSIS OF UTILIZATION OF OIL-CONTAINING AND DRILLING WASTE OF LLC «PRIRODA-PERM»

*The communication is characterized by the activity of LLC «Priroda-Perm», associated with handling and disposal of oily and drilling waste. The process of processing and utilization by microbial remediation (bioremediation) by using oil-degrading bacterial biomass, time which is based on indigenous bacterial strains active neftegastruba kind of Rhodococci (*Rhodococcus*). Calculations of the number of heterotrophic and hydrocarbon-oxidizing microorganisms in solid oily waste and the content of petroleum products in them before and after treatment with bacterial biomass are given.*

Key terms: waste, disposal, bioremediation, bacterial biomass, microorganisms.

Введение

В современном мире нефть, представляющая собой органически составную часть базовых энергетических ресурсов, не утратила своего превосходства в хозяйственном и промышленном использовании и продолжает занимать доминирующие позиции в топливно-энергетическом комплексе. Таким образом, с ростом добычи нефти, а также подготовкой углеводородного сырья к переработке технологические комплексы нефтепромыслов превращаются в источник загрязнения токсичными, химически устойчивыми, высокоподвижными компонентами глубинных флюидов, извлечённых на земную поверхность, медленное разрушение которых ведёт к созданию многофакторной техногенно – напряжённой обстановки в окружающей природной среде [1].

Как следствие, происходит образование нефтесодержащих отходов, которые необходимо вовлечь в качественный процесс обработки и утилизации с целью поддержания баланса между промышленной деятельностью и состоянием окружающей среды, что является одной из актуальных проблем современности. Данный тезис детально будет рассмотрен на примере обработки и утилизации нефтесодержащих отходов в ООО «Природа-Пермь».

Характеристика деятельности ООО «Природа-Пермь» по сбору, транспортированию, обработке и утилизации нефтесодержащих и буровых отходов

ООО «Природа-Пермь» выступает в роли самостоятельной межрегиональной компании с 2005 года и относится к одним из наиболее крупных предприятий на территории Пермского края, осуществляющих свою деятельность в сфере обращения с нефтесодержащими отходами. Целью деятельности предприятия является комплексное решение вопросов, связанных с обработкой и утилизацией твёрдых нефтесодержащих отходов (ТНСО) методом биоремедиации на основе нефтеокисляющей бактериальной биомассы.

К профилирующим направлениям деятельности относятся:

- сбор, транспортирование, обработка, утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов (НСО), в том числе нефтезагрязнённых грунтов (НЗГ), и буровых отходов.

- ликвидация шламовых амбаров с их последующей рекультивацией.

- зачистка резервуаров и ёмкостей, предназначенных для хранения нефти в виде светлых и тёмных нефтепродуктов, с использованием мобильного комплекса МКО–1000 [8].

Следовательно, перед компанией поставлен следующий ряд задач:

- улучшение экологического благосостояния территории в результате снижения степени загрязнения окружающей природной среды.

- сокращение площадей под временным размещением и складированием отходов у заказчика.

- вовлечение отходов заказчика непосредственно в процесс обработки и утилизации без промежуточного накопления.

ООО «Природа-Пермь» осуществляет свою деятельность в соответствии с действующей Лицензией Федеральной службы по надзору в сфере природопользования № 052–222 от 16 июня 2016 года по сбору, транспортированию, обработке, утилизации и размещению нефтесодержащих отходов 3–4 классов опасности, и на основании проектной и регламентной документации [6, 10].

Лицензируемую деятельность ООО «Природа-Пермь» осуществляет на территории Пермского края, а также в Ординском, Осинском, Усольском, Добрянском, Красновишерском и Чернушинском районах. Кроме того, в Оренбургской области, Удмуртской Республике и Республике Коми, что непосредственно представлено на рис. 1, созданном автором для ООО «Природа-Пермь».

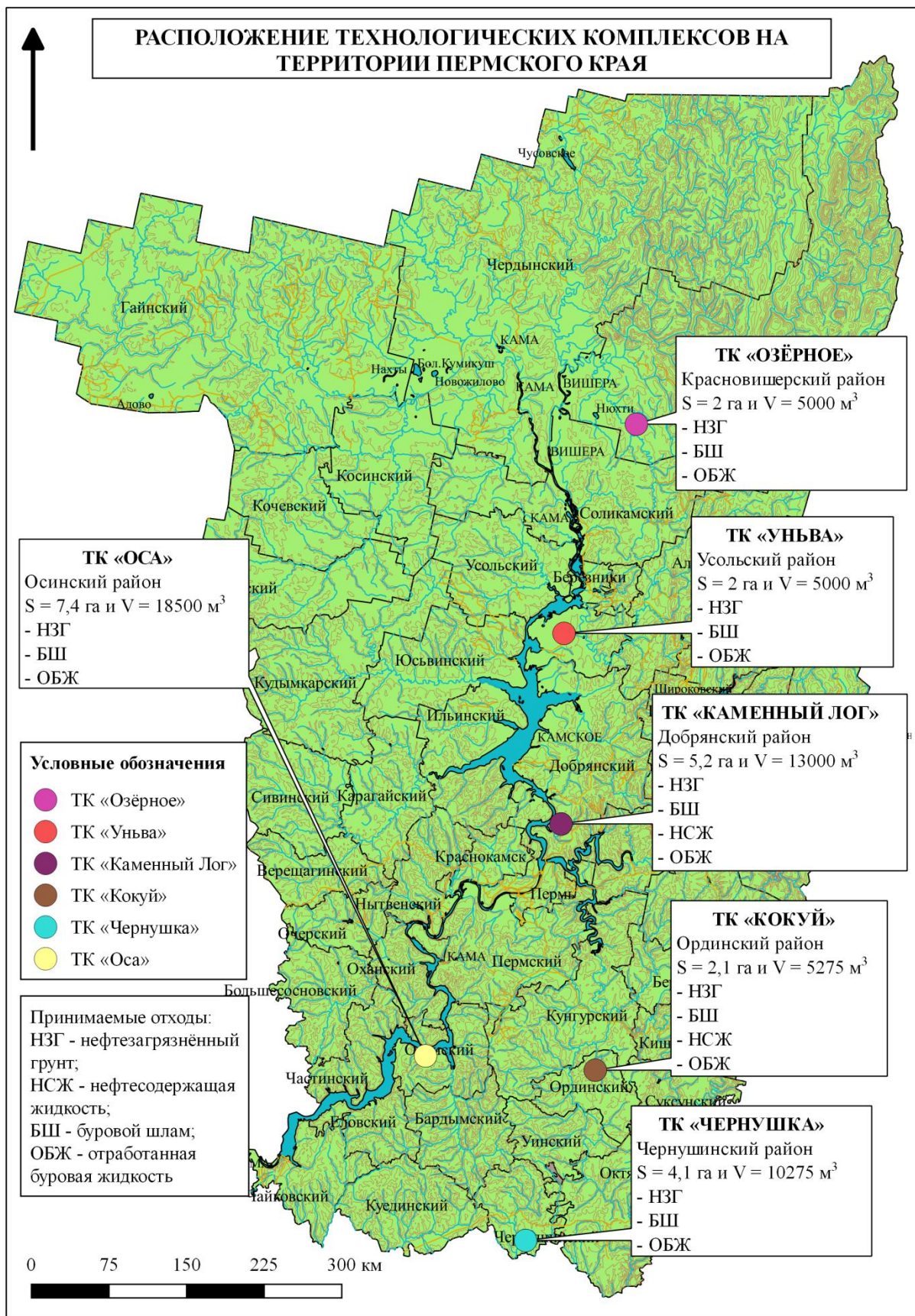


Рис. 1. Расположение технологических комплексов на территории Пермского края

Сбор ТНСО и их транспортирование на технологические комплексы осуществляется либо собственными силами заказчика, либо транспортными средствами ООО «Природа-Пермь». Транспортирование и хранение сырья проводится в соответствии с ГОСТ 12.3.020–80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) в условиях, обеспечивающих его сохранность и безопасность выполнения работ [3].

На рис. 2 приведена схема обработки и утилизации нефтесодержащих и буровых отходов для полноценного представления осуществляемой деятельности ООО «Природа-Пермь» [8].



Рис. 2. Схема обработки и утилизации нефтесодержащих и буровых отходов с получением товарных продуктов [8]

Согласно данным на рис. 2, результатом обработки и утилизации методом биоремедиации и с помощью технологии реагентной обработки является получение товарных продуктов.

Методика и результаты исследования

Деятельность предприятия основана на биотехнологическом методе, одним из приоритетных направлений которого является утилизация нефтесодержащих и буровых отходов методом биоремедиации, с получением товарных продуктов (материалов, соответствующих требованиям технических условий № 5712–004–55059747–2015 «Материал рекультивационный»), где исследования проводятся микробиологическим способом с использованием аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов [4, 9].

Биоремедиация – это комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов – растений, грибов, насекомых, червей, микроорганизмов.

Суть метода биоремедиации заключается в разложении нефти и нефтепродуктов в почве в естественных условиях и базируется на

использовании высокоэффективной нефтеокисляющей бактериальной биомассы, наработанной на основе аборигенных бактериальных штаммов активных нефтедеструкторов рода Родококки (*Rhodococcus*).

Чистые бактериальные культуры, характеризующиеся наиболее широким спектром усваиваемых углеводородных субстратов, выделяют из образцов нефтесодержащих отходов и в дальнейшем используют для наработки нефтеокисляющей бактериальной биомассы. Так, например, *Rhodococcus erythropolis* (Gray and Thornton, 1928) Goodfellow and Alderson, 1979 выделен 30 марта 2007 года из образца нефтешлама, отобранного в районе Осинского участка ООО «Природа-Пермь». На каждый штамм микроорганизмов выдаётся паспорт, в котором указаны основные признаки штамма (культурально – морфологические, физиолого-биохимические и др.), в том числе непатагенность для человека и животных.

Rhodococcus erythropolis представляет собой неподвижный и грамположительный аэробный вид бактерий. Клетки палочковидные и слабоветвящиеся V-образного расположения, шириной 0,6–0,9 мкм, длиной 3-5 до 7-12 мкм, что можно увидеть на рис. 3 [8]. Бактерии имеют 3х-стадийный морфогенетический цикл развития (кокки – слабоветвящиеся клетки – кокки). На стандартных лабораторных средах при температуре 28 °С и рН 6,8–7,0 образуют обильные колонии мягкой маслянистой консистенции с палево-телесным пигментом [2, 5].

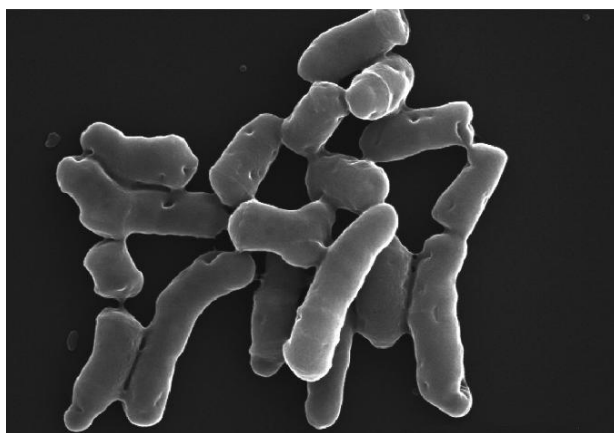
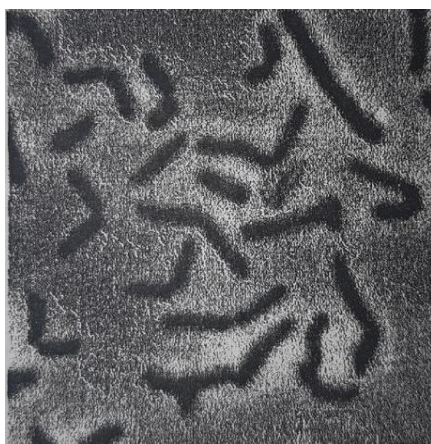


Рис. 3. *Rhodococcus erythropolis* (Gray and Thornton, 1928) Goodfellow and Alderson, 1979 [8]

Комплекс научно – исследовательских работ по выделению эффективных штаммов – нефтедеструкторов для конкретных условий и территорий производства работ проводится в Институте экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук (ИЭГМ УрО РАН) или в другой профильной организации [7].

Процесс наработки нефтеокисляющей бактериальной биомассы происходит непосредственно на технологических комплексах в ферментёрах в течение 24 часов, куда заливается вода, бактериальная культура (штаммов активных нефтедеструкторов), соль 6 видов и нефть. Далее готовая биомасса

разливается в кубовые ёмкости и выносится либо на карты с НЗГ, либо с буровым шламом.

В производственно-исследовательской лаборатории на базе ООО «Природа-Пермь» было проведено микробиологическое исследование для определения численности гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов в пробах твёрдых нефтесодержащих отходов до и после обработки бактериальной биомассой с помощью применения либо 1 миллилитра бактериальной биомассы, либо 1 грамма отобранной пробы из чего происходит приготовление суспензии, которую в соответствии с методом предельных разведений по 0,5 миллилитров добавляют в пробирку с физраствором в виде хлорида натрия (NaCl). Полученный в пробирке раствор по 0,5 миллилитров добавляют в следующую пробирку с NaCl. Таким же образом заполняют ещё около двух или трёх пробирок. Следовательно, в каждой пробирке становится всё меньше бактериальных клеток. Последние разведения, то есть четвёртая или пятая по счёту пробирка, являются материалом для посева на чашки Петри, обеспечивая рост отдельных колоний.

В течение 5 дней чашки Петри с питательной средой хранят в термостате, что позволяет обнаружить в среде наличие попавших из воздуха спор грибов или микроорганизмов.

Сам процесс посева на чашки Петри с твёрдыми питательными средами осуществляется методом штриха – «штрихованные чашки». Микробиологической петлёй, предварительно обеззараженной спиртом и накалённой в пламени, бактериальная культура зигзагообразными штрихами наносится на поверхность затвердевшей питательной среды первого сектора. Далее захватывая материал из первого сектора, наносят зигзагообразные штрихи на поверхность затвердевшего агара второго сектора. Аналогичные действия необходимо проделать для твёрдой питательной среды третьего сектора. Результаты микробиологического исследования приведены в табл. 1 [7, 8].

Таблица 1

Определение численности гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов в твёрдых нефтесодержащих отходах до и после обработки бактериальной биомассой [6]

| Отбор проб | Микроорганизмы | |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Гетеротрофные | Углеводородокисляющие |
| Первичный | $(3,2 \pm 0,5) * 10^4$ клеток/мл | $(1,5 \pm 0,1) * 10^3$ клеток/мл |
| Вторичный | $(6,5 \pm 0,7) * 10^7$ клеток/мл | $(1,3 \pm 0,1) * 10^6$ клеток/мл |

Исходя из данных, приведённых в табл. 1, можно сказать, что в первичных пробах твёрдых нефтесодержащих отходов численность жизнеспособных гетеротрофных и углеводородокисляющих бактерий всего 10^4 и 10^3 клеток/мл биомассы соответственно. При обработке почвогрунта бактериальной биомассой численность гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов увеличивается до оптимальных

значений – 10^7 – 10^8 и 10^6 – 10^7 соответственно, что свидетельствует о высокой степени протекания процессов биодеструкции углеводородов нефти.

Также в лаборатории было проведено химико-аналитическое исследование для определения содержания нефтепродуктов в пробах ТНСО. Подготовка нефтезагрязнённых проб с технологических площадок начинается с их высушивания и просеивания, после чего отбирается 1 грамм почвогрунта, заливается растворителем и оставляется на сутки. На следующий день полученную консистенцию пропускают через фильтр «Красная лента». Далее в прибор в виде воронки засыпается оксид алюминия (Al_2O_3) и через него на предварительно взвешенную чашечку пропускается профильтрованный раствор в определённом количестве миллилитров. В течение некоторого времени раствор испаряется, а на чашечке, в свою очередь, остаются маслянистые пятна чистого нефтепродукта. После этого чашечку взвешивают второй раз и по формуле определяют количество нефтепродуктов, которое содержится в отобранной пробе ТНСО. В том случае, если содержание нефтепродуктов после обработки бактериальной биомассой снижается, то процесс микробиологической ремедиации протекает успешно. Результаты данного исследования указаны в табл. 2 [7].

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в твёрдых нефтесодержащих отходах до и после обработки бактериальной биомассой [7]

| Отбор проб | Содержание нефтепродуктов в почвогрунте |
|------------|---|
| Первичный | 179, 38 г/кг |
| Вторичный | 131, 23 г/кг |

Исходя из данных, приведённых в табл. 2, можно сказать, что после обработки ТНСО бактериальной биомассой, содержание нефтепродуктов в почвогрунте заметно снизилось, следовательно, процесс микробиологической ремедиации протекает успешно.

В целом, на сегодняшний день, подводя итог осуществляемой деятельности, предприятием обработано и утилизировано с получением рекультивационных и строительных материалов более 722 тыс. м³ твёрдых нефтесодержащих, а также более 224 тыс. м³ жидких нефтесодержащих и буровых отходов.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что технологии обработки и утилизации методом биоремедиации с использованием нефтеокисляющей бактериальной биомассы, разработанные и внедрённые ООО «Природа-Пермь», являются высокотехнологичными и позволяют принимать к утилизации практически все виды отходов от предприятий топливно-энергетического комплекса. В результате обработки и утилизации ООО «Природа-Пермь» получает продукты, возможные к применению в хозяйственной деятельности. Следовательно, происходит снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду в местах интенсивной добычи

углеводородов нефти, что приводит к улучшению экологического благосостояния территории [8]. С целью своевременной корректировки и оптимизации процессов обработки и утилизации нефтесодержащих отходов ООО «Природа-Пермь» проводит микробиологические и химико-аналитические исследования.

На сегодняшний день предприятие вносит значительный вклад в систему урегулирования экологических проблем города Перми и Пермского края, где ключевые тенденции формирования компании представляют собой стремление к устойчивому развитию, другими словами, достижение научно-технической, экономической, природоохранной и социальной эффективности.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. *Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области*. Пермь: Издательство Пермского университета, 2003. 171 с.
2. Герхардт Ф. *Методы общей бактериологии*. 3 Тома. М.: Мир: Т. 1. 1983. 536 с.; Т. 2. 1984. 472 с.; Т. 3. 1984. 264 с.
3. ГОСТ 12.3.020–80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности, [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200000300> (дата обращения: 20.05.20).
4. Ившина И.Б. *Бактерии рода Rhodococcus (иммунодиагностика, детекция, биоразнообразие)*. Пермь: УрО РАН, 1997. 97 с.
5. Ившина И.Б., Пшеничнов Р.А., Оборин А.А. *Пропанокисляющие родококки*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 123 с.
6. Лицензия Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 16 июня 2016 года № 052–222 «На осуществление деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности». 12 с.
7. Методика выполнения измерения массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 23 марта 2004 года № ПНД Ф 16.1.41–04 «Количественный химический анализ почв». 11 с.
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 5 февраля 2016 года № 56 «Об утверждении заключения экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проекта технической документации «Технологический регламент проведения работ по обработке и утилизации нефтесодержащих отходов и отходов бурения с получением товарных продуктов (материалов)». 66 с.
9. Технические условия (ТУ) от 1 октября 2016 года № 5712–004–55059747–2015 «Материал рекультивационный, полученный в результате обработки и утилизации нефтесодержащих и буровых отходов». 15 с.
10. Федеральный закон РФ от 4 мая 2011 года № 99–ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902276657> (дата обращения: 24.05.20).

КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДНЕГО ПРИКАМЬЯ (ЛИСТ О-40-XV)

Проведен геоэкологический анализ Среднего Прикамья и Пермского промышленного узла на основе ранее проведенного геоэкологического картографирования территории листа О-40-XV с использованием современных ГИС-технологий. Территория характеризуется высокой антропогенной нагрузкой, основные экологические проблемы обусловлены освоением углеводородных месторождений и развитием на большой площади экзогенных геологических процессов (особенно карста). Выявлены природные и антропогенные геохимические аномалии по тяжелым металлам в почвах и природных водах.

Ключевые слова: окружающая среда, геоэкологическая оценка, картографирование, тяжелые металлы, карст, геохимические аномалии, загрязнение, лист О-40-XV, Пермский край.

V.N. Chekmenev

Perm State University, Perm, Russia

COMPREHENSIVE GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MIDDLE KAMA'S REGION (SHEET O-40-XV)

A geocological analysis of the Middle Kama region and the Perm industrial hub was carried out on the basis of the previously carried out geocological mapping of the territory of sheet O-40-XV using modern GIS technologies. The territory is characterized by a high anthropogenic load, the main environmental problems are caused by the development of hydrocarbon deposits and the development of exogenous geological processes (especially karst) over a large area. Natural and anthropogenic geochemical anomalies for heavy metals in soils and natural waters have been revealed.

Key words: environment, geocological assessment, mapping, heavy metals, karst, geochemical anomalies, pollution, sheet O-40-XV, Perm Territory.

Введение

Пермская городская агломерация (г. Пермь) и граничащие с ним районы (Пермский и Добрянский муниципальные районы, Краснокамский, Чусовской и Ильинский городские округа) являются центральным звеном промышленного развития Пермского края, который основан на богатом природно-ресурсном потенциале региона. Ключевыми отраслями промышленности являются – нефтяная, нефтехимическая, химическая, черная и цветная металлургия, машиностроение, лесопромышленный комплекс [13]. Высокая концентрация природно-техногенных комплексов, и как следствие сильная антропогенная нагрузка на окружающую среду, крайне негативно сказывается на качестве жизни и здоровье людей проживающих на урбанизированных территориях.

В связи с этим возникает необходимость в комплексной геоэкологической оценке воздействия эколого-географических и геологических факторов на здоровье населения, в целях обеспечения жителям социальных гарантий в области экологической безопасности.

Проанализировав состояние окружающей среды, здоровье населения, экологическую ситуацию в целом, изучив территориальные особенности региона, можно выделить следующие проблемы [8, 21, 25]:

- высокая степень техногенной нагрузки, особенно в городских и промышленных агломерациях;
- загрязнение компонентов окружающей среды (почвы, воздуха, водных объектов);
- накопление и образование огромного количества промышленных и бытовых отходов;
- нарушения природной среды и природных комплексов в связи интенсивной хозяйственной деятельностью;
- загрязнение почв и водоемов агрохимикатами в результате деятельности сельского хозяйства;
- сокращение площади лесов;
- развитие природных и природно-техногенных, эндогенных (активная современная неотектоника и геодинамика) экзогенных геологических процессов – примерно 70% площади региона занимает Полазненский карстовый район;
- изношенность магистральных трубопроводов;
- разработка нефтяных месторождений на урбанизированных территориях;
- высокая вероятность возникновения техногенных аварий.

Методика и материалы

В данном исследовании представлены результаты в соответствии с концепцией регионального геоэкологического изучения и картографирования, основной методологической задачей является картографическое моделирование состояния природно-геологической среды [11], принципами и критериями интегральной оценки геоэкологического состояния [14], методикой составления геоэкологических карт [4]. Основным инструментом для анализа послужили ГИС-технологии и построенные с помощью них карты, которые являются важным аналитическим инструментом оценки состояния окружающей среды [6].

Геоэкологический анализ центральной части Пермского Прикамья сделан на основе материалов геоэкологического, ландшафтно-геохимического картографирования территории Пермского края масштаба 1:500 000 и 1:200 000 в пределах листа О-40-ХV. Комплексная экологическая оценка была проведена в соответствии с методическими рекомендациями ВСЕГИНГЕО (1990, 1994) и критериями изложенным в работах [8-10, 16-23].

Природно-геологические условия

Физико-географические условия

По физико-географическому и ландшафтному районированию территория входит в бореальную таежную зону. Все бореальные ландшафты относятся к

одному типу ландшафтов: бореальным умеренно-континентальным восточноевропейским. В данном типе ландшафтов выделяется один подтип: бореальные восточноевропейские южнотаежные [2]. Он находится в пределах мегагеохор денудационной равнины Среднего Прикамья, макрогеохоры: Среднекамской низменной равнины [10]. На исследуемой территории располагается 3 ООПТ регионально уровня – Лунежские горы, Полазненский бор и Верхняя Кважва (рис. 1).



Рис.1. Геоэкологические особенности исследуемой территории [3, 8]

В гидрографическом отношении расположена в среднем бассейне р. Камы. Характеризуется преимущественно равнинным, низменным слабохолмистым рельефом. Левый берег р. Камы выше правого, расчленён логами и оврагами. Особенностью Перми является то, что в пределах города течёт множество малых рек, которые протекают преимущественно по многочисленным городским оврагам.

Геологические условия

В геологическом отношении территория расположена на восточной окраине Восточно-Европейской платформы в пределах Пермского свода, Косьвинско-Чусовской седловины, Висимской и Бымско-Кунгурской впадин (рис. 2). Геологический разрез в верхней части составляют терригенные отложения казанского и уфимского ярусов и карбонатно-сульфатные отложения кунгурского яруса пермской системы, которые повсеместно перекрыты маломощными четвертичными образованиями [21].

Основными видами полезных ископаемых являются нефть и газ. Имеются многочисленные месторождения общераспространенных полезных ископаемых (песчано-гравийных отложений) и торфа.

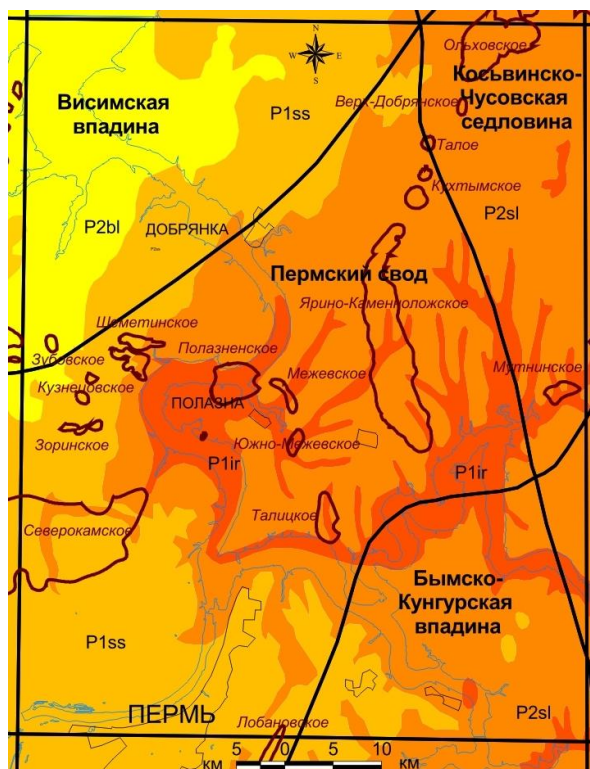


Рис. 2. Фрагмент геологической и карты нефтегазовых месторождений Пермского края на район исследований [20]

Геологический фактор оказывает различное влияние на геозекологическую обстановку. Территория по ОСР-2015-С, характеризуется 7-балльной потенциальной сейсмической активностью. Выделены многочисленные тектонические нарушения и геодинамические активные зоны, в которых особенно сильно проявляются современные геологические процессы (карст, суффозия, овраги, оползни, береговая эрозия, подтопление, заболачивание, и др.) [15, 21].

Характеристика техногенной нагрузки и ее влияние на окружающую среду

На территории листа О-40-ХV частично расположен Пермский промышленно-экономический район. Он включает в себя, помимо города Перми, также Краснокамский промышленный центр и другие небольшие города (г. Добрянка, Полазна). Это самый мощный и многоотраслевой промышленный узел Пермского края – 153 предприятия формирует 52 % объема производимой промышленной продукции Пермского края. Выгодное экономико-географическое положение, природные ресурсы и развитая научная база, создали благоприятные условия для развития практически всех отраслей промышленности. В регионе сформированы технологические цепочки в нефтедобыче, нефте- и газопереработке, нефте- и газохимии, лесопромышленном комплексе, производстве машиностроительной (ракетно-космической, электротехнической и авиадвигателестроение) и пищевой продукции. Добрянский муниципальный район является частью топливно-энергетического комплекса, Краснокамский городской округ является ключевой составляющей целлюлозно-бумажной промышленности Пермского узла [3].

Основным полезным ископаемым района является нефть – здесь расположены Полазненское, Шеметинское, Северокамское, Южно-Межевское, Талицкое месторождения. Добыча нефти на большинстве участков осуществляется в сложных геологических условиях. Также по территории района проходит магистральный трубопровод, который пересекает Полазненский карстовый район (рис. 1). Исследования показывают, что существует зависимость между повреждениями на трубопроводах с их расположением в карстовых районах [26]. Поэтому имеется высокая вероятность аварий и загрязнений окружающей среды нефтепродуктами. Анализ доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2019 г.» [3] показал, что Краснокамский и Пермский район, относятся к территориям с чрезвычайно высоким уровнем образования отходов – примерно более 500 тыс. т/год., Добрянский – к умеренному (рис. 3).

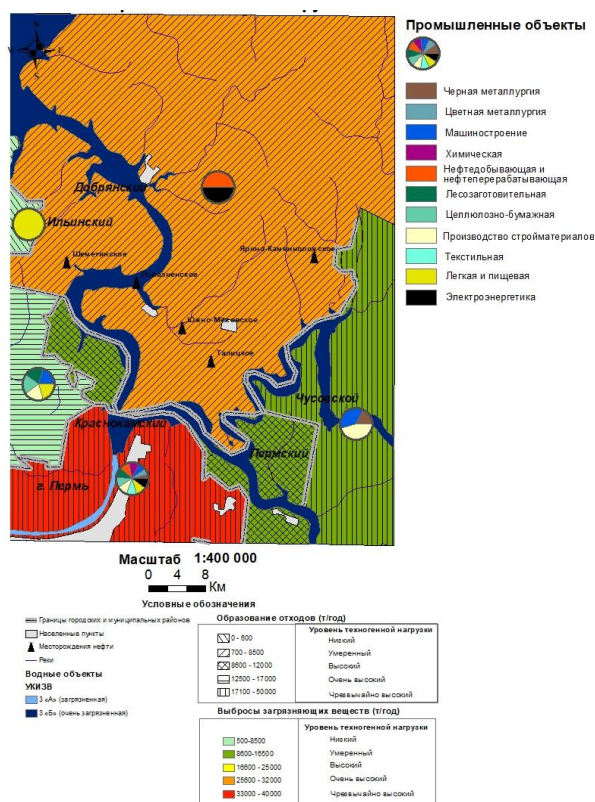


Рис.3. Карта техногенной нагрузки

По антропогенной нагрузке на атмосферный воздух относится к чрезвычайно высокому (Краснокамский, Пермский районы), очень высокому (Добрянский район) [26]. Характеристика уровня загрязнения поверхностных водных объектов основывалась на значениях УКИЗВ крупных водных артерий – Камского и Воткинского водохранилища. В районе г. Добрянки, в Камском водохранилище вода относится к 3 «Б» классу (очень загрязненная), в районе г. Перми в Воткинском водохранилище 3 «А» классу (загрязненная).

Ильинский район является аграрным регионом, в котором основой сельскохозяйственного производства, является молочно-мясное хозяйство и зернопроизводство. Поэтому основным негативным фактором воздействия на окружающую среду будет являться применение различных агрохимикатов.

Ведущими отраслями Чусовского района являются черная металлургия, машиностроение, металлообработка, промышленность стройматериалов, легкая и пищевая промышленность. Район относится к территориям с чрезвычайно высоким уровнем антропогенной нагрузки, объем образования отходов составляет 500 тыс. т/год. По уровню антропогенной нагрузки на атмосферный воздух район относится к умеренному уровню (14 тыс. т/год). Общая заболеваемость населения согласно медицинской статистике (количество случаев на 3000 человек населения, включая детское, подростковое и взрослое население) оценивается как высокое на всей территории (4500-6000 случаев) [8]. Это связано с тем, что данный район характеризуется сильным влиянием санитарно-гигиенических факторов на состояние здоровья населения (рис. 4).

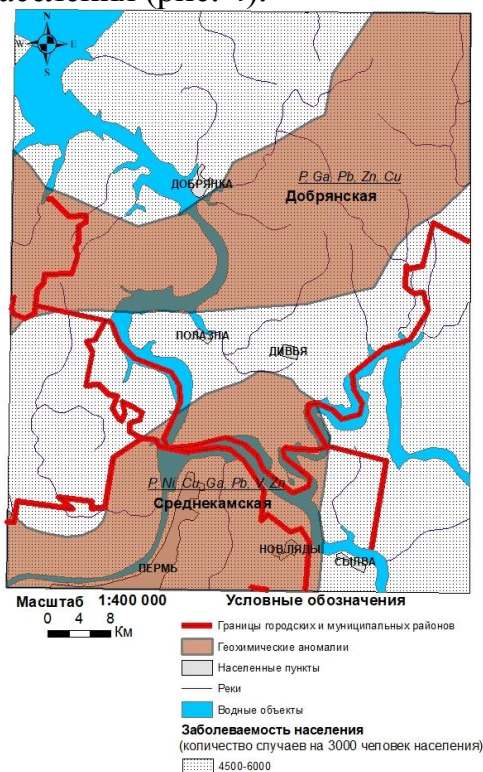


Рис. 4. Геохимические аномалии и заболеваемость населения [7, 12, 13]

Оценка эколого-геологических факторов

Современные геологические процессы

На территории распространены современные геологические эндогенные процессы (сейсмичность, активные неотектонические движения, приводящие к различной тектонической трещиноватости пород) и экзогенные процессы – карст, суффозия, овражная и склоновая эрозия, оползни, болота и заболачивания, подтопление, эоловые процессы, комплекс береговых процессов на побережьях Камского водохранилища. Особая роль принадлежит карсту.

Большая часть исследуемой территории принадлежит Полазненскому карстовому району, преимущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста. Он расположен на левом берегу Камского водохранилища в окрестностях пос. Полазна. Развитие карста в этом районе с особенностями циркулирования воды в карстующемся массиве, сильной трещиноватостью пород, литологическим составом, приподнятость территории. Здесь зона активного движения карстовых

вод даже опускается ниже русел крупных рек. Данные негативные условия приводят к формированию опасных провалов, в районе склонов долин р. Полазны и р. Камы, где глубина до зоны горизонтальной циркуляции составляет не более 25-30 м. По данным бурения коэффициент внутренней закарстованности составляет от 4 до 59 %, в среднем для толщи – 21 %. Северная часть Перми также находится на территории Полазненского карстового района. В связи с проблемой растворения гипса возникли трудности при строительстве и эксплуатации Пермской ГЭС [5]. Высокая закарстованность территории приводит к усложнению эксплуатации Полазненского месторождения нефти и способствует формированию нефтяной линзы, что в свою очередь создает условия для загрязнения поверхностных вод. Загрязнение гидросферы на закарстованных территориях имеет достаточно серьезный механизм, обусловленный высокой фильтрационной неоднородности массива, разности плотности нефти и воды [26].

Эколого-гидрогеологические условия

На территории можно выделить две крупные гидрогеохимические аномальные зоны (АЗ): Среднекамскую и Чусовскую. Среднекамская АЗ расположена в центральной части Камского Приуралья в среднем течении р. Камы. Связана в основном с водоносным горизонтом четвертичных аллювиальных образований, шешминских и соликамских отложений. Изоминеры соответствуют значениям от 0,3 до 2,0 г/дм³. Площадные аномалии содержат Br – до 15,2 ПДК, Cd – до 6,0 ПДК, точечные: Mn – до 70,6 ПДК, Cr – до 4,3 ПДК, Be – до 3,0 ПДК, Ba – до 2,4 ПДК, Sr – до 2,0 ПДК, F – до 1,6 ПДК. Чусовская АЗ находится в центрально-восточной части Камского Приуралья, в долине р. Камы. Расположена в пределах Пермского свода. Связана в основном с водоносным горизонтом четвертичных аллювиальных образований, соликамских отложений. Изоминеры соответствуют значениям от 0,2 до 2,0 г/дм³. Выделена в основном следующими аномалиями: Ti – до 20,1 ПДК, точечные: Br – до 8,0 ПДК, B – до 8,0 ПДК, Cr – до 1 ПДК, Ba – до 3,3 ПДК, Sr – до 2,7 ПДК, Mn – до 2,4 ПДК [9, 16, 17].

Эколого-геохимические условия

На данной территории частично расположены две крупные геохимические аномальные зоны. В бассейне рек Добрянки – Добрянская АЗ, в бассейне р. Камы на участке от устья р. Чусовой до устья р. Нытвы – Среднекамская АЗ. Данные аномалии занимают примерно 50% всей площади листа О-40-ХV. Добрянскую АЗ можно отнести к природной аномалии, обусловленной ландшафтными, тектоническими, физико-химическими и гидрологическими особенностями территории. Возникновение Среднекамской АЗ в основном связано с интенсивной техногенной деятельностью и наличием развитой промышленной инфраструктуры. Выделяются как площадные аномалии с содержанием Pb (до 1000 ПДК) Ni (до 250 ПДК), Cu (до 105 ПДК), Zn (до 27 ПДК), P (до 15 ПДК), с локальным распространением Cd (до 1000 ПДК), Co (до 400 ПДК), Mo (до 100 ПДК), Cr (до 23 ПДК) [12, 13, 16, 18]. Антропогенное воздействие на данной территории, сильно изменило естественную структуру и физико-химические свойства почвенного покрова, особенно в г. Перми. Нужно также отметить, что техногенная неоднородность нагрузки на почвенный покров является причиной

формирования ареалов городских почв с разной степенью загрязнения ТМ, многие из которых (Zn, Pb, Ni, Cu, Cr) представляют серьезную опасность для здоровья городских жителей [1].

Интегральная геоэкологическая оценка

Оценка геоэкологического состояния окружающей среды территории основывалась на следующих параметрах: загрязнения почв, грунтов, геохимических и гидрогеохимических условий, степени развития экзогенных геологических процессов, состояния современных ландшафтов, техногенной нагрузкой (рис. 5).

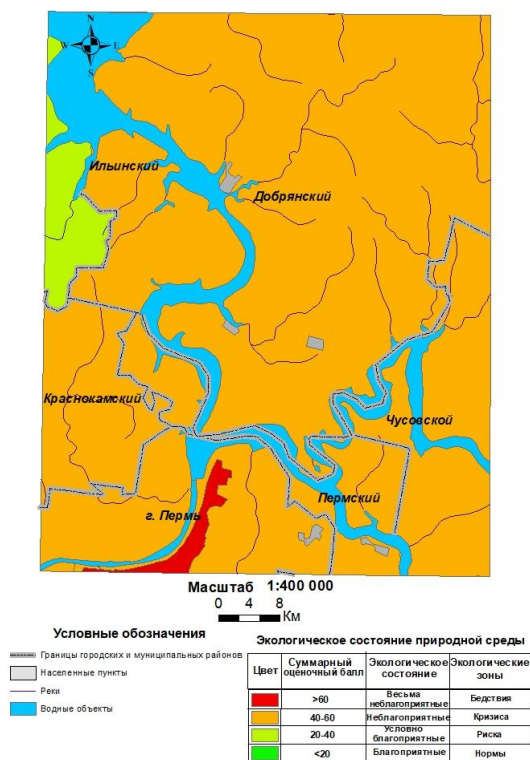


Рис. 5. Комплексная геоэкологическая оценка территории [8, 14, 21]

Интенсивность влияния того или иного фактора оценена в баллах. Менее 5% территории характеризуются весьма неблагоприятными экологическими условиями (г. Пермь) и формируют зону бедствия. Примерно 85% территории (северная и юго-восточная) имеют неблагоприятное экологическое состояние (Добрянский, Краснокамский, Чусовской район) и относятся к зоне кризиса. Лишь менее 10% территории можно отнести к условно благоприятным условиям (Ильинский район). В целом к формированию такой неблагоприятной экологической обстановки послужили как природные (гидрохимические и геохимические аномалии, высокая закарстованность), так и антропогенные факторы (большое количество промышленных предприятий, обилие линейных объектов, интенсивное сельское хозяйство).

Заключение

Геоэкологический анализ центральной части Пермского края в пределах листа О-40-ХV, показал, что большая часть этой территории относится к «весьма неблагоприятным» и «неблагоприятным» условиям. Текущая

хозяйственная деятельность промышленного индустриального и нефтегазового комплексов и ряд естественных факторов, обуславливают высокое негативное воздействие на окружающую среду, что не позволяет достичь требуемого качества окружающей среды, обеспечить сохранение природных систем и создать благоприятные условия для жизни людей. Для решения этих проблем необходимо совершенствовать систему управления в области охраны окружающей среды, проводить комплексный мониторинг природной среды и проводить научные исследования в области экологической безопасности.

Библиографический список

1. Васильев, А.А., Лобанова Е.С. *Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми: монография.* Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2015. 243 с.
2. Воронов Г.А., Циберкин Н.Г., Стенно С.П. *Ландшафтные особенности Пермского края и перспективы выделения особо охраняемых природных территорий // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2008. №1. С. 3-17.*
3. *Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2019 г. / Официальный сайт «Природа Пермского края». URL: <http://www.permecology.ru>.*
4. *Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 (Роскомнедра)» (М.: ВСЕГЕИ, 1995).*
5. Катаев В.Н., Максимович Н.Г., Мещерякова О. Ю. *Типы карста Пермского края // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2013. №1. С. 56-65.*
6. 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.*
7. Копылов И.С. *Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 335-339.*
8. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.*
9. Копылов И.С. *Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145-149.*
10. Копылов И.С. *Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.*
11. Копылов И.С. *Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. Тамбов, 2011. № 8 (23). С. 126-129.*
12. Копылов И.С. *Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 2 (15). С. 16-34.*
13. Копылов И. С. *Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. №1 С. 26-37.*
14. Копылов И.С. *Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.*

15. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
16. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
17. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 3 (24). С. 30-47
18. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь. 2012. № 4 (17). С. 39-46.
19. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-1.
20. Копылов И.С., 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.
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., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2196-2201
23. 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.
24. Кузьмина Ю. Д. Экологические проблемы регионов (на примере Пермского края) // *Стратегия устойчивого развития регионов России*. 2010. №1. С. 144-148.
25. Лучников А.С., Николаев Р.С. Основные элементы и особенности территориальной организации промышленного комплекса Пермского края // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2017. №3-2. С.102-111.
26. Мецзякова О.Ю. Карст района Полазненского месторождения нефти Пермского края // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6. С. 628-633.
27. Мецурова Т. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах Пермского края // *Вестник НВГУ*. 2020. №1. С. 110-119.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY

УДК 551/448

Ю.А. Килин, И.И. Минькевич

Пермский государственный национально-исследовательский университет, г. Пермь, Россия
yuakilin@mail.ru

ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО КАРСТА В ОРДИНСКОМ РАЙОНЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В Пермском крае с широким распространением карстующихся пород, в частности гипсоангидритов, большое значение приобретает исследование взаимодействия подземных вод с сульфатными породами и как результат этого взаимодействия образование карстовых и суффозионно-карстовых провалов. Карстологические исследования в Ординском районе проводимые сотрудниками кафедры динамической геологии и гидрогеологии ПГНИУ фиксируют рост интенсивности развития поверхностных карстовых форм. В результате карстологических съемок, мониторинговых исследований выяснено, что наибольшее количество карстовых провалов, воронок, провалов образуется на голом или задернованном типе карста, наибольшие диаметры воронок фиксируются при закрытом типе карста. На интенсивность развития карста влияет техногенез, на участке прокладки магистральных газопроводов интенсивность карстовых процессов возросла на 2-3 порядка.

Y.A. Kilin, I.I. Minkevich

Perm State National Research University, Perm, Russia

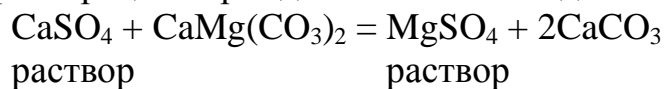
INTENSITY OF SURFACE KARST DEVELOPMENT IN ORDA REGION OF PERM REGION

In the Perm Territory, with the wide distribution of karsting rocks, in particular gypsoanhydrites, the study of the interaction of groundwater with sulfate rocks and the formation of karst and suffosion-karst failures as a result of this interaction is of great importance. Karstological studies in the Orda region conducted by employees of the Department of Dynamic Geology and Hydrogeology of PGNIU record an increase in the intensity of development of surface karst forms. As a result of karstological surveys, monitoring studies, it was found that the largest number of karst drawdowns, funnels, dips is formed on a bare or trapped type of karst, the largest diameters of funnels are fixed with a closed type of karst. The intensity of karst development is influenced by technogenesis, in the section of laying main gas pipelines, the intensity of karst processes increased by 2-3 orders of magnitude.

В карстовых районах главным фактором провалообразования является растворяющая способность воды при взаимодействии ее с горными породами, в частности с сульфатами.

Растворимость гипса при температуре 18 °С составляет 2,550 г/дм³, ангидрита 2,010 г/дм³. При понижении температуры воды с 10° до 0° вызывает осаждение гипса 0,2 г/дм³, при похолодании на один градус его образуется около 20 мг/дм³.

Переслаивание гипсоангидритов с доломитами создает особые условия растворения горных пород. Воды, предельно насыщенные сульфатом кальция, при фильтрации через доломиты взаимодействуют с ними:



раствор

раствор

Это приводит к раздоломичиванию, а также к росту агрессивности воды по отношению к гипсоангидритам. Такое обстоятельство предопределяет формирование карстовых полостей в зоне контакта подошвы слоя доломитов и кровли пласта гипсоангидритов.

К другим факторам, влияющим на интенсивность карстовых процессов, относятся: геоморфология, тектоническая трещиноватость и нарушенность карстового массива, структурные особенности, физико-механические и водно-физические свойства обвальнo-карстовых отложений и перекрывающих пород, техногенез [4].

В Ординском районе гипсоангидритовые породы приурочены к иренской свите кунгурского яруса Р₁. Мощность иренской свиты изменяется от 120 до 180 м, к северо-востоку увеличивается до 370м, а к западу уменьшается до 30-40м. Свита представлена переслаиванием гипсов, ангидритов, известняков, мергелей.

На западе свита сначала погружается под соликамский горизонт уфимского яруса сложенный известняками, мергелями, доломитами с прослоями ангидрита, гипса, каменной соли, в верхней части содержатся песчаники, алевролиты, глины, а за тем под шешминский горизонт представленный песчаниками, аргиллитами, алевролитами с прожилками гипса, прослоями известняка и мергелей (рис.1).

Иренские сульфатно-карбонатные отложения согласно залегают на филипповских доломитах. С поверхности палеозойские отложения перекрыты чехлом четвертичных и неоген-четвертичных образований. Иренском карстовом районе, в который входит Ординский район при близком залегании к поверхности земли гипсов образуется большое количество различных провальных форм в виде просядок, поноров, провальных воронок, суффозионно-карстовых провалов. Атмосферные осадки, имея минерализацию до 70 мг/дм³ попадая на гипсовый массив, быстро растворяют его поверхность, на участках трещиноватых и разрывных тектонических нарушений вода проникая вглубь образуют вертикальные полости.

Для Ординского района характерны различные типы геологического разреза, их разнообразие влияет на интенсивность поверхностных карстовых провалов. Выделено девять основных типов разрезов (рис.2).

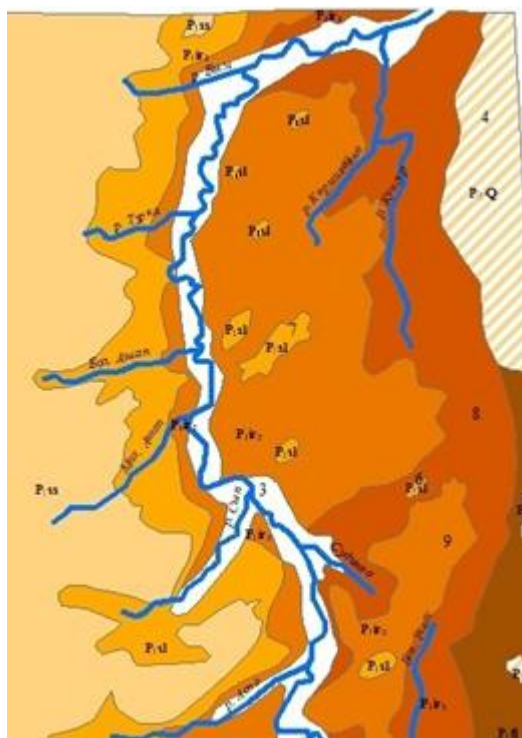
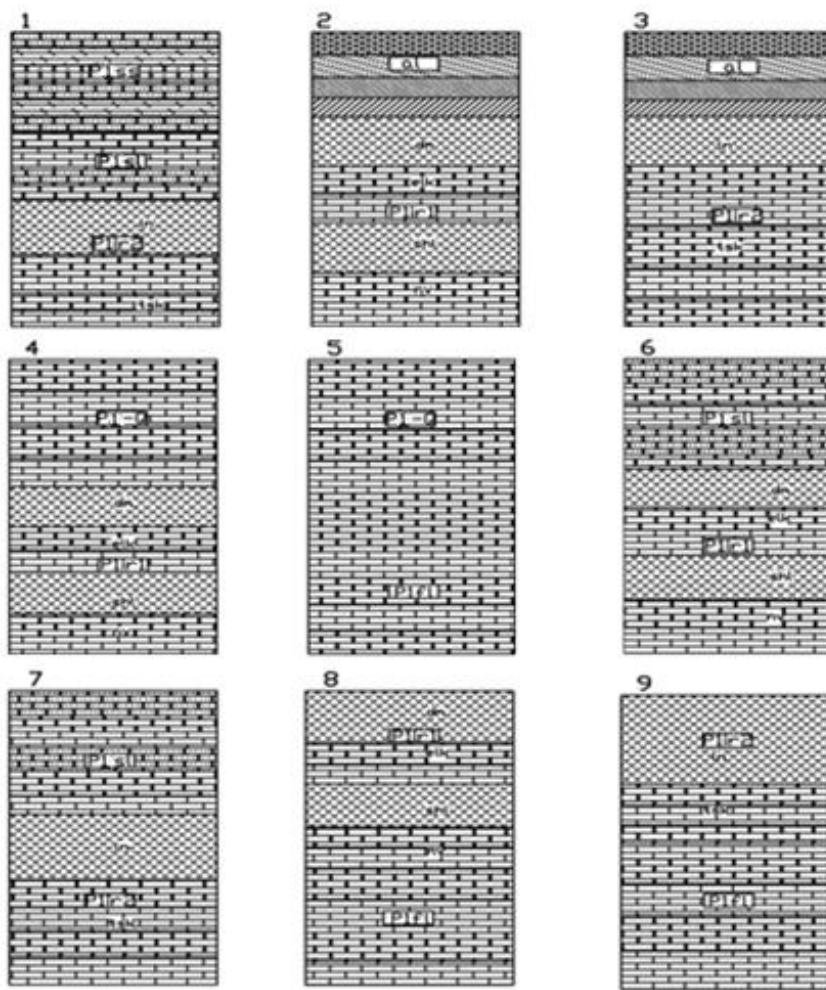


Рис.1. Фрагмент гидрогеологической карты-схемы с типами геологических разрезов

Все разрезы перекрыты маломощными 1,0-3,0 м четвертичными отложениями элювиально-делювиальными генезиса - (супесь, суглинок, глина), кроме 2 и 3 типа разрезов, где гипсы перекрыты аллювиальными отложениями. Открытый, голый карст проявляется на крутых уступах, повсеместно получил развитие почвенно-растительный слой.

Первый тип разреза сложен песчаниками, аргиллитами и алевролитами шешминской свиты ($P_1\hat{s}\hat{s}$); доломитами, известняками, песчаниками соликамской свиты (P_1sl) и верхнеиренской подсвиты (P_1ir_2), которая делится на пачки: тюйская (tsk) – известняки, доломиты и лунежская (ln) – гипсы. Встречаются единичные карстовые воронки суффозионного типа с плотностью менее 1 формы на км², воронки блюдцеобразные, участки с V и VI категорией устойчивости. В основном воронки приурочены к зонам тектонической трещиноватости.

Второй тип разреза представлен аллювиальными отложениями (песчано-гравийные, песок, супесь, суглинок) которые подстилаются отложениями нижнеиренской подсвиты (P_1ir_1), которая в свою очередь делится на пачки: демидковская (dm) – белые гипсы и голубые ангидриты, елкинская (elk) – доломиты, шалашнинская (shl) – белые и серые гипсы, неволинская (nv) – доломиты. Плотность карстовых воронок – 15-20 форм на км², диаметр воронок от 3,0 до 20 м и глубиной 5,0-10,0 м. Тип провалов суффозионно-провальный, часто после образования провала он заполняется водой, образуются карстовые озера (рис.3).



Условные обозначения

| | | | | | |
|--|-----------|--|--------------------------|--|-------------------------|
| | Алевролит | | Песчаник | | Лунехская пачка |
| | Аргиллит | | Сыглинок | | Тювская пачка |
| | Галька | | Сыпесь | | Нижнеиренские отложения |
| | Гипс | | Аллювиальные отложения | | Демидковская пачка |
| | Долomit | | Шешминские отложения | | Елkinская пачка |
| | Известняк | | Соляканские отложения | | Шалащминская пачка |
| | Песок | | Верхнеиренские отложения | | Неволинская пачка |
| | | | Ольховские отложения | | Филипповские отложения |

Рис.2. Типы разрезов Ординского района



Рис.3. Карстовое озеро диаметром 20 м, пойма р.Ирень

При наличии зоны подрусовой циркуляции трещинно-карстовых вод под руслом реки образуются карманы, которые заполняются аллювием. Выделяются участки с II и III категорией устойчивости.

Третий тип сложен аллювиальными отложениями (песчано-гравийными, песок, супесь, суглинок) и отложениями верхнеиренской подсветы (P_{1ir_2}), которая делится на пачки: тюйская (tsk) – известняки, доломиты и лунежская (ln) – гипсы. Плотность карстовых воронок – 25-30 форм на $км^2$, диаметр воронок от 5,0 до 50 м, глубиной 5,0-10,0 м. Тип воронок суффозионно-провальный, часто после образования воронки (провала) образуются карстовые озера (рис.3).

Четвертый и пятый типы представлены карстово-обвальными отложениями (ольховская карстовая брекчия), стратиграфически они отнесены к неоген-четвертичному возрасту, представлены суглинками с включениями дресвы и щебня, известняка серого, сильновыветрелого, ниже по разрезу – глыбами известняка. Максимальная мощность неоген-четвертичных отложений на изученной территории 150,0 м. Четвертый тип ольховская карстовая брекчия подстилается отложениями нижнеиренской подсветы (P_{1ir_1}), в пятом типе она подстилается филипповскими доломитами и известняками (P_{1fl}). Диаметр карстовых воронок зависит от мощности обвально-карстовых отложений, при мощности менее 5,0м, диаметр 5,0м, глубина 3,0м. При увеличении мощности увеличиваются диаметр и глубина. Воронки суффозионные, по форме конические, чашеобразные. Плотность карстовых воронок менее 1 $км^2$. Категория устойчивости на четвертом типе разреза III, на пятом типе V.

Шестой тип разреза представлен соликамским горизонтом (P_{1sl}): известняки, песчаники, доломиты, мергели, конгломераты и аргиллиты. Повсеместно отложения соликамского горизонта залегают в нарушенном состоянии, так как залегают на иренских отложениях (P_{1ir_2}): лунежской пачке (ln) – гипсы и тюйской пачке (tsk) – известняки, доломиты, которые интенсивно

закарстованы. В пределах района исследования мощность соликамских отложений изменяется от 1,0 м до 40,0 м.

Седьмой тип разреза представлен соликамским горизонтом (P_{1sl}): известняки, песчаники, доломиты, мергели, конгломераты и аргиллиты, подстилаемые отложениями верхнеиренской подсвиты (P_{1ir2}): тюйская пачка (tsk) – известняки, доломиты и лунежская пачка (ln) – гипсы.

На соликамских отложениях диаметры воронок достигают более 20 м, глубина до 10 м, генезис воронок суффозионный, встречаются суффозионно-провальные воронки. Большие диаметры обусловлены устойчивостью соликамских отложений, в нижерасположенных гипсах сначала формируется крупная карстовая полость при достижении ей критических размеров происходит мгновенный провал с образованием на поверхности больших карстовых провалов бутылочной, мешкообразной формы. Категория устойчивости относительно карстовых провалов III, IV, V зависит от мощности отложений и гидрогеологических условий.

На иренских отложениях (тип разреза 8, 9), больше всего плотность воронок на 8 типе разреза, здесь диаметр воронок от 1,0-10 м (до 20,0 м) и глубиной от 1,0 до 5,0 м (до 10,0 м) если они сверху перекрыты элювиально-делювиальными отложениями, генезис воронок суффозионно-провальный (рис. 5). Часто образуются мелкие воронки и поноры коррозионного типа диаметром 0,5-2 м и глубиной 0,5-3,5 м, на голом типе карста (рис. 4). Категория устойчивости I, II, III зависит от мощности перекрывающих элювиально-делювиальных грунтов и их литологии.



Рис. 4. Поноры в гипсах лунежской пачки (P_{1ir1})



Рис. 5. Суффозионно-провальные воронки, гипсы (P_{1ir1}) перекрыты суглинками 1,5 м

Для гипсов характерны эрозионно-карстовые и карстовые лога. Карстовые котловины распространены в гипсах и карстовой брекчии. Карстовые депрессии образуются на границе карбонатов филипповского горизонта и гипсово-ангидритовых отложений иренского горизонта (тип разреза 8, 9). Для Ординского района также характерны карстовые реки, карры,

поноры. Характеристика по карстоопасности Ординского района связанная с типами геологических разрезов приведена в табл.1.

Таблица 1

Карстоопасность участков и типы геологических разрезов

| Типы разрезов (отложения), литология | S, км ² | Плотность карстовых форм на км ² | Кол-во карстовых провалов на 1 км ² в год | Категория устойчивости территории относительно интенсивности образования карстовых провалов по СП 11-105-97 часть II |
|--|--------------------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Типы: 2 и 3 (Q) Галька, песок, супесь, суглинков, подстилаются гипсами P _{1ir1} | 77,4 | 10 | свыше 0,1 до 1 | Район очень высокой степени карстоопасности - II |
| Тип: 1 (P _{1ss}) Песчаники, аргиллиты, алевролиты | 411,6 | единичные | до 0,01 или исключается | Практически безопасные участки V-VI |
| Типы: 6 и 7 (P _{1sl}) Доломиты, известняки, песчаники, алевролиты, подстилаются гипсами и ангидритами | 89,52 | 50 | свыше 0,01 до 0,05 | Участок низкой степени карстоопасности-IV |
| Типы: 8 и 9 (P _{1ir1} , P _{1ir2}) Гипсы, доломиты, известняки | 553,2 | 100-250 100-150 | свыше 1 | Район высокой степени карстоопасности-I-II |
| Тип: 5 (P _{1fl}) Доломиты, известняки | 70 | 10-50 | Свыше 0,01-0,05 | Район низкой степени карстоопасности приосевой части Уфимского вала - III-IV |
| Тип: 4 (P _{2-Q}) Ольховская брекчия, подстилаются доломитами, известняками | 41 | 10 | до 0,01 | Район низкой степени карстоопасности приосевой части Уфимского вала-V |

Примечание: плотность карстовых воронок (провалов) определялась по опубликованным данным, на основе дешифрирования аэрофотоснимков, маршрутных исследований.

Интенсивность карстовых провалов на 1 км² в Ординском районе на участках близкого залегания гипсов значительно превышает нормативные показатели СП 11-105-97 часть II. При техногенном воздействии интенсивность карстовых процессов возрастает в разы.

Наиболее изученным в Ординском районе является участок Ясылского карстового поля, по которому проходят трассы магистральных газопроводов. Ясылское карстовое поле входит в Иренский карстовый район, здесь на площади 19 км², до строительства газопроводов было зафиксировано 2537 воронок. Воронки преимущественно конусообразные, чаще всего они располагаются цепочками, во многих из них выходят карстовые породы, между воронками сохранились перемычки. Размеры воронок самые разнообразные и часто достигают 15-25 м в поперечнике и 5-10 м в глубину. Среди пещер самой крупной на Ясылской площади является Пономаревская протяженностью до

300 м. Площадной коэффициент закарстованности территории Ясылынского поля составляет 2,4% [1,2].

По Г.А. Максимовичу это I класс с весьма значительной степенью плотности [3].

По результатам мониторинга с 1997 по 2019 г при ширине коридора магистральных газопроводов 200 м на участке протяженностью 5 км было зафиксировано 813 карстовых форм. На начало мониторинга в 1997 г было зафиксировано 186 карстовых провалов. В основном это небольшие просадки, поноры, большинство из них суффозионно-карстовые.

На участках трассы газопровода по классификации Г.А.Максимовича (1963) выявлены следующие типы карста, соответствующие определенным типам разрезов:

- 1) голый карст, там, где карстующиеся породы выходят на поверхность земли, тип разреза 8,9;
- 2) задернованный, там, где на выровненных участках или в понижениях рельефа карстующиеся породы задернованы, тип разреза 8,9;
- 3) подэлювиальный и подаллювиальный – под отложениями соответствующего генезиса, тип разреза 2,3;
- 4) закрытый – под соликаменскими породами, тип разреза 6,7.

Отличительной особенностью участка является большое количество суффозионно-карстовых и провальных воронок, увеличение глубины карстовых форм с востока на запад, омоложение карста – «дочерние воронки», резкие обрывистые склоны воронок с оползанием дерна, признаки современного карстообразования.

Карстуются гипсы и ангидриты лунежской пачки мощностью до 40,0 м, приуроченные к зонам вертикальной и горизонтальной циркуляции карстовых вод. Наиболее закарстованы кавернозные гипсы мощностью 0-15,0 м. Кавернозные гипсы подстилаются сильновыветрелыми гипсами мощностью 0,5-9,0 м и гипсами выветрелыми мощностью 0,5-20,0 м.

Данные мониторинга по показателям поверхностной закарстованности на трассе магистральных газопроводов в Ординском районе Пермского края с 1997 по 2019 гг. приведены на рис. 6.

Минимальное количество образовавшихся карстовых форм, а именно 12 наблюдалось в 2004 г, максимальное количество зафиксировано в 1997 г образовавшиеся после строительства в 1985 г трасс газопроводов и составило 186 форм. Общая тенденция скачкообразное изменение количества новых карстовых форм по годам. Большинство суффозионно-карстовых провалов образуется в весенний период года во время оттаивания грунтов при наличии достаточно большого количества талой агрессивной воды. Ежегодно проводимые мероприятия по тампонированию провалов стабилизируют карстовый процесс. В результате не образуются провалы значительных объемов которые бы могли привести к аварийным ситуациям.

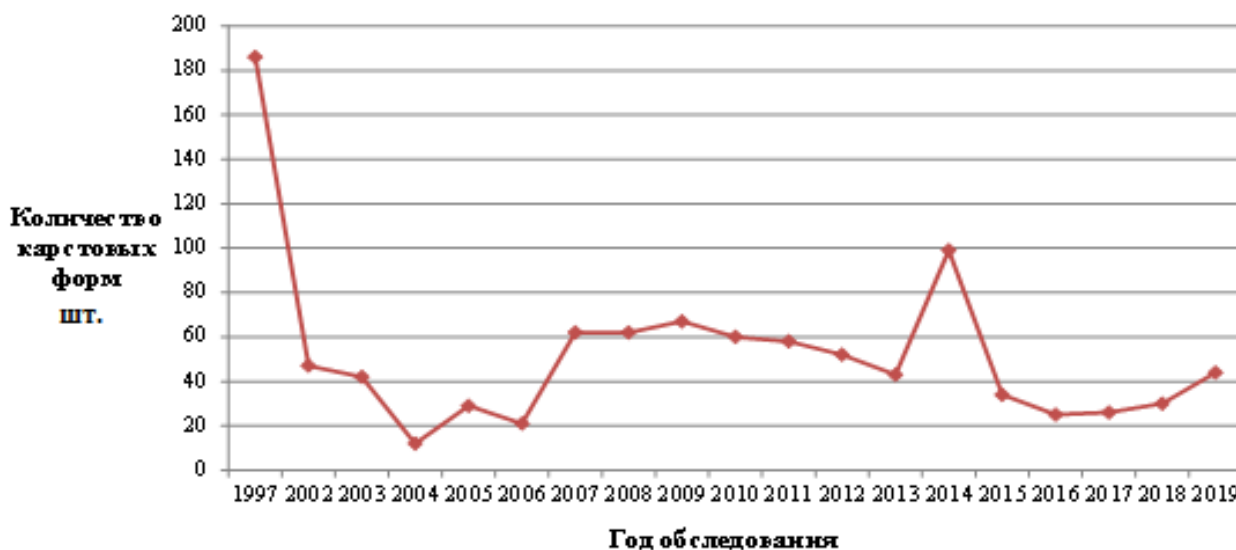


Рис.6. Количество карстовых форм в период с 1997 по 2019 гг.

На рис. 7 показано изменение среднего диаметра карстовых форм в период с 1997 по 2019. Средний диаметр варьируется от 0,6 до 6 метров. Наблюдается некая периодичность, позволяющая выделить несколько периодов уменьшения диаметра, которые чередуются с периодами увеличения.

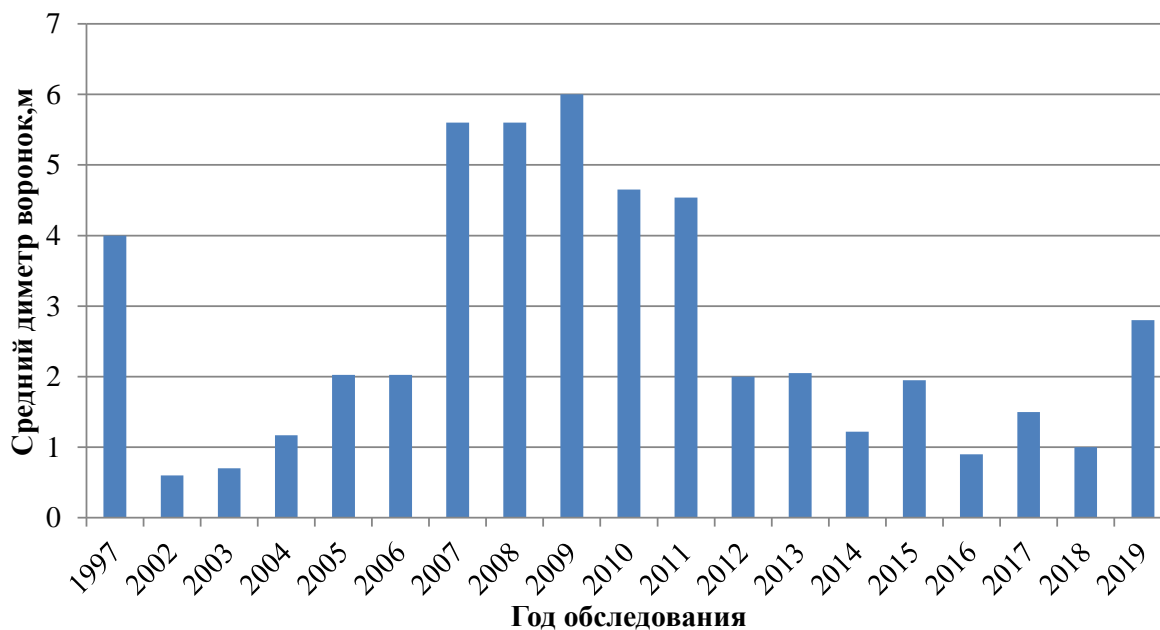


Рис. 7. Средний диаметр карстовых форм

На рис. 8 показана средняя глубина карстовых форм, она изменяется в узком интервале с 0,8 до 1,6 метров. Наибольшая глубина была зафиксирована в 1997 году, далее наблюдается уменьшение глубины карстовых воронок и

дальнейшая стабилизация, глубина воронок колеблется в пределах одного метра.

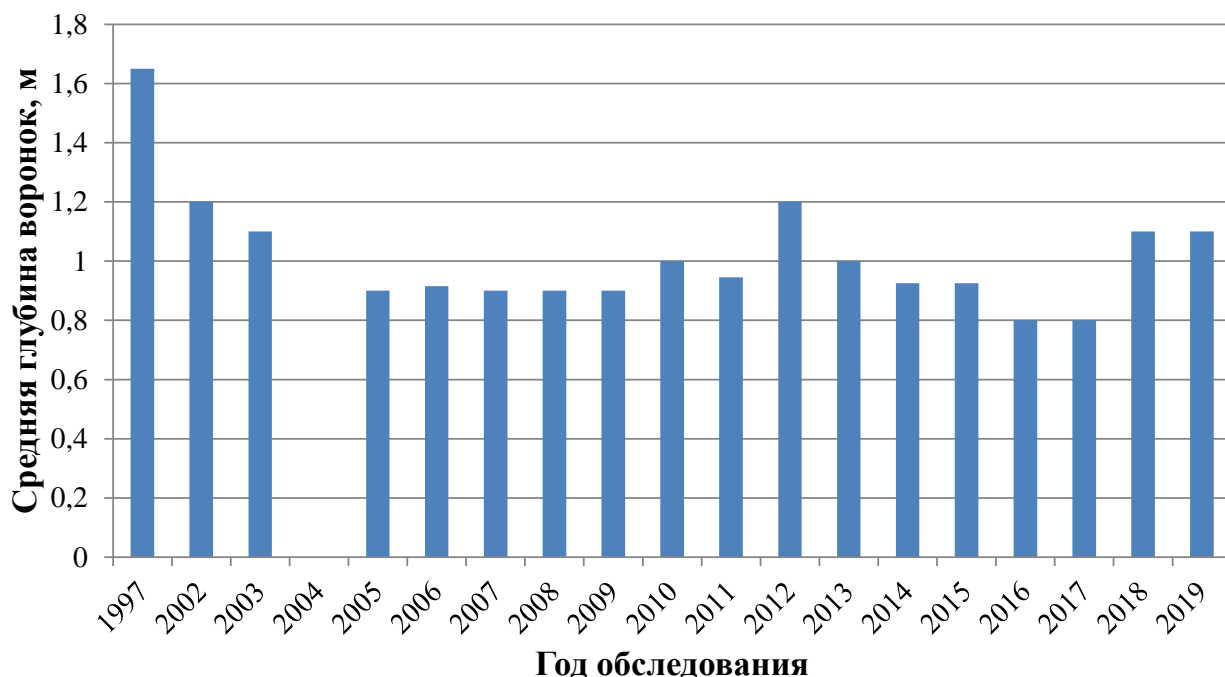


Рис. 8. Средняя глубина карстовых воронок

Активизация карстово-суффозионных процессов на трассах магистральных газопроводов вызвана следующими причинами:

- в ходе строительства трасс, существующие карстовые воронки засыпались местным грунтом без должного уплотнения, производилась свodka леса, перепланировка территорий без учета направления поверхностного стока;
- обваловка труб препятствует поверхностному стоку дождевых и талых вод, что приводит к росту эрозионных и суффозионных процессов;
- проходка траншей с помощью тяжелой землеройной техники и с помощью взрывов привела к разрыхлению верхнего слоя горных пород и грунтов, что создало дополнительные пути фильтрации поверхностных и подземных вод;
- разогрев труб газопроводов при перекачке газа создает эффект «термолифта» (отсутствие мерзлоты над трубами газопроводов), таяние снега над трассами и поступление этих вод под трубы вызывает круглогодичный карстовый процесс в зоне аэрации.

Выводы

Карст Иренского карстового района отличается высокой интенсивностью, большим количеством карстовых форм, значительными коэффициентами поверхностной, площадной и глубинной закарстованности, высокой частотой провалов.

На гидрогеологической карте М 1:200000 выделены типы разрезов. Выявлено, что на участках выхода соликамских отложениях воронки имеют наибольшие размеры (диаметр-20м, глубина -10м). На участках выхода

шешминских отложений размеры воронок минимальные (диаметр-1-3м, глубина- 2-3м).

По оценке карстоопасности наиболее опасным является участки 8-9 с выходами иренских отложений (P_{1ir}), что составляет 100-250 форм на км² и свыше 1 провала на 1 км² в год.

При техногенном воздействии на карстовый процесс происходит значительная его активизация. На участке трасс магистральных газопроводов среднее количество суффозионно-карстовых просадок и провалов по данным мониторинга с 1997 по 2019г составляет 29 шт. в год на 1 км², что значительно превышает нормативные показатели СП 11-105-97 часть II.

Библиографический список

- 1. Горбунова К.А. Морфология и гидрогеология гипсового карста. Пермь: изд-во ПГУ, 1979. 95 с.*
- 2. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Полости Краснояльского карстового поля // Пещеры: Межвуз. Сб. науч. тр. Перм. ун-т. Пермь, 1999. С.52-57.*
- 3. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Пермь, 1963. Т.1. 444с.*
- 4. Минькевич И.И., Килин Ю.А. Активизация карста и провалообразование на территории города Кунгура и его окрестностей // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2003. С.248-249.*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН АКТИВИЗАЦИИ ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЯ В ГАГИНСКОМ РАЙОНЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Активизация карстовых процессов на территории Нижегородской области наблюдается осенью и весной (обычно 2-3 шт. в год). В связи с закономерным увеличением длительности теплого сезона за счет изменения климата на сегодняшний день существуют предпосылки того, что среднее количество провалов в год может возрасти до 4-5 и больше. В данной работе рассмотрены основные условия и факторы, влияющие на образование провалов на территории Гагинского сельского поселения, на примере провала, образовавшегося 24 марта 2020 года в селе Березники.

Ключевые слова: карст Нижнего Новгорода, изменение климата, карст-суффозионные процессы.

T.G. Kovaleva, A.A. Sannikov

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

ANALYSIS OF POSSIBLE REASONS FOR THE ACTIVATION OF KARST SINKHOLES IN THE GAGINSKY DISTRICT OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Activation of karst processes in Nizhny Novgorod region is observed in autumn and spring (usually 2-3 failures per year). Due to a natural increase in the duration of the warm season due to climate change, there are currently assumptions that the average number of failures per year may increase to 4-5 or more. This paper considers the main conditions and factors affecting the formation of failures on the territory of Gaginsky rural settlement, using the example of the failure that occurred on March 24, 2020 in the village of Berezniki.

Keywords: karst of Nizhny Novgorod, climate change, karst and suffusion processes.

24 марта 2020 года в поселке Березники между улицами Въездная и Молодежная Гагинского района Нижегородской области образовалась карстовая провальная воронка площадью 176 м² (рис. 1). Абсолютные отметки ее бровок составляют 112-114 м по данным Google Earth. Диаметр воронки по большей оси 22 м по меньшей оси 19,5 м по замерам на 25.03.2020.

Провал расположен на первой надпойменной террасе долины реки Пьяны, расчлененной многочисленными меандрами и старицами. В геологическом строении территории, в пределах которой произошел провал, принимают участие отложения четвертичной и пермской систем.



Рис. 1. Общий вид карстового провала 25.03.2020 г. Вид с западной стороны

На территории села Березники с площадью 0,83 км² насчитывается более 5 провалов, которые расположены к северу и северо-востоку от описываемого объекта, с округлой в плане и конусообразной в профиле формой. Среди всех карстовых форм этого района провал, образовавшийся 24 марта, является самым большим в диаметре и наиболее глубоким, достигая глубины 11,5 м.

Кроме этих особенности необходимо отметить, что все предыдущие формы были образованы поздней весной или в начале лета, в то время как последний провал произошел в конце марта. Это указывает на смещение сроков активизации карста; подтверждением этого служит образование одного провала 6 апреля в этом же районе в схожих геоморфологических, геологических и гидрогеологических условиях и еще одного провала, расположенного в Арзамасском районе между селами Саблуково и Майское, в конце марта – начале апреля.

На активизацию карстовых процессов в краткосрочной перспективе влияет ряд факторов, среди которых выделяются климатические особенности периода и изменение гидрогеологических условий. Для выявления причин, повлиявших на активизацию карста, необходимо восстановить климатические условия провалообразования предыдущих лет и соотнести полученные значения с данными за зимне-весенний период 2020 года. Но для начала рассмотрим геологическое строение провала и района.

Визуальный осмотр провала показал, что верхним слоем является темно-коричневая почва с мощностью от 0,3 м в северной части и до 1,5 м в южной части; ниже залегает желтовато-коричневый суглинок, со столбчатой и тонкослоистой отдельностью с мощностью до 7 м; в самой нижней видимой части воронки прослеживается выход мощностью 2,5-3,0 м плотной желтовато-коричневой глины с серыми и желтыми хаотичными пятнами и прожилками песка.

По данным ближайших карстологических скважин, пробуренных на расстоянии от 5 до 15 км от воронки, четвертичная система сложена

аллювиальными и аллювиально-делювиальными отложениями, представленными опесчаненными суглинками, песчанистыми глинами; общая мощность верхнечетвертичных и современных отложений от 15 до 25 м. Коренные отложения вскрываются на глубинах от 20 до 35 м, представлены глинами, алевролитами, песчаниками, гипсами нижнеустыинского горизонта татарского отдела перми, ниже залегают сильно закарстованные, трещиноватые и кавернозные казанские известняки с частично или полностью заполненными полостями. Мощные сульфатные отложения по региональным данным залегают на глубине от 80 до 100 м и представлены гипсами и ангидритами сакмарского яруса нижней перми [1]. Схематический разрез вмещающих пород приведен на рис. 2.

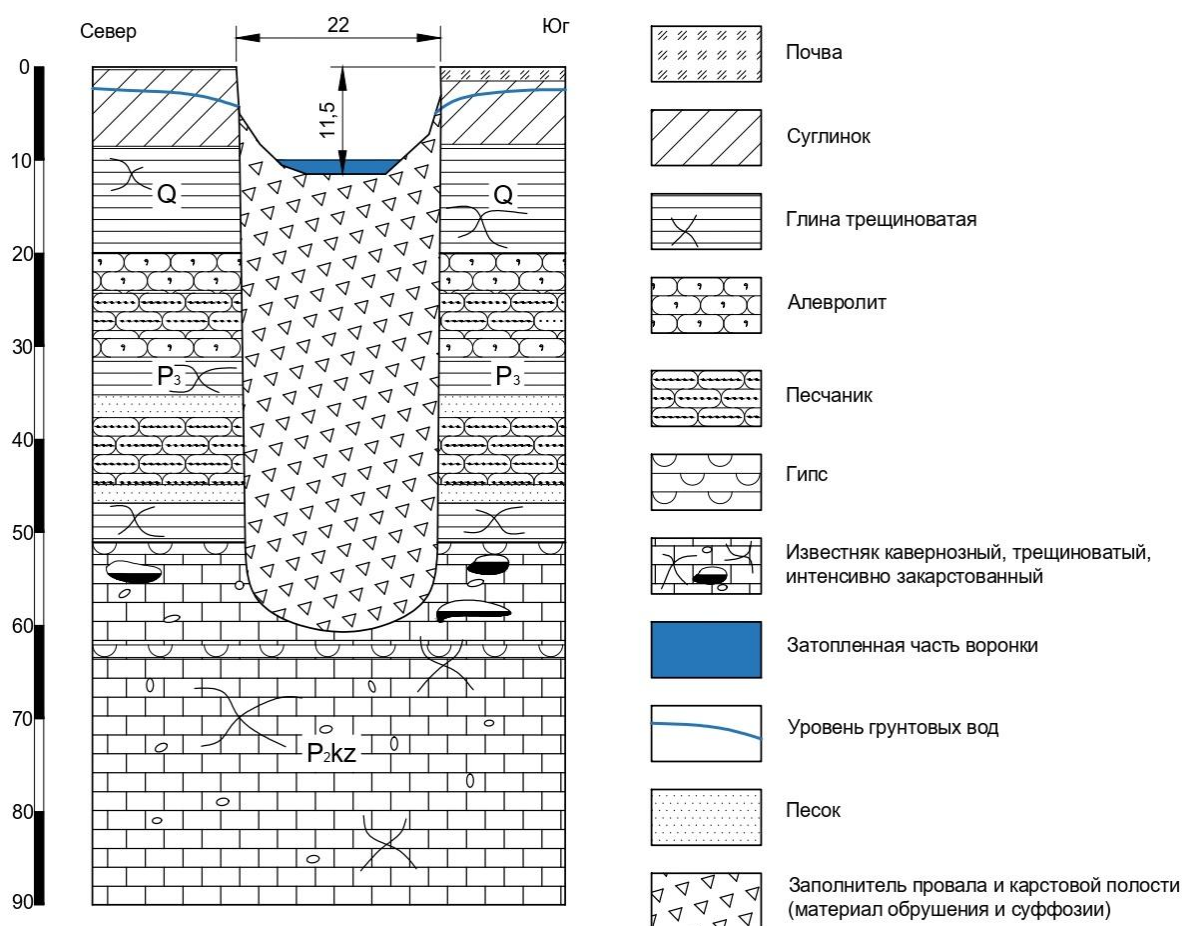


Рис. 2. Схематический геологический разрез

В гидрогеологическом отношении на участке выделяются два водоносных горизонта: грунтовый, приуроченный к четвертичным аллювиальным и аллювиально-делювиальным отложениям и трещинно-карстовый, приуроченный к карбонатно-сульфатным отложениям [5].

Грунтовые воды безнапорные или с небольшим напором, залегают на глубине 0,5-5,0 м. По химическому составу воды преимущественно

гидрокарбонатные, кальциевые. Трещинно-карстовые воды приурочены к трещиноватым казанским отложениям, исходя из механизма, по которому образовался провал, носят напорный характер.

По химическому составу трещинно-карстовые воды агрессивны к карстующимся породам за счет наличия водообмена с вышележащим водоносным горизонтом.

Активное растворение водами пермских отложений таким образом возникает за счет, первое, фильтрации пресных атмосферных осадков по трещиноватым отложениям и, второе, за счет дренирующего воздействия речной сети, в частности, реки Пьяны [3].

Начало раннего провалообразования в данных условиях связано с началом активного снеготаяния, спровоцированного резким потеплением в середине февраля (рис. 3). Судя по графику в зимний период 2019-2020 градиент отрицательных температур был несравненно ниже, чем в предыдущие периоды, а потепление происходило быстро и однонаправленно. Наличие песчаной фракции в суглинистой покровной толще, наличие в перекрывающей глинистой толще песка могло способствовать в момент насыщения пород водой ослаблению связей между частицами над полостью и началу необратимой деформации татарских и четвертичных отложений и их вынос с дальнейшим обрушением в карстовую полость.

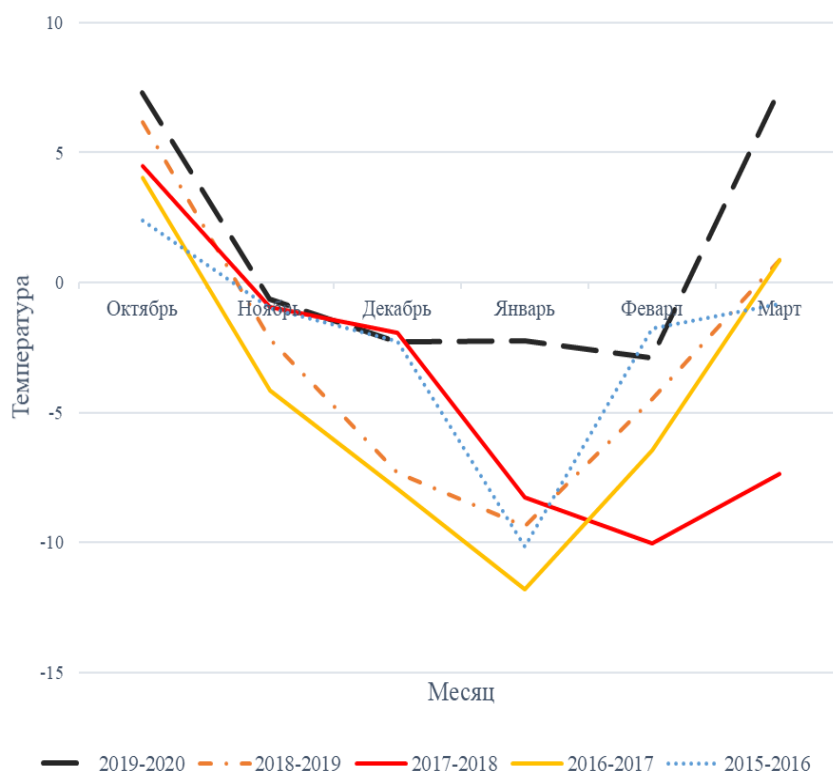


Рис. 3. Изменение температуры за 2015-2020 года по месяцам в Нижнем Новгороде

Отличительной чертой карстово-суффозионного процесса данной территории является то, что он чрезвычайно чувствителен к локальным

техногенным воздействиям, таким как утечки вод из водонесущих коммуникаций, работа грунтовых водозаборов и т.д. [4].

По результатам осмотра было установлено, что в южной части провала на глубине около 1,8-2,5 м находится водопровод с характерными углублениями (до 0,3 м) под трубами. Сформировавшаяся утечка образовала вокруг себя область с повышенной влажностью и повышенной температурой, таким образом, создав ослабленную зону, по которой происходила гидрогеологическая связь между верхним четвертичным водоносным горизонтом и нижним трещинно-карстовым водоносным горизонтом перми.

В результате всех перечисленных условий и факторов на поверхности возник карстово-суффозионный провал 24 марта 2020 года. Кроме этого, можно утверждать, что из-за схожих причин возник провал, образовавшийся 6 апреля.

Как уже отмечалось, причиной возникновения провалов могло послужить ранее потепление и обильное снеготаяние, повлекшее за собой кратковременное повышение уровня грунтовых вод, насыщение грунтовых частиц водой, их вынос в процессе суффозии в нижележащие толщи горных пород (из четвертичных и татарских отложений в казанские).

Смещение сроков снеготаяния можно соотнести с общим потеплением во вторую половину XX века на Центральной территории России (рис. 4). По данным доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год [2] в России каждый год увеличивается количество осадков (2.2% нормы за 10 лет), главным образом за счет осадков весеннего сезона - 5.9% нормы за 10 лет. Однако стоит все же отметить, что зимой и летом на обширных территориях наблюдается их убывание.

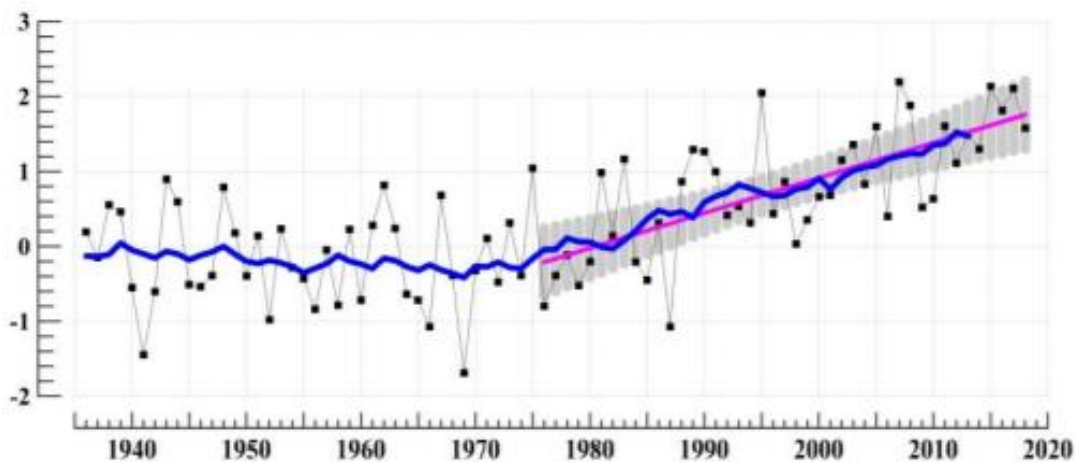


Рис. 4. Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}$ C), осредненные по территории России, 1936-2018 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг.

Тенденция раннего потепления приводит к увеличению времени активной фильтрации влаги в толщу карстующихся и суффозионных пород. В большей же мере на карстово-суффозионные процессы влияет не сам факт потепления, но факт увеличения скорости потепления и количества осадков в ранневесенний период, закономерно ослабляющий взаимосвязи между

частицами грунта в дисперсных породах и увеличивающий количество агрессивной воды в трещинно-карстовом водоносном горизонте при наличии гидрогеологических «окон».

По категории карстоопасности территория относится к весьма высокой (I-III). Территория к юго-западу характеризуется пониженной категорией карстоопасности (III-IV) (рис. 5). Рассматривая отдаленную перспективу, общее количество провалов должно расти вместе с ростом среднегодовой температуры и количества осадков, увеличение которых на данный момент наблюдается в Центральной части России [2]. И если закономерное изменение климата не вызывает сомнений, как и качественная его взаимосвязь с образованием поверхностных карстовых форм, то вопрос о том, как количественно связаны карстово-суффозионные провалы с изменением среднегодовой температуры и количеством осадков, остается открытым. Для этого планируется дальнейшая работа по сопоставления количества провалов в Нижнем Новгороде и Пермском крае с количеством осадков на данных территориях в единицу времени.

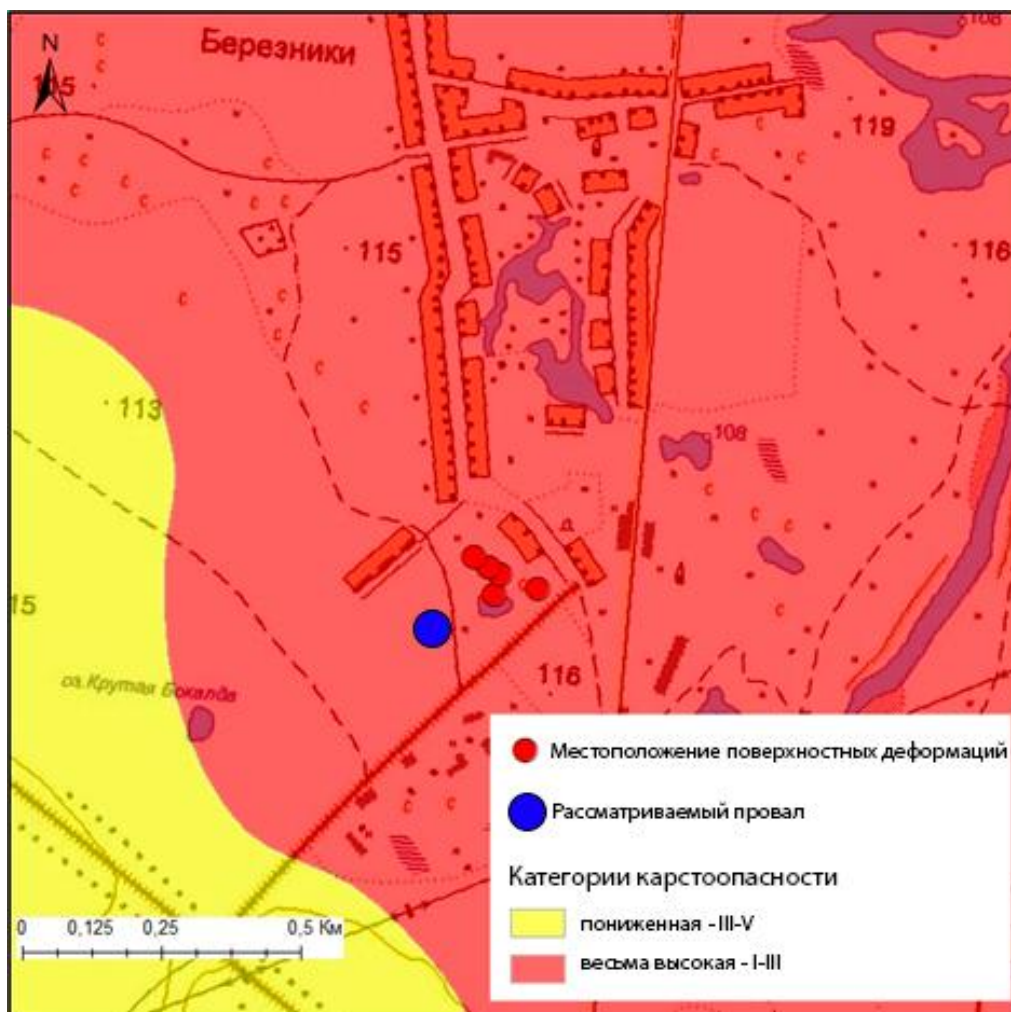


Рис. 5. Положение объекта на карте закарстованности [4]

Таким образом, по результатам проделанной работы было установлено, что для Гагинской карстовой зоны (как и для всего карста русского типа) характерным механизмом образования провалов является совместный карстово-суффозионный процесс, приводящий к обрушению перекрывающих отложений в момент предельного насыщения грунта водой и достижения карстовой полости критического размера. Гидрогеологическая связь, несомненно, присутствующая между водоносными горизонтами, может приводить к фильтрации агрессивных атмосферных вод к растворимым породам. Механизм такой фильтрации вполне понятен и возникает за счет наличия трещин в глинистых породах как четвертичных, так и пермских отложений. Под такими «окнами» образуются карстовые пустоты. Увеличение уровня грунтовых вод, возникающего за счет выпадения большего количества осадков (или единовременного таяния снега), приводит к уменьшению минерализации мигрирующих вод (повышение их агрессивности) и увеличению водонасыщенности околотрещинных пород, что приводит к ухудшению их механических свойств и дальнейшему обрушению.

Для определения зависимости количества провалов и увеличения количества осадков требует дополнительных исследований, но неоспоримо, что в дальнейшем строительство новых объектов потребует учета изменений продолжительности теплого периода и климатических норм как для Нижегородской области, так и для всех территорий, подверженных карстовым проявлениям.

Также следует отметить, что при наличии техногенного воздействия изменение механических свойств пород приобретает не сезонный характер, но круглогодичный. Для снижения рисков развития карстовых процессов и их влияния на близрасположенные здания и сооружения, строительство которых было выполнено для «нормальных» климатических условий, необходимо проводить мониторинговые работы, таких как проведение геофизических исследований методом ВЭЗ на глубину до 100 м, проведение карстологического бурения, назначаемого по результатам ВЭЗ, осмотр грунта над коммуникациями на наличие просадок и т.п. Особенно в мониторинге нуждаются придомовые участки и территории, где были проложены водонесущие коммуникации. Последнее достаточно убедительно доказывают провалы, образовавшиеся в марте-апреле в Гагинском районе Нижегородской области.

Библиографический список

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третьей поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-38 – Пенза. Объяснительная записка // А.В. Разумный, В.К. Шкатова и др.; Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019.

2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. Москва, 2019. С. 79.

3. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. II. Вопросы гидрогеологии карста, реки и озера карстовых районов, карст мела, гидротермокарст (учебное пособие). Пермь: Книжная типография № 2, 1969. 524 с.

4. Рекомендации по проведению инженерной изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области от 9 апреля 2012 / Правительство Нижегородской области, 2012. 139 с. URL: <http://www.prokarst.ru/wp-content/uploads/Рекомендации-Утвержденные-09-04-2012-Директором-Департамента-градостроительного-освоения-территорий-Нижегородской-области.pdf> (дата обращения: 9.11.2020). Текст: электронный.

5. Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань: Изд. Казанского университета, 1967. 291 с.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ВЕРХНЕКАЗЫМСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

Проведены инженерно-геологические изыскания на Верхнеказымском нефтяном месторождении в Западной Сибири. Рассмотрены факторы, влияющие на разработку и инфраструктуру месторождения. Выполнена инженерно-геологическая оценка и районирование Верхнеказымского месторождения.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, изыскания, Верхнеказымское нефтяное месторождение.

D.V. Kozlov I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS
VERKHNEKAZYMSKY OIL FIELD (WESTERN SIBERIA)**

Engineering and geological surveys were carried out at the Verkhnekazymskoye oil field in Western Siberia. The factors influencing the development and infrastructure of the field are considered. An engineering-geological assessment and zoning of the Verkhnekazymskoye field were carried out.

Key words: engineering and geological conditions, surveys, Verkhnekazymskoe oil field.

Введение

На территории Западной Сибири сконцентрировано большое количество месторождений нефти. В связи с этим в Ханты-Мансийском автономном округе с каждым годом растет число нефтепроводов, которые являются сооружениями повышенного уровня ответственности, поскольку в результате аварийных ситуаций возможно нанесение значительного негативного воздействия на окружающую среду. Для обоснования проектной подготовки строительства зданий и сооружений на нефтяных месторождениях и нефтегазопроводах, 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 [3, 4]. Особое внимание необходимо уделять изучению глубинных процессов [3-9].

Объектом изучения является геологическая среда в районе Верхнеказымского нефтяного месторождения. Предмет изучения: закономерности формирования инженерно-геологических условий.

Инженерно-геологическая изученность

Верхнеказымское нефтяное месторождение расположено в Белоярском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Месторождение было открыто в 1990 году. Верхнеказымское месторождение находится в распределённом фонде недр, по величине извлекаемых запасов относится к классу средних, по геологическому строению – к сложным, а по степени промышленной освоенности к разведываемым [16].

В целом территория Верхнеказымского нефтяного месторождения относительно слабо изучена и слабо освоена в хозяйственном отношении, сеть капитальных дорог слабо развита. Однако в последние годы данная территория интенсивно осваивается. Комплексные изыскательские работы по объекту «Обустройство Верхнеказымского нефтяного месторождения. Шестая очередь» выполнялись институтом «СургутНИПИнефть» на основании договора (плана-задания) с НГДУ «Нижнесортымскнефть» ОАО «Сургутнефтегаз» в 2018 г.

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. Для более полной характеристики физико-механических свойств грунтов использовались материалы лабораторных исследований грунтов [16].

Основные методы исследований

Методика изысканий и объемы работ соответствовали установленным нормативным документам [1]. 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.

Инженерно-геологический анализ, оценка территории по степени сложности инженерно-геологических условий проводились с применением аэрокосмогеологических исследований [3-13, 15, 22].

Природно-геологические факторы формирования инженерно-геологических условий

Район исследования расположен в лесной зоне правобережья Нижней Оби, в бассейне реки Казым. Поверхность территории представляет собой славодреннированную залесенную равнину с обширными труднопроходимыми болотами и большим количеством внутриболотных озер. Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким теплым летом (рис. 1) [14].

В геологическом отношении изучаемый район находится в пределах Западно-Сибирской плиты, относится к территории Обской синеклизы.

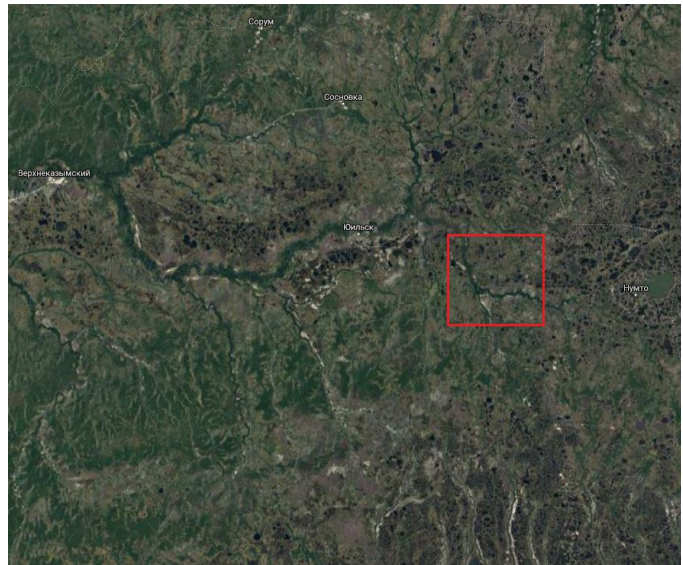
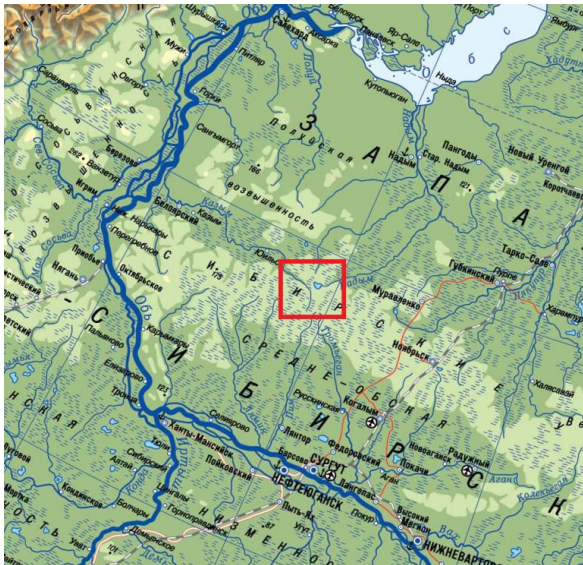
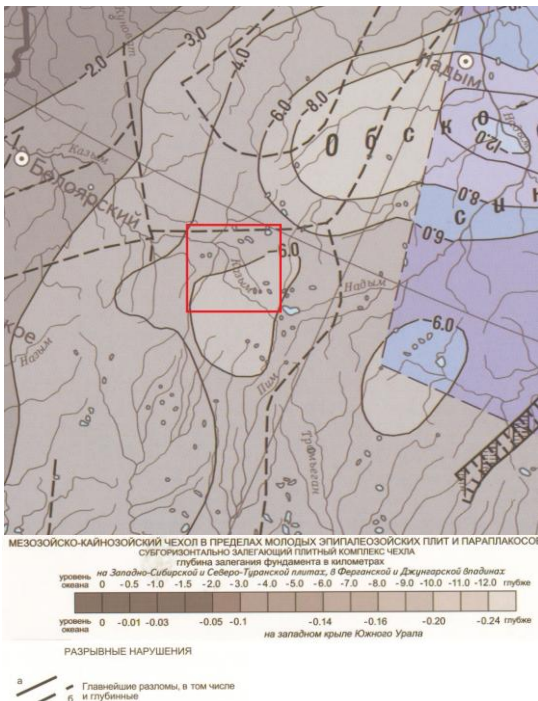
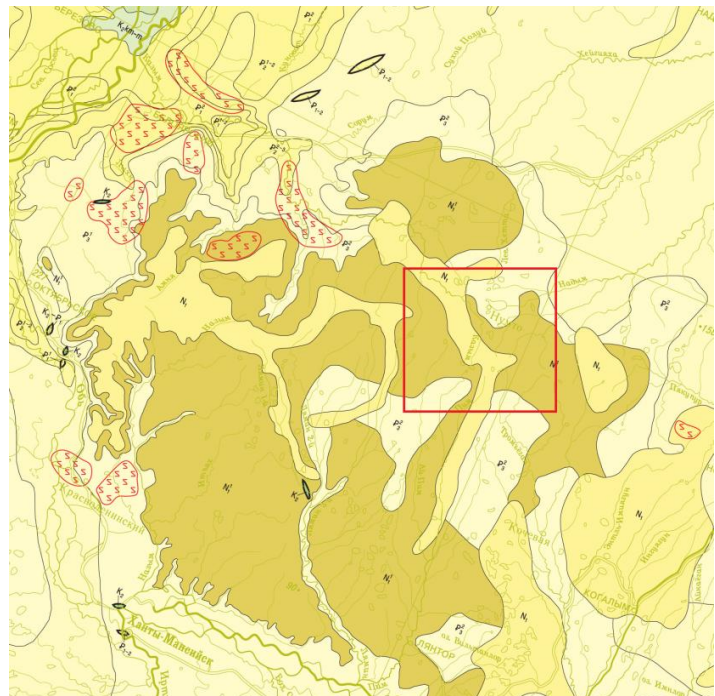


Рис. 1. Район Верхнеказымского нефтяного месторождения на карте и КОСМОСНИМКЕ

Исследуемая территория имеет четкое двухъярусное строение: нижний ярус – фундамент плиты и верхний ярус – мезо-кайнозойский платформенный чехол, разбитый системами тектонической трещиноватости на различные неотектонические блоки, с различной степенью геодинамической активности, что определяет специфику инженерно-геологических изысканий (рис. 2) [2, 5, 6, 8, 16-18, 21].



а - тектоническая карта [10]



б – геологическая карта [16]

Рис. 2. Тектоническая (а) и геологическая карты района (б)

Результаты изучения инженерно-геологических и геокриологических условий

По инженерно-геологическому районированию район исследований относится к инженерно-геологическому региону Западно-Сибирской плиты, к Среднеобской северной инженерно-геологической области [2].

На рис. 3. Приведена схема фактического материала инженерных изысканий на Верхнеказымском нефтяном месторождении [16].

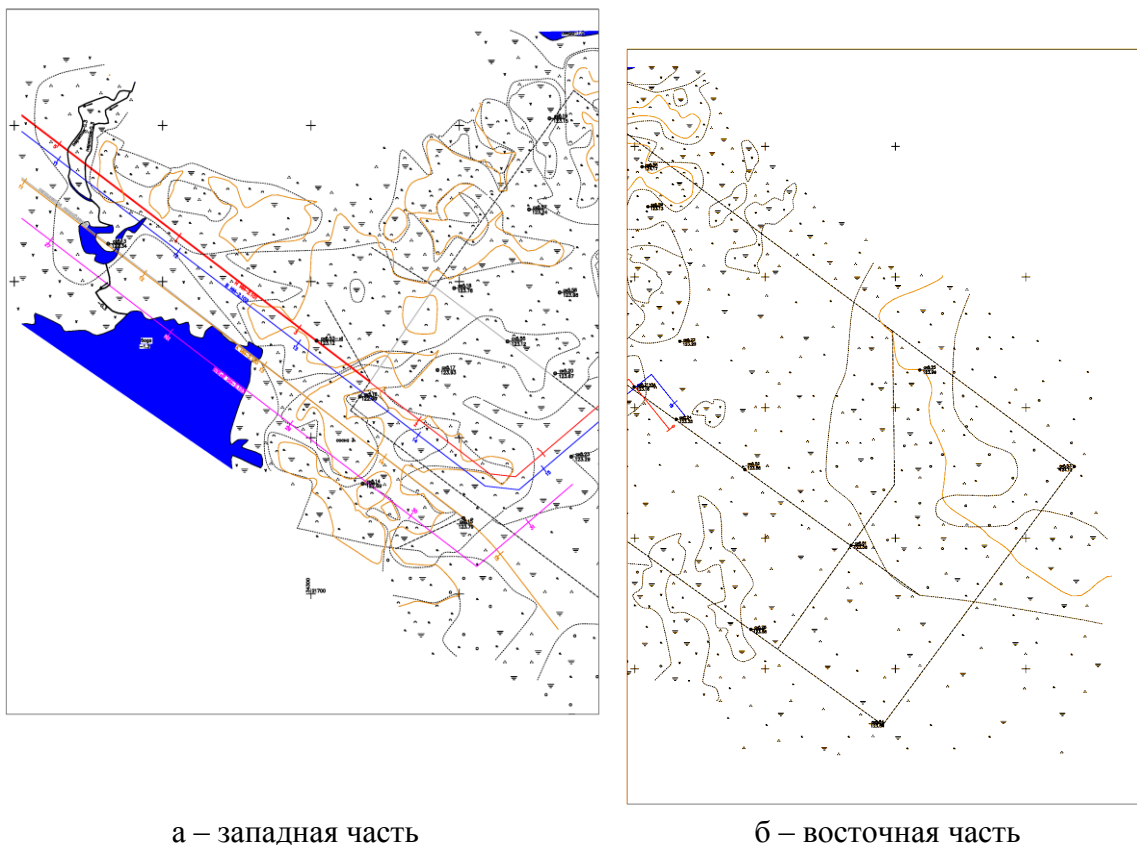


Рис. 3. Схема фактического материала инженерных изысканий на Верхнеказымском нефтяном месторождении [16].

Геологический разрез исследуемой территории изучен до глубины 5-25,5 м и представлен озерно-аллювиальными отложениями позднечетвертичного возраста, на большей части исследуемой территории перекрытыми современными озерно-болотными отложениями.

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-аллювиальные отложения представлены песками разной крупности и плотности сложения, суглинками полутвердыми, туго-, мягко- и текучепластичными, супесью от твердой до текучей консистенции, глинами туго- и мягкопластичными, а также текучими.

Озерно-болотные отложения на территории исследования представлены торфами открытого залегания от слаборазложившихся до сильноразложившихся, мощностью от 0,3 до 5,6 м.

Под насыпными грунтами озерно-болотные отложения представлены торфами разной степени разложения, искусственно погребенными, мощностью до 0,3-0,6 м. Мощность слоев и прослоев торфа 0,4-0,9 м [15].

По результатам полевых и лабораторных исследований, выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ), описание которых приведено в табл. 1.

Таблица 1

Инженерно-геологические элементы Верхнеказымского нефтяного месторождения

| Отложения | Наименование | Характеристика ИГЭ |
|---------------------|--------------|---|
| Озерно-болотные | ИГЭ-2 | Торф среднеразложившийся |
| | ИГЭ-3а | Торф слаборазложившийся |
| | ИГЭ-2м | Торф многолетнемерзлый после оттаивания среднеразложившийся |
| Озерно-аллювиальные | ИГЭ-7а-2 | Песок пылеватый средней плотности |
| | ИГЭ-7а-3 | Песок пылеватый плотный |
| | ИГЭ-7б-2 | Песок мелкий средней плотности |
| | ИГЭ-7б-3 | Песок мелкий плотный |
| | ИГЭ-7в-2 | Песок средней крупности средней плотности |
| | ИГЭ-7в-3 | Песок средней крупности плотный, |
| | ИГЭ-12г | Суглинок мягкопластичный |
| | ИГЭ-15б | Супесь пластичная |
| | ИГЭ-15б | Супесь пластичная с показателем текучести > 0.75 |
| | ИГЭ-7а-м | Песок пылеватый твердомерзлый средней плотности |
| | ИГЭ-7б-м | Песок мелкий твердомерзлый средней плотности |
| | ИГЭ-15м | Супесь пластичномерзлая после оттаивания пластичная |

Геологическое строение и литологические особенности грунтов на исследуемой территории, изменение их мощности в плане и по глубине отображены на инженерно-геологических разрезах (рис. 2).

Из современных физико-геологических процессов на территории района исследований отмечаются процессы морозного пучения грунтов, возникающие при сезонном промерзании, процессы заболачивания территории, процессы подтопления территории, многолетнее промерзание грунтов. Рассматриваемая территория относится к категории весьма опасной по пучению. По подтоплению территория относится к категории опасной.

Категория сложности инженерно-геологических условий по сочетанию факторов, определяющих производство изысканий (геоморфологических, геологических, гидрогеологических условий, фактору наличия опасных

геологических и инженерно-геологических процессов) на большей части изучаемой территории II (средняя). На участках распространения многолетнемерзлых пород категория сложности III (сложная) [16].

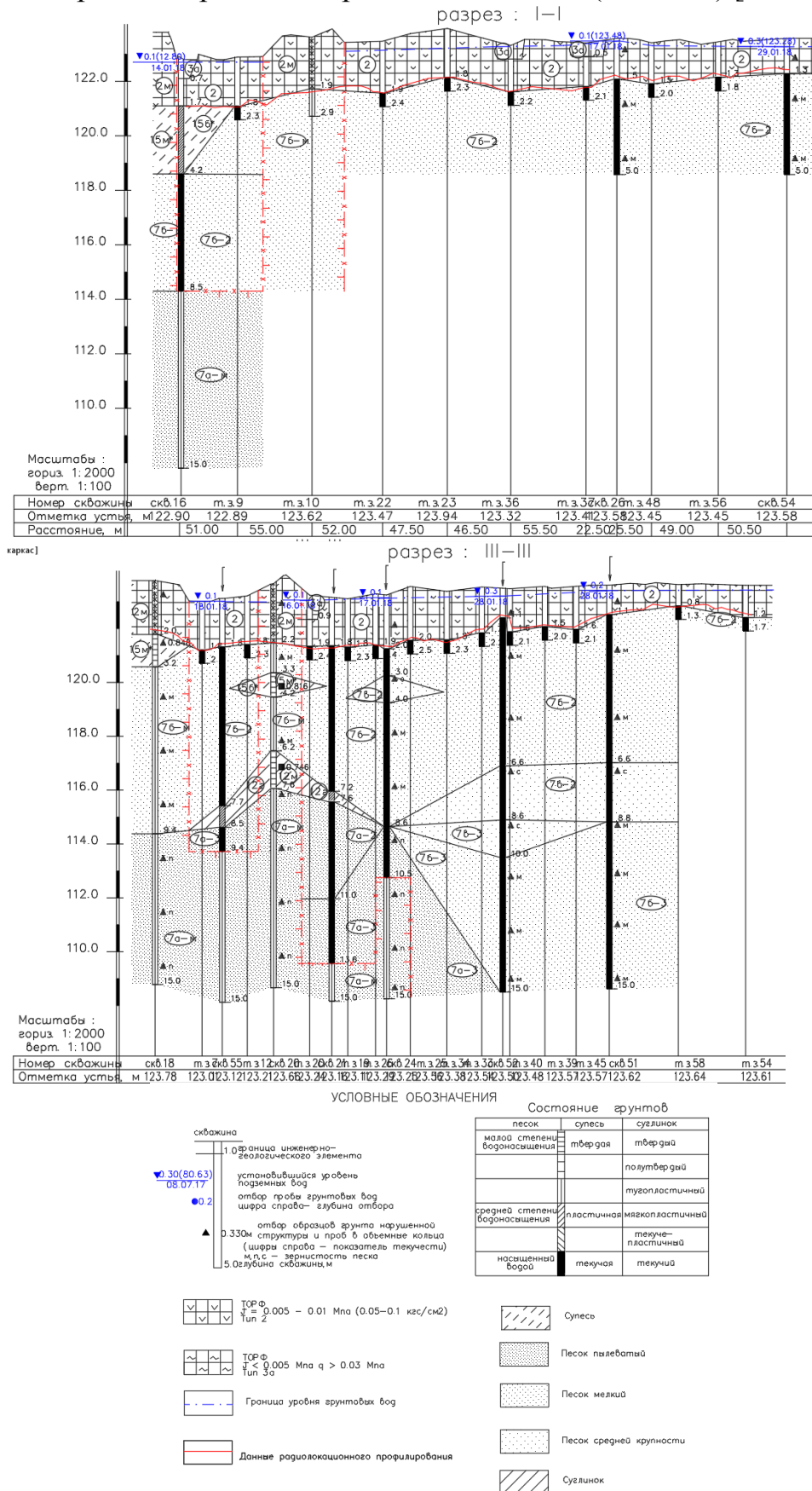


Рис. 4. Инженерно-геологические разрезы

Проведены инженерно-геологическое районирование и оценка степени сложности инженерно-геологических условий территории, с использованием методик [9, 18, 21]. По полученным инженерно-геологическим данным, с выделены следующие таксоны:

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. Рельеф плоский. Участки сложены торфами мощностью до 2 метров, глинистыми грунтами с показателем текучести $I_L < 0.75$ и плотными песками.

III - таксон характеризуется условно неблагоприятными условиями. Рельеф плоский, местами заболоченный, распространены многолетнемерзлые грунты, торф имеет глубину 2 и более метров, в основном средне- и сильно разложившийся (рис. 5).

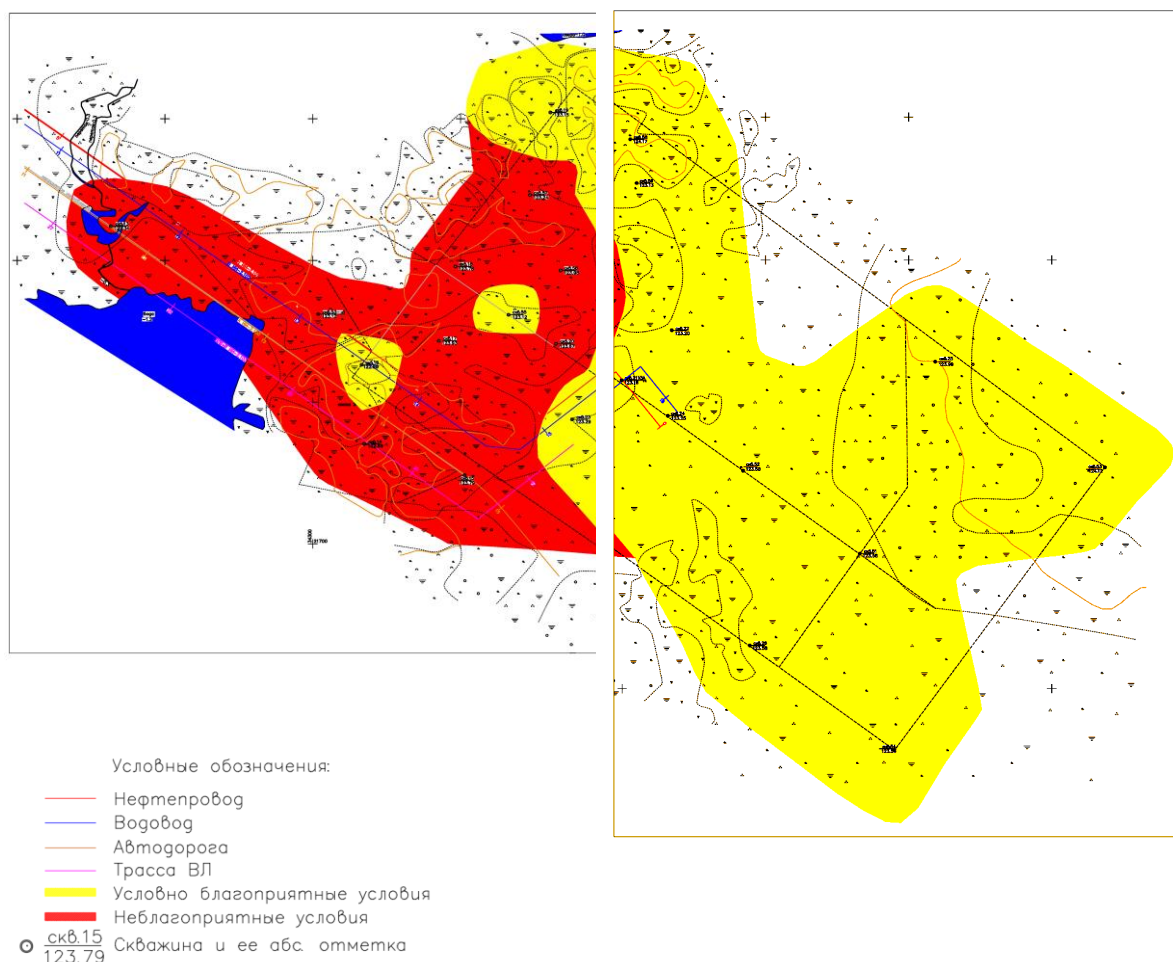


Рис. 5. Оценка территории по степени сложности инженерно-геологических условий

Заключение

Проведены изыскания и анализ инженерно-геологических условий территория Верхнеказымского нефтяного месторождения, которые

детализируют существующие инженерно-геологические представления о данной территории.

В результате оценки условий территория месторождения разделена на 2 класса по степени инженерно-геологической сложности. Наиболее опасные участки (III таксон) наблюдаются в местах с большой мощностью торфа, в местах заболачивания, а также на территории распространения многолетнемерзлых грунтов.

Рекомендации:

Происходящие на участках (III таксон) инженерно-геологические процессы будут оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду месторождения, поэтому их следует учитывать при разработке природоохранных мероприятий (уплотнение основания временной или постоянной нагрузки с устройством дренажа; прокладка трубопровода на участках развития торфов с мощностью более 2,0 м наземным способом на свайных фундаментах; выторфовка линз или слоев торфа с заменой его минеральным грунтом – на участках развития торфа с мощностью менее 2,0 м или прокладка трубопровода ниже глубины залегания торфа).

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 геологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3.
4. Копылов И.С. Геология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
5. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
6. 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.
7. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
8. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
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., Зарипова Д.А. Инженерно-геологические условия на юго-западе Пермского края (на примере Беляевского нефтяного месторождения) // В сборнике: *Геология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 185-196.
11. 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.
12. 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.

13. 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.

14. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 17. Тюменская и Омская области. Санкт-Петербург. Гидрометеиздат, 1998.

15. 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.

16. Отчетная документация по результатам инженерных изысканий на объекте: «Обустройство Верхнекалымского нефтяного месторождения. Шестая очередь». Сургут: ОАО «СургутНИПИнефть», 2018.

17. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 3. С. 85-90.

18. Середин В.В. Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии Пермь: Пермский гос. ун-т, 2011. 120 с.

19. Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий. Масштаб: 1:4000000. Отв. ред.: Е.Е. Милановский. МГУ, ФГУП ПКО «Картография». М., 2007.

20. Трофимов В.Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 278 с.

21. Шапошников Ф.Д., Копылов И.С. Инженерно-геологическая оценка и районирование Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 297-304.

22. 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 (см. в книгах). 2015. № 1-3. С. 305-311.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРНОЗАВОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА

В статье рассмотрены инженерно-геологические и гидрогеологические условия территории Горнозаводского городского 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, Горнозаводской городской округ, Пермский край.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF GORNOZAVODSKY CITY DISTRICT

The article discusses the engineering-geological and hydrogeological conditions of the territory of the Gornozavodsky city 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, Gornozavodsky city district, Perm Territory.

Введение

Горнозаводской городской округ (ГГО) расположен в центрально-восточной части Пермского края, занимает площадь 7065 км².

Цель работы – характеристика инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории Горнозаводского ГО для целей общего природопользования и комплексного территориального планирования района.

Территория изучена мелкомасштабными и среднемасштабными геологическими, инженерно-геологическими и гидрогеологическими съемками, отдельными поисковыми, геофизическими и тематическими работами; при этом, совершенно не изучена глубоким и структурно-поисковым бурением.

Основные природно-геологические и техногенные факторы формирования инженерно-геологических и гидрогеологических условий Среднего Урала, включая территорию Горнозаводского ГО изложены в работах [1-3, 5, 6, 9, 16-32, 36, 37]. Ниже приводится характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических 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 [4, 7, 10, 19, 25, 35].

Гидрогеологические условия

По гидрогеологическому районированию территория Горнозаводского ГО в соответствии с «Перечнем бассейнов подземных вод территории СССР для ведения Государственного водного кадастра» (Островский, Антыпко, Конюхова, 1988), и «Методическими основами гидрогеологического районирования территории СССР, М, ВСЕГИНГЕО, 1990» [33] расположена в пределах Таймыро-Уральского региона (системы бассейнов коровых, жильно-блоковых, пластово-блоковых и пластовых вод приуроченных к областям герцинской складчатости Урала и Таймыра), полностью расположена в пределах Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых (пластово-блоковых и пластовых) вод (структура I порядка). Юго-западная часть площади в пределах Западно-Уральской внешней зоны складчатости (ЗУВЗС) входит в состав Западно-Уральского бассейна (структура II порядка), где выделяется Кизеловско-Дружининский бассейн (гидрогеологический блок – структура III порядка). Большую часть площади в пределах Центрально-Уральского поднятия (ЦУП) занимает Уральский бассейн (структура II порядка), где выделяется Средне-Уральский бассейн (гидрогеологический блок – структура III порядка). В зависимости от вещественного водовмещающих пород, их возрастной принадлежности, степени дислоцированности, метаморфизма и трещиноватости, химического состава вод на территории выделяется 16 гидрогеологических подразделений. Распространение их показано на гидрогеологической карте (рис. 1). Ниже приводится краткое описание (сверху вниз) по материалам гидрогеологических и геологических съемок (Беляев, Герасименко, 1964ф; Всеволожский, Белоусова и др., 1970ф; Копылов, Алексеева, 2002ф; Сулов, Зорин и др., 2004ф) [6, 8, 18, 21].

Водоносный четвертичный комплекс (aQ). Представлен подземными водами водоносных горизонтов аллювиальных и элювиально-делювиальных образований, составляющих верхнюю часть гидрогеологического разреза.

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (aQ_{IV}). Подземные воды аллювиальных отложений приурочены к современным долинам рек Чусовой, Усьвы, Вильвы, Вижая, Койвы. Аллювий высоких террас практически безводен или содержит горизонт верховодки.

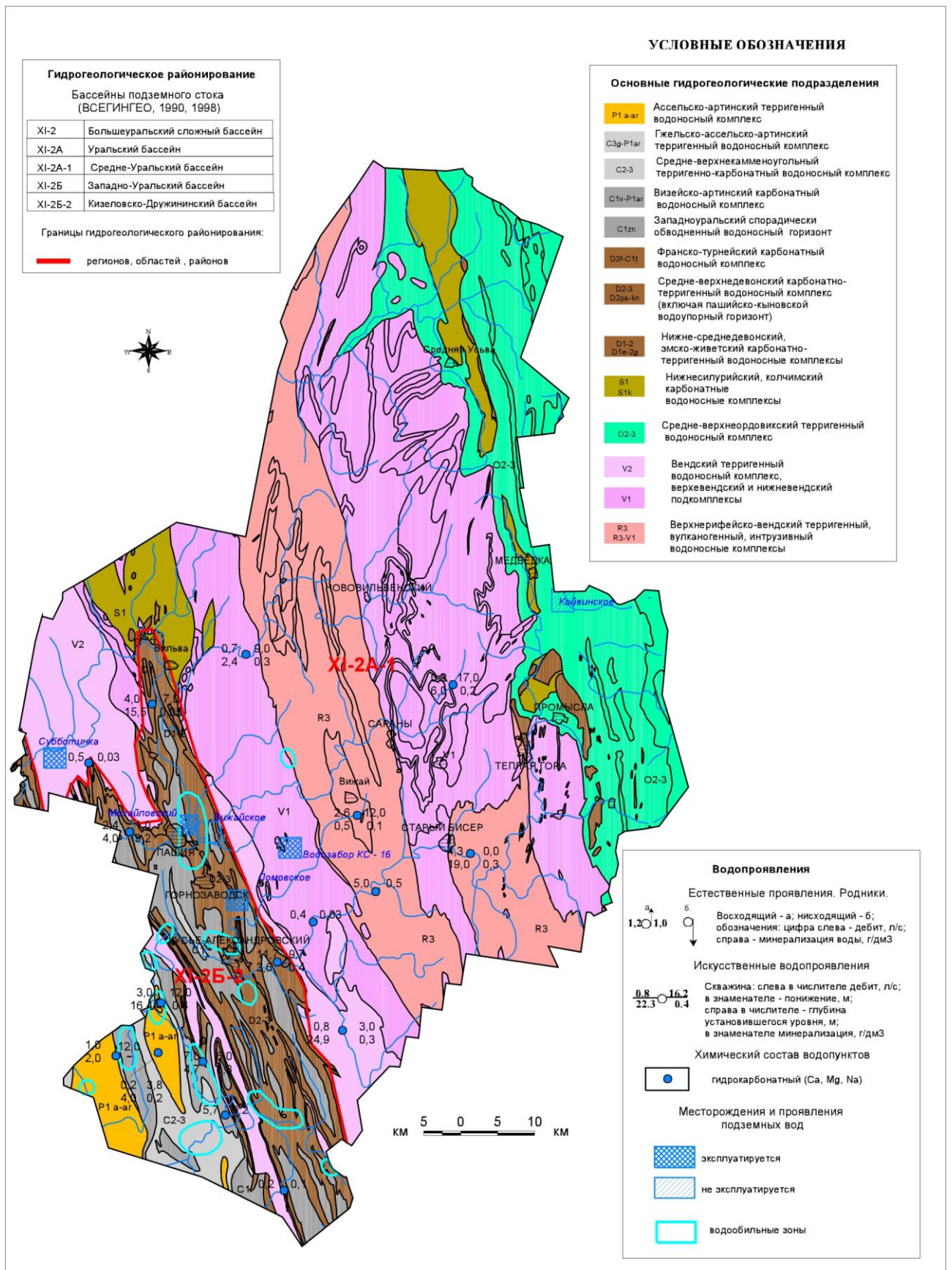


Рис. 1. Гидрогеологическая карта Горнозаводского ГО

Наиболее широко грунтовые воды развиты в отложениях поймы, первых и вторых надпойменных террас, представленных песками, гравием и галькой, чередующимися с невыдержанными по простиранию маломощными прослоями и линзами глин, суглинков и супесей. Развиты поровые грунтовые безнапорные воды. На отдельных участках, где в кровле залегают прослои глин, отмечается местный напор, редко превышающий 1-2 м. Часто под водоносными породами нет выдержанного водоупорного ложа. Глубина залегания таких вод от 0,3 до 10-20 м. Фильтрационные свойства зависят от гранулометрического состава. Коэффициенты фильтрации промытых коллекторов – 10-50 м/сут. Мощность обводненных слоев от долей метров до 3-5 м. Водообильность аллювия меняется даже в пределах одной террасы. Дебиты источников 0,3-0,5 л/с, редко до 2 л/сек, производительность скважин 1-3 л/с, редко до 20-30 л/с. Удельные дебиты до 2 л/с. Ресурсы подземных вод аллювиальных отложений незначительны. Модуль эксплуатационных запасов достигает 0,6 л/с с 1 км². Уклон потока в аллювии 0,03-0,08. Основным источником питания грунтовых вод являются атмосферные осадки, реже воды коренных отложений и паводки. Амплитуда колебания уровня достигает 3-4 м.

По химическому составу воды аллювиальных отложений, в большинстве случаев, мягкие гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-магниевые-кальциевые с минерализацией 0,1-0,2 г/л. Существенной особенностью является легкая загрязняемость с поверхности и присутствие значительного количества органических примесей. Близ населенных пунктов много нитратов, нитритов, железа, аммония, что связано с долголетним загрязнением почвы и инфильтрацией сточных вод.

Водоносный четвертичный эллювиально-делювиальный горизонт (edQ_{III-IV}). Эллювиально-делювиальные образования почти сплошным чехлом покрывают коренные породы и обводнены, главным образом, на склонах долин и в оврагах. На водоразделах часто безводны. Водоносными являются супеси, пески, суглинки и глыбово-щебнистый материал, залегающие на глинах или коренных породах. Глубина залегания вод зависит от рельефа и интенсивности питания (атмосферные осадки, талые воды) и колеблется от 0,2 до 3,5 м, редко до 10-15 м. Мощность водоносных пород не более 2 м, но у подножия склонов иногда достигает 20 м. Коэффициенты фильтрации изменяются в зависимости от количества дресвянно-щебнистого материала от сотых долей до 0,1 м/сут и более. Дебиты источников 0,01-0,5 л/с, редко до 2 л/сек, в зависимости от осадков. Наиболее крупные родники (до 5-8 л/с) в глыбовых осыпях. На отдельных участках при наличии водоупорных прослоев образуются маломощные горизонты верховодки с периодически действующими родниками до 0,5 л/с. Воды ультрапресные с минерализацией 0,02-0,08 г/л гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые, магниевые и кальциевые. Из-за неглубокого залегания воды легко загрязняются.

Ассельско-артинский терригенный водоносный комплекс (P₁ a-ar). Комплекс объединяет терригенные фации ассельского, сакмарского и артинского ярусов, развитые в юго-западной части территории. Представлены они конгломератами, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Характерна

невыдержанность прослоев. Водоносны прослои и линзы конгломератов, песчаников, реже алевролитов, залегающие среди водоупорных толщ. Часто между ними нет гидравлической связи. В верхней, наиболее трещиноватой части, развиты трещинно-грунтовые, ниже ненапорные и напорные трещинно-пластовые воды. Глубина вскрытия первых от поверхности водоносных слоев 0,5-40 м, ненапорные трещинно-грунтовые воды вскрыты на глубинах 25-30 м, а напорные на 15-120 м. Дебиты родников 0,5 л/с, реже до 3 л/с, пластовых вод до 40 л/с. Характерные дебиты скважин 0,1-1,7 л/с, удельные дебиты – 0,04-0,5 л/с, в нарушенных зонах – 0,8-8,5 л/с. Модуль эксплуатационных ресурсов – 0,3 л/с с 1 км². По химическому составу воды комплекса преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,1-0,4 г/л.

Гжельско-ассельский терригенный водоносный комплекс (C₃ g-P₁ a). Водоносные породы комплекса представлены терригенными (песчаники, алевролиты, аргиллиты, часто известковистые) фациями в пределах Усть-Койвинской синклинали. Обводненность очень неравномерная. Воды трещинно-грунтовые и трещинно-пластовые. Дебиты родников до 2 л/с, в прослоях известняков до 20 л/с, в пластовых выходах 30-40 л/с. Воды гидрокарбонатно-кальциевые с общей минерализацией 0,15-0,25-г/л.

Визейско-артинский карбонатный водоносный комплекс (C₁ v-P₁ ar). В комплекс объединены карбонатные толщи ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижней перми и надугленосная толща карбона, распространенные в юго-западной части территории. Известняки и доломиты трещиноваты и закарстованы. Трещинные и закарстованные зоны в них – линейные, вытянутые. Воды трещинно-карстовые. Глубина их залегания 30-40 м, реже 100-150 м. Под долинами крупных рек мощность зоны активного карста достигает 350-400 м. Воды на водоразделах и склонах, как правило, безнапорны, в долинах рек и в синклинальных погружениях их напор достигает 10-20 м и более. Водообильность из-за трещиноватости и закарстованности очень неравномерная. Дебиты родников от 0,01-0,1 л/с до 10-20 л/с, в трещинных зонах 50-500 л/с. Дебиты скважин от 0,01 до 48,2 л/с, в среднем – 0,3-2,5 л/с. Комплекс наиболее водообилен до глубины 150-200 м. Наиболее водообильные скважины приурочены к зонам нарушений, трещиноватости и закарстованности. Ориентировка обводненных зон преимущественно меридиональная, наиболее крупные из них приурочены к фронтальной части складчатых структур. Эксплуатационные ресурсы карстовых вод неравномерны от 0,01 до 4,5 л/с с 1 км². Воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией 0,09-0,4 г/л, жесткость от 1 до 7 мг-экв, обычно не более 4 мг-экв. Воды нейтральные и слабощелочные (рН – 6,8-8,0).

Западноуральский спорадически обводненный водоупорный горизонт (C₁ zu). Распространен в пределах ЗУЗС и приурочен к отложениям западноуральской свиты визейского яруса. Толща содержит водоносные прослои в кварцевых песчаниках, относительно изолированных друг от друга водоупорными пачками алевролитов, аргиллитов, каменного угля. Песчаники фациально неустойчивы и содержат ограниченные ресурсы подземных вод. Углесодержащие пачки практически водоупорны и только в зоне выветривания

становятся слабо водоносными. Синклинальное и моноклинальное залегание обусловило напорный характер подземных вод. Только в местах выходов свиты на поверхность воды не напорны – имеют свободное зеркало. Глубина залегания подземных вод 25-250 м. Водообильность невелика: немногочисленные родники имеют дебиты 0,1-2,5 л/с. Скважины в зоне активной циркуляции имеют дебиты 0,08-2,8 л/с, встречаются и практически безводные скважины. Питание – атмосферными осадками, фильтрующимися на участках выхода на поверхность, разгрузка – в долинах рек. Воды преимущественно гидрокарбонатные, часто смешанные гидрокарбонатно-сульфатные, что связано с окислением пирита, содержащегося в углях. Из катионов преобладает кальций, нередко в существенных количествах – Mg и Na. Общая минерализация – 0,03-0,5 г/л, жесткость – 0,59-7,83 мг-экв, рН – 6,1-6,9.

Франско-турнейский карбонатный водоносный комплекс ($D_3 f - C_1 t$). Комплекс включает в себя известняки франского, фаменского и турнейского ярусов, развитые в западной части территории. Воды трещинно-карстовые. К терригенным прослоям, имеющим незначительное распространение, приурочены трещинно-грунтовые и трещинно-пластовые воды. Глубина залегания вод от 5-12 до 100 м. чаще 35-40 м. В синклинальных понижениях и в долинах напор вод достигает нескольких десятков метров. Активный карст прослеживается скважинами до глубины 100-150 м, ниже основных эрозионных врезов. Водообильность неравномерна, дебиты родников колеблются от 0,1 до 200 л/с, чаще 1-2 л/с. Более мощные родники приурочены к зонам тектонических нарушений, например в бассейне Порожней – 15-20 л/с, севернее п. Пашия – 30-35 л/с. Крупную водоносную зону фиксирует суходол р. Талой (бассейн р. Бол. Свадебная) – до 100 л/с. Удельный дебит скважин - до 1 л/сек, но в зонах нарушений – до 15 л/с. Наиболее производительные скважины в г. Горнозаводске – 26,5 л/сек, при понижении уровня откачкой на 6,4 м, глубина 45 м. Модуль эксплуатационных ресурсов комплекса – 0,03-0,8 л/с с 1 км². По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые и магниевые с минерализацией 0,08-0,35 г/л, жесткость 1,5-4 мг-экв. Воды в битуминозных породах иногда содержат повышенное количество сульфидов и сероводорода, рН - 6,8-8,0.

Пашийско-кыновский водоупорный горизонт ($D_2 p\check{s}-kn$). Представлен песчаниками, алевролитами и аргиллитами с линзами бурого железняка пашийской и кыновской свит среднего девона. Водообильность песчаников спорадическая, слабая. Дебиты редких родников до 0,3 л/с. Горизонт слабо изучен.

Эмско-живетский карбонатно-терригенный водоносный комплекс ($D_1 e-D_2 g$). Включает отложения ваяшкинской, вязовской, койвинской, бийской, афонинской, чувовской и чеславской свит эмского, эйфельского и живетского ярусов. Терригенная часть разреза включает в прослоях песчаников незначительные ресурсы подземных вод с локализацией их в ослабленных зонах. Водообильность карбонатной части неравномерна, дебиты родников 0,4-5 л/с. В зонах локализации подземного стока, совпадающих с

контактами карбонатных пачек с такатинской и пашийской свитами, дебиты повышаются до 20-30 л/с. Удельные дебиты скважин 0,009-1,6 л/с. в зонах локализации до 35,8 л/с. Химический состав вод гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,09-0,35 г/л. Общая жесткость 1-10 мг-экв, рН – 6,8-7,8. Сезонный характер атмосферного питания определяет весьма переменный дебит источников.

Такатинский терригенный водоносный комплекс ($D_1 t$). Распространен локально на контакте вендских и палеозойских отложений. В комплексе развиты трещинно-грунтовые, трещинно-пластовые и жильные воды. Глубина их залегания 7-40 м. Водообильность пород незначительна и неравномерна. Дебиты родников 0,1-0,2 л/с, иногда до 3 л/с. Крупные родники редки и приурочены к зонам разломов. Преимущественно высокое гипсометрическое положение при значительной расчлененности рельефа определяет хорошие условия дренирования и безводность на водоразделах. Химическая инертность коллекторов обуславливает ультрапресные воды с минерализацией до 0,1 г/л с неустановившимся гидрокарбонатным магниевым, кальциевым и натриевым составом.

Колчимский карбонатный водоносный комплекс ($S_1 k$). Представлен доломитами колчимской свиты, развитыми очень ограниченно по р. Вильва в пределах Безгодовско-Пашийской синклиналиной зоны. Воды трещинно-карстовые с глубиной залегания от 4-20 м (в долинах) до 40-50 м (на водоразделах). Воды, в основном, безнапорные, водообильность неравномерная. Дебиты родников 0,1-10 л/с. Водообильные зоны приурочены к контактам и тектоническим нарушениям. Состав вод гидрокарбонатно-магниевый-кальциевый с минерализацией 0,2-0,3 г/л, жесткость 3-4 мг-экв. Питание преимущественно атмосферное, разгрузка осуществляется в долинах рек.

Вендский терригенный водоносный комплекс (V_{1-2}). Включает отложения серебрянской и сылвицкой серий венда, широко распространенных в пределах Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория. Вендские образования представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, редкогалечными конгломератами. Редкие карбонатные прослои имеют ограниченное распространение. Воды трещинно-грунтовые и жильные, безнапорные. Чередование слоев различной проницаемости при сложной складчатости, а также экранирование элювиально-делювиальными образованиями приводят к появлению местного напора в придолинных участках. Водообильность слабая и неравномерная. Дебиты родников 0,2-0,3 л/с до 2 л/с, в зонах контактов и тектонических нарушений – до 10 л/с. Грунтовые потоки, благодаря глубокому расчленению рельефа обладают большими уклонами. Основные источники питания - атмосферные и талые воды, реже конденсационные. Питание затруднено из-за повсеместного чехла перекрывающих рыхлых отложений. Обводненность с глубиной снижается из-за уменьшения трещиноватости, наибольшая обводненность - до глубины 40-60 м. Дебиты скважин 0,01-2,5 л/с. Преобладают сульфатно-гидрокарбонатные воды кальциевые, натриевые и магниевые с минерализацией до 0,1 г/л, редко до 0,2-0,4 г/л, жесткость 0,2-2 мг-

экв, рН – 5,6-7,6.

Верхнерифейско-вендский вулканогенный водоносный комплекс ($\tau\beta R_3-V_2$). Включает вулканогенные образования щегровитской, вильвенской ассоциации и дворцекого комплекса. Воды трещинно-грунтовые безнапорные. Водообильность слабая и неравномерная, повышенная вблизи контактов и тектонических нарушений. Удельные дебиты скважин 0,02-2,5 л/с, коэффициент фильтрации 1,7-5,9 м/сут. Дебит родников 0,1-0,2 л/с. Преобладают гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые, кальциевые и магниевые воды с минерализацией - 0,06-0,07 г/л. Изученность комплекса недостаточна.

Верхнерифейско-вендский терригенный водоносный комплекс (R_3-V_1). Представлен верхнерифейскими (федотовская, усьвинская свиты) и нижневендскими (вильвенская свита) терригенными образованиями измененными на зеленосланцевой ступени метаморфизма. Это слюдисто-кварцевые и углистые сланцы и кварцитопесчаники, а в вильвенской свите – редкогоалечные конгломераты. Воды трещино-грунтовые, распространены на небольших глубинах до 30-40 м в зоне трещиноватости. Обводненность с глубиной снижается. Воды безнапорные. Большинство родников приурочено к зонам контактов и тектонических нарушений. Питание сезонное, за счет инфильтрующихся атмосферных осадков. Дебиты родников 0,05-0,8 л/с. Реже до 2,5 л/с. Дебиты скважин 0,2-7,5 л/с при понижениях 8-20 м. Преобладают гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией - 0,02-0,05 г/л, реже до 0,2 г/л, жесткость - 0,1-3 мг-экв; рН – 5,7-7,8.

Клыктанский терригенно-карбонатный водоносный комплекс ($R_3 kl$). Включает мраморизованные известняки и доломиты с прослоями сланцев в ядрах антиклинальных структур Каменногорского антиклинория. Воды трещинно-карстовые. Районы распространения карбонатных пород отвечают понижениям в рельефе. Водоносность пестрая из-за неравномерной трещиноватости и закарстованности. Площади распространения совпадают с площадями питания. Помимо атмосферных осадков и сезонных вод определенное значение имеют смежные водоносные комплексы. Дебиты родников 1,5-2 л/с, иногда до 20 л/с, а в пластовых выходах до 40 л/с. Дебиты скважин в районе п. Бисер 2-4 л/с. Состав вод - гидрокарбонатно-магниевый-кальциевый с минерализацией - 0,1-0,3 г/л, жесткость - до 3-4 мг-экв.

Водоносный комплекс разновозрастных интрузивных пород ($v\beta, \epsilon v, v\sigma$). Представлен породами усьвинского габбродолеритового ($v\beta D_1$), кусьинского пикрит-эссекситового ($\omega-\epsilon v\beta V_2$) и сарановского габброанортозит-гарцбургитового ($v\eta-v\sigma R_3$) магматических комплексов, распространенных локально в пределах Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория. Трещинно-грунтовые безнапорные воды распространены в зоне интенсивной трещиноватости и выветривания магматических тел. Изученность очень слабая. Дебиты редких родников в основном до 0,5 л/с, в зонах контактов и тектонических нарушений до 1,5 л/с. Удельные дебиты скважин от 0,0007 до 0,25 л/с, в зонах локализации до 1,5 л/с. Воды гидрокарбонатные (натриевые,

магниевого, кальциевого) с минерализацией до 0,1 г/л.

На площади имеется несколько месторождений подземных вод используемых для нужд промышленности и коммунального хозяйства. Наиболее крупными являются: Вижайское, Ломовское, водозабор КС-16 и Михайловский водозабор, которые используют в основном воды франско-турнейского водоносного комплекса.

Воды всех выделенных водоносных комплексов пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения, но по водообильности и степени защищенности наиболее перспективными являются: гжельско-ассельский, визейско-артинский, франско-турнейский, эмско-живетский и клыктанский водоносные комплексы.

Инженерно-геологические условия

Территория Горнозаводского ГО расположена полностью в пределах крупной тектонической структуры первого порядка – Уральской складчатой области (западной части Урало-Сибирской эпигерцинской области завершённой складчатости), в пределах двух тектонических структур второго порядка: Западно-Уральской внешней зоны складчатости (ЗУЗС) и Центрально-Уральского поднятия (ЦУП).

По инженерно-геологическому районированию Горнозаводской ГО расположении в пределах Урало-Новоземельского региона первого порядка; в пределах двух таксонов второго порядка: Западно-Уральского региона второго порядка - в области остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала и Центрально-Уральского региона второго порядка – в области приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала [6]. Выделяется несколько инженерно-геологических районов и участков (рис. 2).

Инженерно-геологические формации. В пределах ГГО выделяется большое разнообразие горных пород и большое количество геологических формаций: метаморфические и вулканогенные формации рифея, венда и нижнего ордовика, карбонатная и терригенная формации силура, терригенная красноцветная формация нижнего и среднего девона, терригено-карбонатная формация среднего девона, флишевая формация среднего карбона, угленосная формация нижнего карбона, карбонатные формации карбона и нижней перми. Осадочные, вулканогенные и метаморфические горные породы этих формаций характеризуются высокими прочностными свойствами и являются надежным основанием для сооружений. Все эффузивные породы обладают высокими прочностными свойствами. Вулканогенно-осадочные породы (туффиты, туфы и др. отличаются большой пористостью, значительной величиной водопоглощения, меньшими показателями сопротивления одноосному сжатию. Наибольшей прочностью обладают породы габброидной формации, физико-механические свойства которых зависят от степени воздействия на них процессам выветривания. Незатронутые выветриванием разности обладают малой пористостью, малым водопоглощением, высокими показателями прочности. У выветрелых разновидностей эти показатели заметно снижаются.

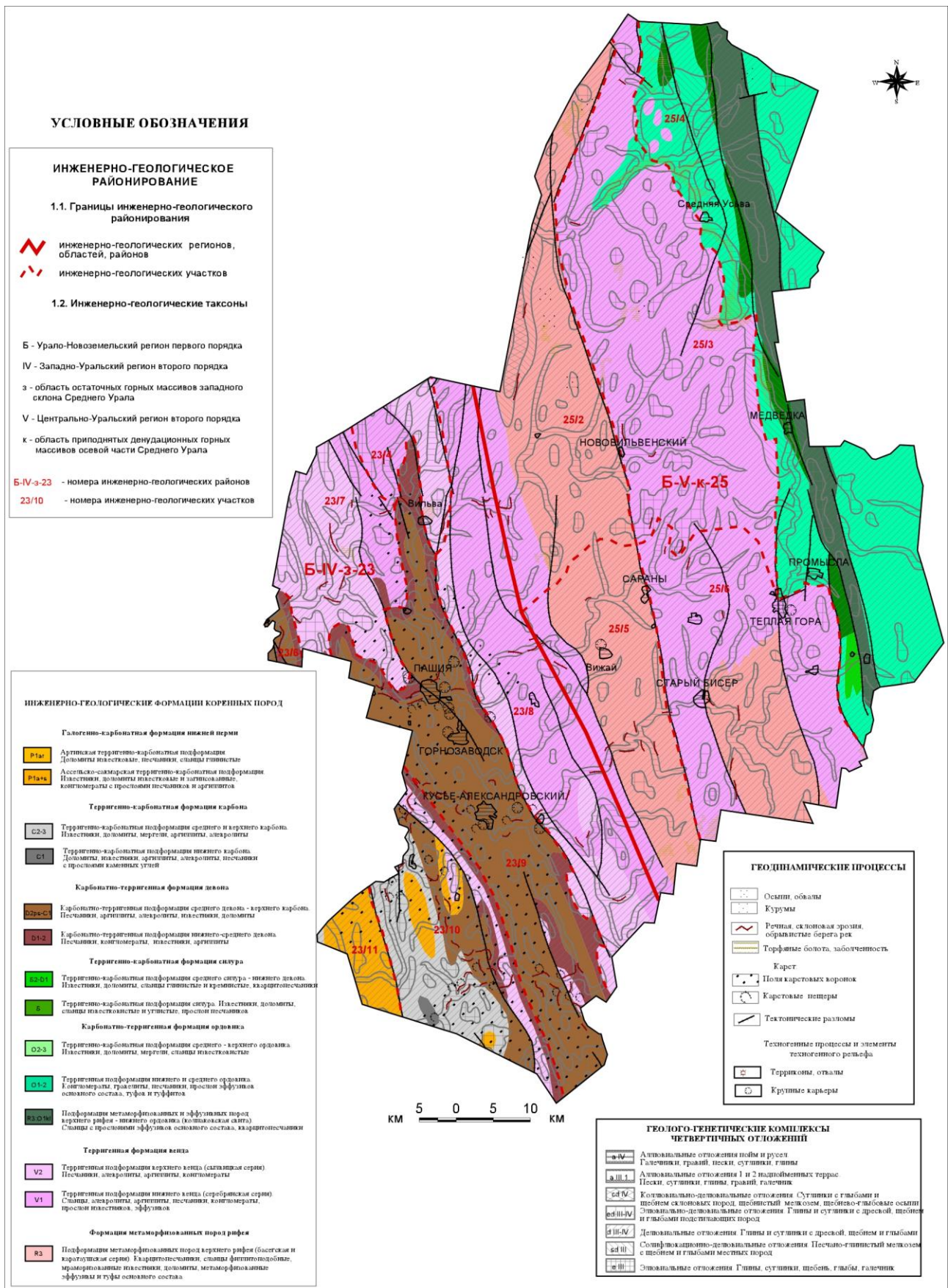


Рис. 2. Инженерно-геологическая карта Горнозаводского ГО

Наименее прочными горными породами являются сланцы. В поверхностных зонах до глубины 5-6 м породы интенсивно трещиноваты. Сланцы, как правило, имеют сланцевато-чешуйчатую текстуру. Вдоль зон тектонической трещиноватости и рассланцевания развиваются коры выветривания линейного типа, мощность которых достигает десятков метров. Большинство сланцев относится к малопрочным породам. Отмечается склонность сланцев к пучению за счет их пластических свойств, что приводит к деформации крепи при проходке горных выработок. Высокими прочностными показателями отличаются кварцевые альбитофиры. Все скальные породы сильно трещиноваты, водопроницаемы и не могут защитить подземные воды от загрязнения.

Геолого-генетические комплексы. На рассматриваемой территории наиболее широко распространены: делювиальные и аллювиальные отложения, реже – элювиально-делювиальные и элювиальные отложения, локально – коллювиальные и солифлюкационные отложения (рис. 2). Геолого-генетический комплекс аллювиальных отложений (средне-верхнечетвертичные и современные отложения) распространен в долинах рек, представлены песками, супесями, суглинками с включением гравия и гальки. Несущая способность, физико-механические свойства аллювиальных отложений зависят от литологического состава, от фациальной принадлежности, возраста и глубины их залегания, степени обводненности, очень сильно меняются. Делювиальные, элювиально-делювиальные и элювиальные отложения занимают большие площади, почти сплошным чехлом покрывает склоны и водораздельные пространства. Мощность зависит от рельефа местности и составляет в среднем 0,5-2 м. Состав и окраска зависит от подстилающих пород. Элювий-делювий аргиллитов, алевролитов представлен глинами и суглинками с дресвой и щебенкой коренных пород; песчаников - супесями с дресвой и щебенкой песчаников; магматических и метаморфических пород - дресвяно-щебенистыми накоплениями с суглинистым, супесчаным, реже песчаным заполнителем. Для отложений характерен большой диапазон физико-механических свойств. 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. Коллювий представлен грубообломочным материалам на участках подножий склонов водоразделов, обычно с отметками рельефа более 500 м – в северной части района. Породы на склонах находятся в неустойчивом положении. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое значение рыхлых отложений для решения вопроса охраны геологической среды очень большое, т.к. они широко распространены на поверхности.

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. 2 и 3.

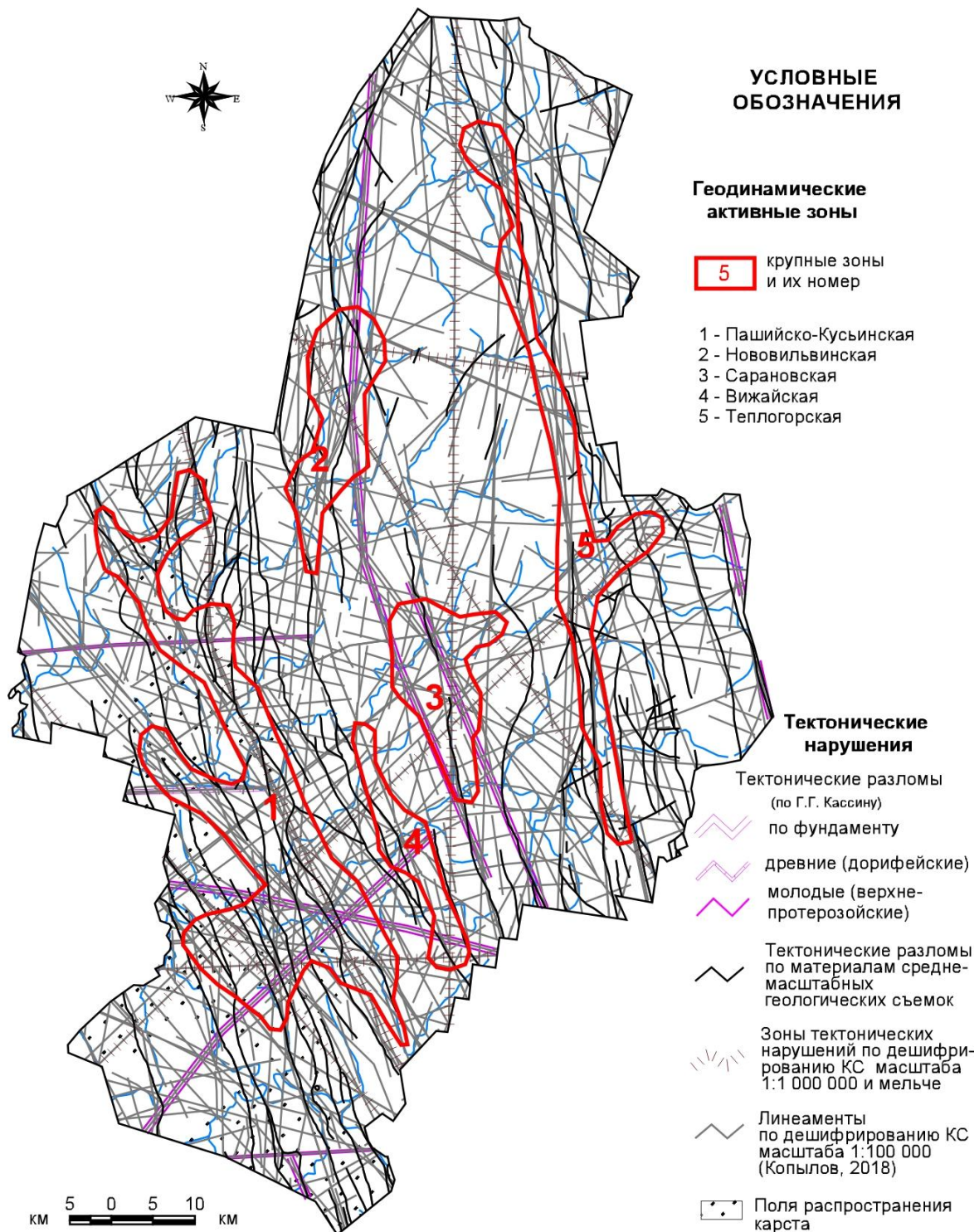


Рис. 3. Карта геодинамических активных зон и экзогенных геологических процессов Горнозаводского ГО

Неотектоническая и сейсмическая активность.

Территория ГГО по ОСР-97-С и ОСР-2015 относится к территориям 7-балльной сейсмической опасности. По схеме сейсмического районирования Среднего Урала масштаба 1:1 000 000 (Кашубин и др., 1998), на рассматриваемой площади выделены потенциально сейсмоопасные зоны, протягивающиеся в северо-западном направлении.

По картам неотектонической активности и геодинамических активных зон Пермской области масштаба 1: 500 000 (Копылов и др., 2004ф), в пределах Горнозаводского ГО выделяются 2 региональные геодинамические активные зоны: Косьвинская и Чусовская, охватывающие северную, западную и центральную части района. По более детальным исследованиям [11-15] на территории ГГО выделяются 5 геодинамических активных зон, линейно вытянутых в субмеридионально-северо-западном направлении. Все они 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. На западе выделяется Пашийско-Кусьинская геодинамическая зона с площадью около 706 км², расположенная в пределах одноименной структурно-тектонической депрессии в пределах ЗУЗС и на границе с ЦУП. В центральной части района выделяются три геодинамические зоны: Нововильвинская (182 км²), Сарановская (183 км²) и Вижайская (110 км²), которые образуют вторую группу геодинамически активных зон. В восточной части района выделена Теплогорская геодинамическая зона (307 км²), состоящая из ряда более локальных и активных участков (рис. 3).

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

Рассматриваемая территория расположена в пределах Уральской карстовой страны; занимает часть Предуральской и Западно-Предуральской карстовых провинций находится в пределах Пашийско-Чусовского района карбонатного карста (Горбунова и др., 1992, Назаров, 1996) [1, 34]. Карстовые явления развиваются преимущественно в известняках и доломитах. Наиболее закарстованы доломиты верхнего девона, химически чистые визейские известняки, затем известняки верхов среднего карбона, менее верхнекаменноугольные. Карстовые формы приурочены к эрозионным формам, зонам тектонических нарушений и контактов карбонатных пород с некарстующимися. Наиболее характерными карстовыми формами являются воронки, суходолы, исчезающие реки, мощные родники и пещеры. На склонах долин и междуречий встречаются слепые карстовые и эрозионно-карстовые лога. Наиболее распространены воронки, которые встречаются по всему району. В устье р. Чизмы плотность воронок достигает 10-20 шт/км², на водоразделе Вижая и Вильвы до 8-10 шт/км², при диаметре 8-10м. Подземные формы представлены пещерами, каналами, кавернами. В районе насчитывается

несколько десятков пещер, самой значительной из которых является Большая Пашийская (протяженность 522 м).

Заключение

Выполнен анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий территории Горнозаводского ГО Пермского края. Установлены основные закономерности распространения подземных вод, водоносных комплексов и горизонтов подземных вод. Описаны инженерно-геологические формации, геолого-генетические комплексы экзогенные геологические процессы. Установлено 5 крупных геоактивных зон, определяющих 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. Грязнов О.Н. Инженерно-геологические условия Урала: науч. моногр. Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2017. 240 с.
3. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977.
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. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
6. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
7. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
8. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2012. № 12. С. 145-149.
9. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.
10. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
11. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // В сборнике: *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей*. Институт геофизики УрО РАН, 2011. С. 196-198.
12. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 148-158.
13. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Veau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
14. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
15. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
16. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2012. № 2. С. 16-34.

17. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
18. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
19. 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.
20. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 1. С. 26-37.
21. 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.
22. 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.
23. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 172-177.
24. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
25. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
26. 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.
27. 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.
28. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.
29. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
30. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинев 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.
31. Копылов И.С., Копылова Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Горнозаводского городского округа // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 122-134.
32. 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.
33. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Л.А.Островский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова. М.: Недра, 1990. 240 с.
34. Назаров Н.Н. Классификация ландшафтов Пермской области // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь: Перм. ун-т, 1996. С. 4-10.
35. 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.
36. Шерстнев В.А. Водообильные зоны. Избранные труды. Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2002. 132с.
37. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Перм. книж. изд-во, 1973. 197 с.

И.С. Копылов, О.Н. Ковин, В.В. Голдырев, Э.Е. Малеев, В.Н. Брюхов
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Рассмотрены основные факторы горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей – гидрогеологические, инженерно-геологические, геоэкологические и эколого-геохимические условия. Охарактеризованы опасные природные и техногенные процессы, среди которых особую роль играют неотектонические и современные геодинамические процессы.

Ключевые слова: геоэкология, гидрогеология, инженерная геология, горно-геологические и экологические риски, Верхнекамское месторождение калийных солей.

I.S. Kopylov, O.N. Kovin, V.V. Goldyrev, E.E. Maleev, V.N. Bryukhov
Perm State University, Perm, Russia

MAIN FACTORS OF MINING-GEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL RISKS IN THE TERRITORY OF VERKHNEKAMSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT

The main factors of mining and geological and environmental risks on the territory of the Verkhnekamskoye potash salt deposit - hydrogeological, engineering-geological, geoecological and ecological-geochemical conditions. Hazardous natural and man-made processes are characterized, among which neotectonic and modern geodynamic processes play a special role.

Key words: geoecology, hydrogeology, engineering geology, mining and geological and environmental risks, Verkhnekamskoe potash deposit.

Основными факторами горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) являются геологические условия (тектоника, неотектоника, строение и состав водозащитной толщи) гидрогеологические условия (водобильность и состав подземных вод зоны активного водообмена), инженерно-геологические условия (геодинамическая активность, техноприродные процессы, особенно – карст), геоэкологические условия (экогеохимия геологической среды, техногенные условия) [1-24].

Гидрогеологические факторы и условия

Верхнекамское месторождение калийных солей (ВКМКС) по гидрогеологическому районированию России, в соответствии с «Перечнем бассейнов подземных вод территории СССР для ведения Государственного водного кадастра» (Островский, Антыпко, Конюхова, 1988), и «Методическими

основами гидрогеологического районирования территории СССР, М., ВСЕГИНГЕО, 1990» относится к Восточно-Европейской системе артезианских бассейнов (индекс III), Предуральскому сложному бассейну пластовых и блоково-пластовых безнапорных и субнапорных вод (индекс III-7), Северо-Предуральскому бассейну пластовых и блоково-пластовых напорных вод (индекс III-7А), Камско-Чусовской группе бассейнов (индекс III-7А-1) [9, 12].

Основная гидрогеологическая изученность района связана с проведением гидрогеологического картографирования. Вся рассматриваемая территория покрыта гидрогеологическими съемками масштаба 1: 500 000 (Беляев, 1964ф; Иконников, 1995ф; Копылов, 2000, 2002ф) [9], масштаба 1:200 000 (Мелехов, 1975ф) [2], масштаба 1:100 000 (Харитонов, 1999ф) [24]. Проведена комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1: 50 000 на территории действующих горнодобывающих предприятий (Балдин, 1998ф). В результате этих исследований накоплен большой фактический материал по подземным водам верхнего гидрогеодинамического этажа, их химическому составу динамике. Более детальные сведения по подземным водам на отдельных объектах накоплены при поисках подземных вод для водоснабжения, режимных работах, мониторингу, специализированных, геоэкологических исследованиях.

Территория характеризуется сложными гидрогеологическими условиями. Исходя из особенностей геологического строения, условий залегания стратиграфических подразделений, литологии, фильтрационных свойств пород, на территории выделены комплексы и горизонты, которые являются водоносными (относительно водоносными), водоупорными или безводными (водопроницаемыми). По условиям взаимосвязи водоносных подразделений с поверхностью в вертикальном разрезе осадочного чехла выделяется два гидрогеодинамических этажа, разделенные региональным иренским водоупором: верхний, в который входят все надиренские подразделения и нижний, включающий все более древние гидрогеологические подразделения, которые практически утратили связь с поверхностью и характеризуются застойным режимом.

Ниже приводится краткая характеристика гидрогеологических подразделений, имеющих практическое значение (в основном по данным исследований - Харитонов, 1999ф, Мелехов, 1975ф), обобщенных в работе [22]. Гидрогеологическая стратификация выполнена в соответствии с новыми принципами ВСЕГИНГЕО (1998, 1999, 2001) и новой гидрогеологической легендой для листов Пермской серии (Копылов, Алексеева, 2003ф) [9].

Относительно водоносный четвертичный полигенетический (покровный) горизонт (pgQ).

На рассматриваемой территории коренные породы почти сплошным чехлом покрыты различными по генезису четвертичными образованиями. Наиболее широко распространены элювиально-делювиальные, делювиальные и переотложенные флювиогляциальные отложения, слагающие склоны долин, оврагов и водораздельные пространства. Они представлены различными литологическими разностями: песками, супесями, суглинками, глинами, часто

со щебнем, иногда с галькой. Толщина отложений составляет 1-5 м, достигая, иногда 15-16 м. Подземные воды развиты, в основном, в элювиально-делювиальных отложениях. Водообильность отложений незначительна. Дебиты родников, в зависимости от литологического состава пород, варьируют от 0,05 л/с до 1,5 л/с. Глубина положения уровня воды, отмеченная по зондировочным скважинам и по данным откачек из колодцев, изменяется в пределах 0,1-1,85 м. Основными источниками питания подземных вод служат атмосферные осадки, а также трещинные воды коренных отложений.

Химический состав - гидрокарбонатный, сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый с минерализацией от 0,04 до 0,4 г/л. Характерно присутствие аниона NO_3 , связанное с бытовым загрязнением. В районе БКРУ-3 (левый берег р. Ленвы) отмечен родник 253_{VI} с дебитом 0,05 л/с, вскрывающий воды с минерализацией 17,5 г/л, хлоридного типа. В данном случае наблюдается поверхностное загрязнение, связанное с близкорасположенным шламохранилищем. Жесткость воды – 310 ммоль/л, что превышает ПДК в 34 раза. По стронцию отмечается превышение ПДК в 3 раза, по железу – в 4,5 раза, по марганцу – в 26 раз.

Практическое значение невелико из-за непостоянного режима и легкой загрязняемости и ограничивается эксплуатацией неглубоких колодцев в мелких населенных пунктах. На гидрогеологической карте данный горизонт не показан из-за малой толщины, широкого распространения и слабой обводненности.

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (aQ_{IV}).

Горизонт объединяет подземные воды современного, верхнего, среднего и нижнего звена четвертичной системы. Распространён в долинах рек: Камы, Усолки, Боровой, Зырянки и др. Современные отложения поймы распространены повсеместно, за исключением побережий Камского водохранилища, где они затоплены. Толщина современного аллювия поймы, в долине р. Камы, 10-15 м, в долинах мелких рек - 3-5 м. Отложения первой надпойменной террасы широко развиты в долинах р.р. Камы, Боровой, Усолки и участками в долинах их притоков.

Толщина аллювия первой надпойменной камской террасы достигает 43,5 м, в долинах ее притоков до 34 м (р. Боровая), в долине р. Зырянки (Семинский пруд) – 16 м. Толщина аллювия второй надпойменной террасы р. Камы до 20-25 м. В долинах ее притоков она значительно меньше.

Основная часть подземных вод сосредоточена в песчано-гравийно-галечниковых отложениях низких аккумулятивных террас р. Камы и ее притоков. В условиях естественного режима наблюдается гидравлическая связь грунтовых вод с подземными водами подстилающих отложений. В аллювий разгружаются подземные воды шешминских, верхнесоликамских и нижнесоликамских пород. Очаги разгрузки проявляются в виде сосредоточенных восходящих родников в поймах рек Боровая, Усолка, Извер и др. Признаки локализованной разгрузки нижнесоликамской слабОВОдоносной подбиты выражаются в повышении границы пресных вод по р. Боровой. На пересечениях речных долин с соляно-купольными структурами аллювиальные отложения залегают непосредственно на породах соляно-мергельной толщи, и

здесь создаются реальные предпосылки для гидравлической связи. (Клестовский и Харюшинский купола в долине р. Усолка, Рудничное поднятие на участке р. Черной). В долине р. Камы, состояние грунтовых вод также повержено воздействию подтока надслоевых рассолов снизу.

Аллювиальный горизонт характеризуется достаточно высокой, но очень неравномерной водообильностью. Дебиты 45 зафиксированных родников изменяются от 0,01 до 5,0 л/с, при наиболее часто встречающихся 0,1-0,4 л/с. Дебиты скважин варьируют в пределах 0,08-11,8 л/с при понижениях 0,8-10,9 м, удельные дебиты составляют 0,02-2,1 л/с, наиболее характерные значения их находятся в пределах 0,1-0,2 л/с. Фильтрационные свойства аллювиальных отложений зависят от гранулометрического состава. Коэффициенты фильтрации, по результатам откачек из скважин, изменяются от 0,1 до 59,6 м/сут, водопроницаемости – от 1 до 865 м²/сут. Наибольшие значения этих показателей характерны для гравийно-галечных отложений, наименьшие – для глинистых и мелкозернистых песков и супесей. Основными источниками питания являются атмосферные осадки, подток из коренных комплексов и поверхностных водотоков. Разгрузка происходит в долины рек в виде нисходящих родников, в русло рек, а также в подстилающие водоносные подразделения.

Воды аллювиального горизонта пресные с минерализацией 0,1-0,5 в среднем 0,2 г/л; гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, иногда сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые, магниевые-кальциевые. Повышение минерализации до 1,5-5,8 г/л наблюдается на участках разгрузки подземных вод из подстилающих горизонтов. В основном, химический состав подземных вод аллювия определяется литологией подстилающих пород, химическим составом подземных вод основных водоносных комплексов, подтоком надсолевых рассолов, бытовым и промышленным загрязнением. Эти факторы обуславливают пеструю гидрохимическую обстановку аллювиального водоносного горизонта. Первоначальный гидрокарбонатный кальциево-магниевый (натриевый) состав вод иногда искажен повышенным содержанием Cl, NO₃, SO₄, являющихся следствием поверхностного загрязнения. Из 20 изученных колодцев, вскрывающих данный горизонт, 15 имеют загрязняющие компоненты. На площади встречаются воды с повышенным содержанием марганца, никеля, хрома, кадмия, стронция, бария, бериллия. Из галоидов чаще других отмечается бром, затем бор. Превышение ПДК по нефтепродуктам, довольно значительное (5-13 раз); наблюдается во всех рассматриваемых случаях.

Горизонт имеет значительные запасы подземных вод, количественная оценка которых пока не дана. Практическое централизованное использование грунтовых вод аллювия, в основном, ограничено удовлетворением промышленных нужд (Юрчукский нефтепромысел), а также, эксплуатацией в хозяйственно-питьевых целях неглубоких колодцев и одиночных водозаборных скважин.

Относительно водоносный еловский флювиогляциальный горизонт (fQel).

Флювиогляциальные отложения широко развиты в районе работ, они покрывают обширные пространства в бассейнах рек Усолки, Боровой, Ленвы, Быгеля, Клестовки, Бол. Ег, Пашковки и др. Толщина этих отложений варьирует от 0,2 м, в верхних частях водоразделов, до 22 м в понижениях рельефа. По литологическому составу они представлены тонко- и мелкозернистыми песками и супесями с преобладающим размером зерен 0,5-1,0 мм. Флювиогляциальные отложения обводнены спорадически. На участках, где они подстилаются водоупорными суглинками и глинами ледникового и озерно-ледникового генезиса, имеют место ограниченные по площади, подвешенные маломощные горизонты типа «верховодки». На пониженных участках горизонт полностью насыщен подземными водами. Здесь широко развита заболоченность. Подземные воды типа «верховодки», вскрыты многочисленным колодцами и несколькими скважинами. Глубина залегания подземных вод варьирует в пределах 0,1-3,8 м, абсолютные отметки уровня подземных вод изменяются от 160 м, на водоразделах, до 130 м в местах разгрузки.

Флювиогляциальный горизонт отличается слабой водообильностью с дебитами родников от 0,01-0,1 до 0,9 л/с. Естественные выходы подземных вод обычно рассредоточены на большой площади в виде высачивания, мочажин. Фильтрационные свойства горизонта характеризуются коэффициентами фильтрации 0,009-0,14 м/сут. Питание горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков. Реже питание происходит в результате подтока вод из нижележащих водоносных комплексов. Движение подземных вод осуществляется в направлении речных долин, дренирующих водоносный горизонт. Разгрузка происходит либо непосредственно в русло водотоков, либо в виде рассредоточенных выходов, которые увлажняют и заболачивают склоны долин. Режим подземных вод зависит от распределения осадков во времени. Минимальные уровни отмечаются в конце марта-апреля. В это время некоторые колодцы пересыхают. Максимальный подъем уровня подземных вод происходит в мае-июне и сентябре-октябре.

По химическому составу воды флювиогляциальных отложений часто сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, кальциевые, натриево-кальциевые. В некоторых колодцах получены воды очень пестрого состава с минерализацией от 0,06 до 0,9 г/л. Часто наблюдается присутствие NO_3 , что связано, возможно, с инфильтрацией болотных вод или с бытовым загрязнением.

Практическое использование подземных вод флювиогляциального горизонта затруднено в связи с маломощностью отложений, высоким гипсометрическим положением, отсутствием выдержанных надежных водоупоров и весьма слабой водообильностью и ограничивается эксплуатацией неглубоких копаных колодцев в некоторых мелких населенных пунктах.

Водоносный шешминский (верхнеуфимский) горизонт (P_{1ss}).

Приурочен к одновозрастным геологическим образованиям шешминского горизонта уфимского яруса, которые выходят на поверхность на правобережье р. Кама, в южной части площади и в центральных частях депрессий: Дуринском

и Боровицком прогибах, Камско-Балахонцевской депрессионной зоне. Толщина комплекса изменяется от 3 до 669 м, максимальная отмечается на скважине 450. Представлен толщей красноцветных и пестроцветных переслаивающихся в вертикальном разрезе, замещающихся и выклинивающихся по простиранию песчаников, алевролитов, аргиллитов с прослоями и линзами известняков и мергелей. Характерной особенностью разреза является его загипсованность. Водоносные породы (известняки, песчаники, алевролиты) залегают в виде прослоев и линз различной мощности. Толщина слоев песчаников и алевролитов от 0,1 до 5,0 м, а толщина прослоев известняков обычно не превышает 0,5 м, лишь в Боровицком и в Дуринском прогибах отмечаются отдельные пласты толщиной до 5 м. Аргиллиты имеют прослои 0,1-0,2 м, но иногда они слагают пачки по 5-10 м. Абсолютные отметки кровли водоносного комплекса находятся в пределах 91,8-227,7 м. Положение уровня воды отмечено на глубинах 5-81 м. В основном, развиты безнапорные трещинно-грунтовые воды. Трещинно-пластовые характеризуются напором, возрастающим по мере увеличения глубин скважин. Напор над кровлей изменяется от 2-5 м до 46,6 м. При вскрытии напорных вод на некоторых скважинах наблюдался самоизлив.

Основным источником питания подземных вод горизонта являются атмосферные осадки, на что указывает зависимость дебита родников и уровня воды в колодцах и скважинах от периодов выпадения дождей и весеннего снеготаяния. Заметное влияние оказывает также подток вод из нижележащих горизонтов. Движение подземных вод зоны дренирующего влияния речной сети происходит к местным эрозионным врезам. Трещинно-пластовые воды нижней части комплекса двигаются на запад, подчиняясь общему падению пород в сторону осевой части Верхнекамской впадины. Разгрузка подземных вод верхней зоны комплекса происходит в долинах рек в виде нисходящих источников. Разгрузка вод нижней зоны происходит в днище долин рек.

Коэффициенты водопроницаемости пород изменяются от 0,1 до 998 м²/сут в зависимости от литологии и геоморфологического положения (речная долина, водораздел). Средний коэффициент водопроницаемости по комплексу находится в пределах 10-100 м²/сут. В вертикальном разрезе фильтрационные свойства пород снижаются с глубиной, как следствие затухания эффективной трещиноватости. Наибольшая частота водопритоков отмечается до глубины 80-120 м.

Водообильность отложений характеризуется значительной неоднородностью, как по площади, так и в разрезе, о чем свидетельствуют большие размахи колебаний дебитов родников и скважин. Дебиты родников изменяются от 0,03 л/с до 20 л/с (при характерных значениях, 0,1-1,0 л/с), дебиты скважин – 0,1-18,3 л/с, при понижениях 0,5-68,0 м, удельные дебиты составляют 0,01-7,1 л/с. В целом, водообильность комплекса невысокая, что связано с преобладанием в разрезе пород с низкими фильтрационными свойствами, а большая изменчивость ее обуславливается литолого-фациальной неоднородностью отложений и разнообразием геоморфологических и структурно-тектонических условий. На фоне в целом, низкой водообильности

отложений, выделено несколько водообильных зон, связанных с повышенной трещиноватостью пород на участках активных неотектонических движений и положительных структур. Наибольшая водообильность пород, подтверждающаяся крупнодебитными родниками и скважинами, а также повышенными модулями подземного стока (до 1,7-2,6 л/с с 1 км²) наблюдается на участках повышенной трещиноватости пород, связанных с локальными положительными структурами, приуроченными к Камско-Вишерскому валу и к зоне сочленения вышеуказанного с Камской депрессией.

Химический состав подземных вод шешминского водоносного горизонта характеризуется неоднородностью; что связано с промытостью толщи, литологическим составом водовмещающих пород, загипсованностью пород, подтоком минерализованных вод. Подземные воды, циркулирующие выше вреза местной эрозионной сети, в относительно промытой части разреза являются преимущественно гидрокарбонатными кальциевыми и гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми с минерализацией 0,2-0,3 г/л. Сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 4-5,8 г/л выходят в устье р. Лысьва и на левом берегу р. Азлас (за пределами площади). Видимо, в данных случаях, наблюдается подток минерализованных вод по тектоническим ослабленным зонам, к которым приурочена речная сеть. Химический состав подземных вод горизонта ниже зоны дренирования, характеризуются разнообразием. Преобладают гидрокарбонатные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые воды, за ними следуют гидрокарбонатные, кальциево-магниевые и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые. Воды типа SO₄-Cl, Cl-SO₄ Na-Ca и Cl, Na с минерализацией до 221 г/л получены при откачках на скважинах Соликамской партии на Дурыманском участке. Столь высокая минерализация подземных вод не характерна для шешминского горизонта; видимо при откачках происходило подтягивание подземных вод из нижележащих отложений. Возможно и поверхностное загрязнение, данные скважины расположены на территории БКРУ-2, на участках солееотвалов и шламохранилищ. Повышенная минерализация в пределах 1,7-7,1 г/л, сульфатный анионный состав, полученные при опробовании данного горизонта в ряде скважин, видимо, связана с загипсованностью шешминских отложений. Для шешминского горизонта также характерна общая закономерность увеличения минерализации по мере вскрытия более глубоких водоносных слоев. Толщина зоны пресных вод с минерализацией до 1 г/л может распространяться на большую глубину, достигая в отдельных местах, в Дурыманском прогибе, толщина 350 м и более. На правобережье р. Камы, на широте с. Пыскор, горизонт представлен пресными водами на всю толщину, до 230 м. Исключением является долина р. Камы, где минерализованные воды встречаются сразу же под аллювием, а на склонах долины имеет место разгрузка этих вод в виде родников. По степени жесткости преобладают умеренно-жесткие и жесткие воды. В воде обнаружены нефтепродукты (до 3,3 мг/л), бром (до 43,4 мг/л), фтор (до 2,3 мг/л), бор (до 60 мг/л), марганец (до 0,85 мг/л). Реже встречаются хром, титан, бериллий, барий, стронций.

Подземные воды используются для водоснабжения объектов с небольшим водопотреблением путем эксплуатации колодцев, каптажа родников и одиночных скважин.

Водоносный соликамский (нижнеуфимский) горизонт (P_1sl).

Водоносный верхнесоликамский подгоризонт (P_1sl_2).

Соответствует верхнесоликамской терригенно-карбонатной подсвите является основным коллектором пресных подземных вод и распространен повсеместно, за исключением отдельных участков в пределах положительных геологических структур. Водовмещающие породы представлены известняками, мергелями, песчаниками, тонкослоистыми алевролитами. Характерны частые фациальные изменения литологического состава по простиранию слоев и по разрезу. Нередко встречаются прослойки глин и аргиллитов, но они не выдержаны по простиранию. Толщина горизонта увеличивается в восточном направлении с нескольких десятков метров, в долине р. Кама, до 145-155 м, в юго-восточной части изученной территории. К западу, толщина также возрастает.

В целом, верхнесоликамская подсвита представляет собой хорошо проницаемую известняково-мергелисто-песчаниковую толщу. К верхней части разреза приурочены трещинно-грунтовые воды. Чаще всего они безнапорны. Ниже местных эрозионных врезов развиты трещинно-пластовые воды, вскрываемые скважинами на глубинах 0,35-89,0 м. Они обладают напором, величина которого возрастает с погружением пород к центральной части Камской депрессии. О напорном характере подсвиты говорит большое количество восходящих родников, частые самоизливы из скважин. Коэффициент водопроницаемости по результатам откачек из скважин, изменяются в пределах от 0,2 м²/сут. до 4075 м²/сут. Коэффициенты фильтрации составляют, соответственно, 0,003-81,5 м/сут. «Фоновые» значения водопроницаемости составляют 200-500 м²/сут.

Неравномерная трещиноватость пород обусловила неодинаковую обводненность отложений. Дебиты родников изменяются от 0,1 л/с до 785 л/с. Преобладающие значения дебитов родников верхнесоликамского горизонта находятся в пределах от 1,0 л/с до 15,0 л/с. Максимальные дебиты (более 100 л/с) родников зафиксированы в районе в районе д. Половодово, д. Лобаново, д. Першино, д. Попово-Останина. Дебиты скважин варьируют в пределах от 0,02 до 102,3 л/с (Сурмогское месторождение). Преобладающие значения дебитов, по данным 166 скважин, составляют 2,5-6,0 л/с. Пределы изменения удельного дебита 0,004-87,0 л/с.

Наибольшее количество водопритоков в скважинах отмечается до глубины 100 м. Ниже в связи с затуханием экзогенной трещиноватости частота водопритоков падает. Также установлено, что обводненность верхнесоликамской подсвиты заметно повышается в долинах рек и на придолинных участках, в присводовых частях антиклинальных поднятий и снижается в пределах синклиналиных структур. Повышенная водообильность наблюдается в долине реки Боровая и приурочена к Боровицкой зоне поднятий и впадин, в долине р. Усолка и приурочена к Харюшинскому и Потымкинскому

куполу, в долине реки Зырянка, приурочена к Березниковскому куполу. В среднем, для водоносного верхнесоликамского подгоризонта модули подземного стока составляют 2,0-5,0 л/с. Разгрузка подземных вод происходит, как правило, в виде крупных концентрированных родников и пластовых выходов. Наиболее крупные родники, пластовые выходы, высокодебитные скважины приурочены к положительным структурам, долинам рек и трещиноватым известнякам верхней части разреза. По повышенным значениям модуля подземного стока, крупнодебитным родникам и скважинам в пределах денной подсветы выделено 30 водообильных зон.

Химический состав подгоризонта формируется под влиянием многих факторов, в том числе и гидродинамических, структурно-тектонических условий, литологического состава пород, а также хозяйственной деятельности человека. Подземные воды верхней части подсветы, залегающие выше эрозионного вреза, имеют в основном гидрокарбонатно-кальциевый состав с минерализацией 0,2-0,3 г/л. Минерализация возрастает до 3,9 г/л (шахтное поле БКРУ-2) на участках промышленного загрязнения, а воды приобретают гидрокарбонатно-хлоридный состав. Ниже эрозионного вреза до глубины 50-100 м преобладают, в основном, пресные гидрокарбонатные магниевые-кальцевые и гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды с минерализацией до 0,5 г/л.

Взаимодействие верхнесоликамской подсветы с нижележащей нижнесоликамской затруднено, поскольку во многих случаях они разделены более или менее выдержанными прослоями глин. Но гидравлическая связь все же имеет место на локальных участках (в очагах разгрузки) и в естественных условиях проявляются в изменении химического состава подземных вод (повышении SO_4 и Cl). Такие локальные участки, вероятно, связаны с тектоническими зонами. Здесь минерализация подземных вод составляет 2,4-4,0 г/л, состав воды хлоридно-сульфатный.

При погружении подсветы на глубину под толщу шешминских отложений подземные воды становятся минерализованными с концентрацией растворенных солей до 77,5 г/л. Нижняя граница зоны пресных вод в Соликамской впадине находится, в основном, на глубине 100-150 м, лишь иногда она может отпускаться на глубину 200 м и более метров или подниматься до 15 м и менее. Толщина зоны пресных вод с минерализацией до 1 г/л закономерно увеличивается от базиса дренирования к поверхностным водоразделам, достигая максимального значения 240 м в Дуринском прогибе.

Характерно многообразие типов химического состава вод верхнесоликамской подсветы. Преобладают гидрокарбонатные магниевые-кальцевые воды, далее следуют сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, последующее место занимают хлоридно-сульфатные, хлоридные. Значительная засоленность и разнообразная хозяйственная деятельность на площади распространения данного гидрогеологического подразделения обусловили загрязнение подземных вод. Оценка качества подземных вод по основным токсикологическим и органолептическим показателям (по СанПиНу 2.1.4.559-96.) показывает в

основном, превышение ПДК по нефтепродуктам, фенолу, бром, бору, железу, марганцу. Химический состав и минерализация подземных вод верхнесоликамской водоносной подсветы за 25 лет не претерпели существенных изменений.

При значительных ресурсах и низкой минерализации подземные воды данного подразделения имеют большое практическое значение. За счет этих вод обеспечиваются бытовые и технические нужды населения и предприятий Соликамска, Березников и Боровска. Разведаны и утверждены в ГКЗ эксплуатационные запасы пресных подземных вод на участках: Быгель-3 (60-62 гг.); Легчим и Извер (60-63 гг.); Усолка (62-67 гг.); Верхнекамский (65-67 гг.); Боровицкий (75-80 гг.); Сурмогский (79-82 гг.). В настоящее время водозаборы в долине р. Быгель, отработавшие более 30 лет выведены из эксплуатации ввиду технического засоления объектами промплощадки БКЗ-4. Из-за возможного засоления по той же причине участок Легчим в свое время был исключен из районной схемы водоснабжения и не осваивался.

Относительно водоносный нижнесоликамский подгоризонт (P_{1sl_1}).

Приурочен к нижнесоликамской соляно-мергельной подсвете, в пределах рассматриваемой территории выходит на поверхность небольшими по площади участками округлой и вытянутой формы в Боровицкой зоне поднятий и впадин, в сводовой части Поповского купола Клестово Харюшинской приподнятой зоны и Березниковского купола Березниковского-Уньвинской приподнятой зоны. Толщина подсветы, в среднем, равна 73 м, в Камской депрессии – 180-250 м. Сложена, в основном, загипсованными мергелями, глинами с прослоями известняков, доломитов, ангидритов и каменных солей. Фильтрационные свойства подразделения находятся в зависимости от эффективной трещиноватости отложений, на которую оказывают влияние литология, положение пород в разрезе и структурно-тектонические условия. Коэффициенты фильтрации изменяются в пределах 0,003-25,5 м/сут., коэффициенты водопроницаемости - от 0,05 до 1976 м²/сут, при средних значениях до 100м²/сут. В местах выхода подсветы на поверхность развиты трещинно-грунтовые безнапорные воды. Ниже местных базисов дренирования и при погружении под более молодые отложения подразделение представлено трещинно-пластовыми водами, которые вскрываются скважинами на глубине от 40-150 м и обладают напором. Единичные родники, не могут в полной мере характеризовать водообильность верхней части подсветы, хотя указывают на высокую степень обводненности отложений (дебиты родников от 0,5 до 51,0 л/с) в благоприятных структурно-тектонических и геоморфологических условиях (склоны Дубровского, Харюшинского, Камско-Вишерского, Березниковского поднятий). Дебиты скважин в интервалах опробования 30-120 м изменяются от 0,01 до 25,0 л/с. Значения удельных дебитов варьируют в пределах от 0,001 до 22,0 л/с. Модули подземного стока изменяются от 0,9 до 2,2 л/с с 1 км². На глубинах ниже 150-200 м, подсвета характеризуется слабой водообильностью; удельные дебиты, по результатам откачек из скважин, составляют 0,001-0.1 л/с.

Питание подгоризонта осуществляется за счет вышележащей верхнесоликамского водоносного подгоризонта и инфильтрации атмосферных осадков на участках на поверхность. Движение подземных вод, залегающих выше эрозионных врезов, происходит к речным долинам, где осуществляется их разгрузка. Движение трещинно-пластовых вод, находящиеся ниже местных базисов дренирования осуществляется в западном направлении к осевой части Соликамской впадины.

Химический состав подземных вод данного подразделения отличается разнообразием. В верхней части разреза преобладают хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией 0,3-0,4 г/л. Толщина этой промытой толщи, не превышает несколько десятков метров. Химический состав подземных вод, залегающих ниже эрозионного вреза, отличается преобладанием хлоридных, сульфатно-хлоридных, сульфатных кальциево-натриевых вод с минерализацией от 1,0 до 50 г/л, ниже, на глубинах 150-300 м, как правило, распространены рассолы с минерализацией от 50 до 300 г/л. Самое высокое положение минерализованных вод наблюдается в пределах локальных положительных структур, на участках пересечения их эрозионными врезам, где минерализованные воды поднимаются из нижележащих горизонтов в зону активного водообмена. Такие участки отмечены в долинах рек Боровой, Усолки, Зырянки. В подземных водах обнаружены бром (до 5,35 мг/л), фтор (до 3,92 мг/л) бор (до 8,0 мг/л), марганец (до 14,62 мг/л), хром (до 0,183 мг/л), барий (до 3,65 мг/л). Значительны превышения ПДК по жесткости, минерализации, содержанию сульфатов и хлоридов.

Из-за высокой минерализации подземные воды подцветы являются непригодными для водоснабжения, но могут быть использованы для бальнеологических целей.

Геоэкологические и эколого-геохимические факторы и условия

Химические вещества по степени опасности загрязнения почв и донных осадков подразделяются на три класса опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83): 1) высоко опасные (1 класс опасности) - ртуть, свинец, цинк, кадмий, бериллий, мышьяк, фосфор; 2) умеренно опасные (1 класс опасности) - никель, кобальт, хром, молибден, медь, сурьма; 3) малоопасные (1 класс опасности) - марганец, ванадий, олово, барий, стронций.

Информация о состоянии окружающей среды приведена в материалах отчетов [19, 21 и др.] и официальных докладах по состоянию окружающей среды на сайте <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад/ежегодный-экологический-доклад-2019>.

Основные эколого-геохимические исследования на рассматриваемой территории проводились при геоэкологическом картографировании территории Пермского края масштаба 1:500 000 (Копылов и др., 2000ф) [16], при геологическом доизучении масштаба 1:50 000-100 000 на Северокамской площади (Харитонов и др., 1998, 1999ф) [24] и эколого-геохимическом

опробовании г.Березники масштаба 1:50 000 (Демаков и др., 1993ф) [6].

Спектральным анализом в пробах почв и донных осадков определялись 34 элемента (Mn, Ni, Co, V, Ti, Cr, Zr, W, Mo, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Au, Bi, Cd, Sb, As, P, Be, Ba, Ge, Ga, Nb, Pt, Y, Hf, Sr, Ta, Tl, Te, Li, Sc), из которых установлено присутствие 25 элементов. Не обнаружены: Au, Bi, Sb, As, Ta, Tl, Te, Sb, W, Cd, Hf. В пробах донных осадков определились 23 элемента (Mn, Ni, Co, V, Ti, Cr, Zr, Mo, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Bi, Be, Ga, Nb, Sc, Sr, Hg, U.)

В результате обработки литогеохимических данных, в почвах изученной части территории установлено большое количество различных аномалий. Многие аномалии имеют небольшую площадь или зафиксированы по отдельным точкам, другие содержат обширные поля с превышением фона по ПДК. Коррелируемость аномальных полей также различна. Одни аномалии изолированы, другие создают комплексные аномальные зоны и участки. Основная задача состояла в выявлении участков с повышенным содержанием загрязняющих веществ и определении вклада геологических и техногенных факторов в суммарное загрязнение почв. Генетическая природа аномальных зон в основном комплексная с различной долей двух групп факторов - природной и техногенной. Большинство выделенных аномальных зон, являются природные условия формирования геохимических полей

1) биогеохимические в торфах болот:

- свинцово-цинково-ванадиевые (Pb, Zn, V) с сопутствующими элементами Mn, Ni, Ti, Mo, Cu, Sn, Ag, P, Nb, J, S, Sr, Ba, Sc.

- циркониево-хромовые (Zr, Cr) с сопутствующими элементами Ni, Cr, Zr, Ba, Ga, Nb, Y.

- цинково-ванадиевые (V, Zn) с сопутствующими элементами Mn, Ni, Ti, Mo, Cu, Sc, Sr, P, Nb, Ba, Ga, Sn, Y, Zr, Cr, Pb, P, Be, Nb, S.

2) геохимические четвертичных отложений:

- хром-циркониевые (Cr, Zr) с сопутствующими элементами Ti, Mo, Be, Nb, Mn, Cu, Ba, Ga.

- хром-титановые (Cr, Ti) с сопутствующими элементами Mn, Be, Nb.

3) геохимические пермских отложений:

- никель-ванадий-титановые (Ni, V, Ti, Zr, Mo, Zn) с сопутствующими элементами P, Nb.

Другие аномалии интерпретируется, как «техногенные» (аномалии приурочены к загрязненным участкам, населенным пунктам, сельскохозяйственным угодьям):

- кобальто-титано-медные (Co, Ti, Cu) с сопутствующими элементами Nb, Ba.

- итриевые (Y) с сопутствующими элементами Ti, Mo, Nb, Sr.

- молибденовые (Mo), с подразделением:

- Be, Mo с сопутствующими элементами Ti, Cr, Zr, Ge, Be, Ni, V, Cu, Y, Sr, Sc.

- Mo, Ga с сопутствующими элементами Cu, Sb, Be, Ba, Y, Sr.

- Ge, Mo с сопутствующими элементами Co, Cu, Sr.

свинцово-цинковые (Pb, Zn) с сопутствующими элементами Co, Mo, Cu,

Sn, Ag, Sc.

На территории Березниковско-Соликамского промузла из химических элементов наиболее опасными элементами, формирующими крупные или небольшие по площади, но токсичные аномалии установлены: свинец, бериллий, фосфор, хром, марганец, барий, никель, молибден, медь. Свинец формирует крупные аномалии практически по всему г. Березники и локально по всей территории; бериллий - крупные аномалии восточнее и северо-восточнее и западнее г. Березники; фосфор – на севере г. Соликамск, восточнее г. Березники; аномалии по хрому – охватывают весь г. Соликамск и выделяются по периферии г. Березники; аномалии по марганцу отмечаются на севере г. Соликамск и юге г. Березники; аномалии по барии отмечаются на севере г. Березники.

Радиационная обстановка.

Последнее десятилетие характеризуется существенным загрязнением территории Березниковского района радиоактивными веществами, что связывается прежде всего с трансграничным переносом.

В г. Березники ГЦ СЭН проводится изучение содержания естественных радионуклидов (гамма-фона и плотности потока радона с почвы). В черте городских кварталов выделено несколько участков «зоны риска», с превышением допустимых норм.

Анализ обследования калийных шахт показал: исходя из данных гамма-каротажа, установлено, что горные породы, залегающие на больших глубинах, могут иметь повышенную радиацию. Резко возрастает радиоактивность у калийных и магниевых солей: сильвиниты – до 72 мкР/час, карналлит – до 12 мкР/час; в результате их добычи, транспортировки, складирования и переработки происходит загрязненность площади. В результате обследования калийных шахт в гг. Соликамск, Березники, на содержание радона и продуктов его распада в воздухе были получены следующие результаты: а) невентилируемые и слабо вентилируемые выработки калийных шахт $3,0 \cdot 10^{-13}$ - $2,0 \cdot 10^{-12}$ кюри/л; б) вентилируемые тупиковые выработки калийных шахт $8,1 \cdot 10^{-14}$ – $2,0 \cdot 10^{-13}$ кюри/л. Мощность экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения в калийных шахтах - 0-40 мкР/час; на калийных отвалах до 20 мкР/час. Радон над отвальными породами не обнаружен.

В целом радиационный фон района составляет низкую величину и колеблется в пределах 5-10 мкР/час, но встречаются отдельные аномалии до 20-25 мкР/час. Высокие значения МЭД приурочены к транспортным магистралям, населенным пунктам и промышленным объектам. Они, по существу, результат деятельности человека (подсыпка шлаком, золой, промышленными отходами).

Единственный участок, который можно рассматривать, как угрожающий здоровью людей – отвал Березниковского титано-магниевого комбината. Здесь максимальное значение МЭД составляют 150 мкР/час (данные лаборатории геологии при ТОО «ПАНГЕО», 1997). Положение усугубляется тем, что северный уступ свалки омывается постоянно действующим водотоком (истоки р. Затолыч, протекающей по северо-западной окраине г. Березники), имеющим гидравлическую связь с основным руслом р. Камы.

Инженерно-геологические факторы условия

Инженерно-геологические формации и геолого-генетические комплексы

Верхнекамское месторождение калийных солей по инженерно-геологическому районированию (Инженерная геология СССР, т.1.Русская платформа, МГУ, 1978) находится пределах Русской платформы, Предуралья инженерно-геологических региона. Исходя из принципа формационного (литолого-генетического) анализа (Голодковская, 1963; Белый, 1964; Сергеев, 1978), на территории распространена карбонатно-терригенная инженерно-геологическая формация верхней перми (уфимские отложения). Она представлена тремя толщами, имеющих практическое значение для строительства [9, 22].

Шешминская толща красноцветных и пестроцветных пород (песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями и линзами известняков и мергелей, загипсованных), имеет преимущественное распространение в южной части территории, толщиной от 3 до 669 м.

Верхнесоликамская известняково-мергелисто-песчаниковая толща (известняки, мергели, песчаники, тонкослоистые алевролиты с прослоями глин и аргиллитов) имеет преимущественное распространение в северной части территории, толщиной 100-150 м.

Нижнесоликамская соляно-мергельная толща (загипсованные мергели, глины с прослоями известняков, доломитов, ангидритов и каменных солей) имеет локальное распространение, толщиной 100-250 м.

Глины карбонатные и аргиллитоподобные имеют наибольшее распространение, имеют твердую и полутвердую консистенцию, характеризуются высокой плотностью, 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 до $400 \cdot 10^5$ Па. Доломиты и известняки представлены хемогенными и органогенными разностями, в различной степени пористыми и кавернозными. В неветрелом состоянии это крепкие, прочные, массивные и толстослоистые породы с временным сопротивлением раздавливанию около $1000 \cdot 10^5$ Па, (у пористых доломитов – $250 \cdot 10^5$ Па); пористость не превышает 15-20 %, у известняковистых доломитов – до 40 %. Известняки представлены хемогенными и органогенными, кремнистыми и доломитизированными разностями, местами кавернозными. По прочности уступают доломитам. Временное сопротивление сжатию неветрелых кристаллических образцов около $900 \cdot 10^5$ Па, пелитоморфных и оолитовых $350-500 \cdot 10^5$ Па. Мергели имеют сопротивление сжатию от 50 до $400 \cdot 10^5$ Па, которое повышается с увеличением карбонатности и обладают высоким водопоглощением пород и быстро разрушаются многократном при замораживании. Гипсы имеют временное

сопротивление сжатию от 5 до $15 \cdot 10^5$ Па, ангидриты – от $1000 \cdot 10^5$ Па. Для калийных и каменных солей более характерна пластическая деформация, чем хрупкое разрушение.

Геолого-генетические (стратиграфо-генетические) комплексы

На рассматриваемой территории коренные породы почти сплошным чехлом покрыты различными по генезису четвертичными образованиями, формирующими геолого-генетические комплексы. Наиболее широко распространены аллювиальные, элювиально-делювиальные, делювиальные и переотложенные флювиогляциальные отложения. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое значение рыхлых отложений для решения вопроса охраны геологической среды очень большое, т.к. они широко распространены на поверхности. Среди рыхлых максимально развиты отложения, сформировавшиеся в субаэральных условиях. Это отложения склонового ряда. Они перекрывают более древние образования, выполняют понижения рельефа. Возраст их средне- и верхнеплейстоценовый и голоценовый. Динамику склоновых процессов контролируют геолого-генетические комплексы, сформировавшиеся в субаквальных условиях, т.е. отложения, образовавшиеся в водной среде (аллювиальный, озерно-болотный).

Геолого-генетический комплекс полигенетических отложений (средневерхнечетвертичные отложения) образовались в результате делювиальных, аллювиальных, эоловых, ледниковых процессов. Они обычно покрывают склоны долин, междуречные пространства и поверхности III и IV надпойменных террас. Представлены алевритистыми и песчанистыми красно-буро-коричневыми очень плотными глинами и лессовидными суглинками с характерной столбчатой отдельностью; толщина отложения 2-5 (до 15) м. Суглинки представлены легкими и средними, реже тяжелыми пылеватыми, хорошо отсортированными разностями, часто макропористыми, нередко известковистыми, изредка просадочными; консистенция обычно полутвердая, реже тугопластичная и твердая. При оценке в качестве основания сооружений их следует рассматривать как обычные глинистые грунты.

Геолого-генетический комплекс флювиогляциальных отложений (среднечетвертичные отложения днепровского оледенения) слагают зандровые равнины, окаймляющие с внешней стороны области распространения одновозрастных ледников, где они плащеобразно покрывают склоны долин, междуречные пространства и залегают моренно-ледниковых или коренных породах. Они представлены полевошпатово-кварцевыми песками светло-желтыми, различной зернистости (от тонких до грубых), сортированности и глинистости, преимущественно плотного и среднеплотного сложения, содержат гравий, гальку и мелкие валуны; мощность отложений обычно на водоразделах и склонах долин 0,5-4,5, в пониженных участках рельефа, где они часто переотложены – до 10-25 м. Фильтрационные свойства различные, могут достигать значительных величин. Коэффициент фильтрации (K_f) флювиогляциальных песков составляет 0,1-0,5 (до 20) м/сут.

Геолого-генетический комплекс аллювиальных отложений (средне-верхнечетвертичные и современные отложения) широко распространен в

долинах р.Камы и ее притоков, представлены песками, супесями, суглинками с включением гравия и гальки. Общая толщина аллювия в долинах небольших рек 0,5-5 м, в долинах более крупных рек 10-25 м. В переуглубленных участках долин, где нижние горизонты аллювия имеют неогеновый возраст, мощность аллювия достигает 60-80 м (долина р.Камы у Соликамска и Березников). Несущая способность, физико-механические свойства аллювиальных отложений зависят от литологического состава, от фациальной принадлежности, возраста и глубины их залегания. У глин и суглинков среднеплейстоценового перигляциального аллювия величина объемной массы скелета в среднем $1,5-1,7 \text{ г/см}^3$, а у пойменных осадков голоцена – $1,3-1,5 \text{ г/см}^3$. В целом, для аллювиальных отложений наилучшими инженерно-геологическими характеристиками обладают старичные глинистые грунты. Преобладающее значение модуля общей деформации для тонкозернистых и пылеватых песков пойменного аллювия выше - $120-130 \cdot 10^5 \text{ Па}$, для мелко- и среднезернистых песков пляжевой и прибрежной фации - $160-300 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Фильтрационные свойства зависят от гранулометрического состава.

Развитие опасных природных и техногенных процессов

На территории ВКМКС широко развиты две группы природных геологических процессов – экзогенные и эндогенные.

Из эндогенных процессов важнейшими для данной территории являются современные тектонические движения, определяющие неотектонические условия и сейсмичность.

Сейсмическая активность Уральского региона долгие годы недооценивалась и, как правило, Урал и Русская платформа относились к асейсмичным районам. Однако анализ исторических данных и сейсмологические наблюдения последних лет убедительно показывают обратное. Архивные документы свидетельствуют, что за прошлое столетие (с 1800 по 1900 гг.) землетрясения в 6 баллов были отмечены 5-6 раз. В этом столетии сейсмологические станции всего мира, включая и Уральскую обсерваторию в г.Екатеринбурге, неоднократно фиксировали события с магнитудой более 4 и балльностью свыше 6. Последние такие события с магнитудой 4,3 и 4,6 имели место в мае 1990 г. на Южном Урале, а в январе 1995 г. зафиксированы в районе Соликамска с магнитудой около 5,0. Гипоцентры землетрясений в большинстве случаев приурочены к верхней части земной коры до глубин 5-10,0 км. На территории Пермской области с 1798 г. зафиксировано около 70 землетрясений. В настоящее время карта сейсмического районирования России, в том числе Урала изменена. На территории области выделена зона 7- балльной интенсивности землетрясений, приуроченная к разломно-блоковым структурам земной. С начала 90-х годов начался новый период сейсмической активности, которые подтверждаются 3-6 балльными толчками, отмеченными в Кизеле и Соликамске. В районе городов Березники и Соликамск УО РАН в течение года регистрируется более 50 сейсмических явлений, что говорит о резко возрастающей сейсмической

активности Березниковско-Соликамского региона, вызванной горными работами.

Согласно последним исследованиям ведущей сейсмологической организации России - Института физики Земли (ИФЗ РАН г. Москва) именно на территории Среднего Урала (в пределах Пермской и Свердловской областей) выделяется область наивысшей (для Европейской части территории России) сейсмической активности. Выполненные ИФЗ РАН расчеты показывают о возможности проявления в Западно-Уральском регионе 8 – балльных землетрясений, последствия которых могут быть особенно катастрофическими. Сейсмическая опасность этого региона особенно усиливается аномально высоким уровнем техногенной нагрузки на недра Западного Урала. По данным организованного сейсмологического мониторинга на федеральной сейсмостанции «Соликамск» и региональной сейсмостанции «Кизел», а также сейсмостанцией «Арти» (г. Екатеринбург), на территории Пермской области за период с 1 декабря 1999 г. по 15 февраля 2000 г произошло 5 землетрясений, относящихся к классу слабых с магнитудами до 2,0 (Маловичко, 1999ф).

Неотектонические условия играют одну из основных ролей при определении геоэкологических условий территорий. Состояние окружающей природной среды зависит от многих факторов, и контролируется прежде всего геодинамическими условиями, обусловленными глубинным строением земной коры и степенью активности современных тектонических движений. В строении земной коры выделяются два основных геодинамических элемента - относительно монолитные геоблоки со стабильным неотектоническим режимом и геодинамические активные зоны со значительно более высокой мобильностью неотектонических движений. Поэтому, при характеристике геоэкологических условий важно выделить эти геоблоки и определить степень неотектонической активности, которая отражается на формировании морфоструктур, геохимических, геофизических полей, водоносных зон, геопатогенных аномалий, в увеличении диапазона ЭГП, на степени инженерной устойчивости территории, на сейсмичности территории.

Геодинамические активные зоны территории ВКМКС по результатам аэрокосмогеологических исследований

Оценка степени опасности обработанных участков шахтных полей Верхнекамского месторождения калийных солей по возможному нарушению сплошности водозащитной толщи производится по комплексу факторов, из которых одним из важнейших являются природные геологические условия разработки (Барях и др., 2008ф). Среди природных факторов в свою очередь важнейшими являются прочностные свойства водозащитной толщи пород, обусловленные степенью трещиноватости. Важную роль в определении степени тектонической трещиноватости и выделении геодинамических аномальных зон и участков могут оказать аэрокосмогеологические исследования [8-12].

В 2010 г. Копыловым И.С. и Хурсиком В.З. были проведены зональные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) масштаба 1:100 000 в пределах территории ВКМКС с целью выделения геодинамических аномальных зон [20].

По результатам региональных и зональных аэрокосмогеологических исследований на площади 4,7 тыс. км² на территории ВКМКС выделено 1801 тектонических линеаментов. По размеру они подразделены на следующие таксономические ранги:

- региональные линеаменты большой протяженностью (> 200-300 км) – 16 линеаментов;
- региональные линеаменты значительной протяженностью (100-200 км) – 16 линеаментов;
- зональные линеаменты (25-100 км) – 91 линеаментов;
- локальные линеаменты (5-25 км) – 306 линеаментов;
- локальные и короткие линеаменты (от 2-5 до 10 км) – 1372 линеаментов.

Необходимо отметить, что значительная часть рассматриваемой территории является аномальной в пределах всего Пермского края. На данной территории выделяется 3 геодинамические активные зоны. Крупнейшая из них Березниковская геодинамическая зона имеет площадь 1156 4,7 тыс.км².

Территория ВКМКС имеет в целом высокую плотность линеаментов и мегатрещиноватости. По более детальным данным аэрокосмогеологических исследований, геодинамические зоны разбиваются на многочисленные участки разной интенсивности. Выделено более 50 геодинамических активных участков размером от 1-2 до 5-15 км. Все они являются потенциально опасными, с возможным наличием ослабленных участков водоохраных толщ.

Построена карта геодинамических активных зон территории Верхнекамского месторождения калийных солей масштаба 1:100 000 (рис. 1).

В 2011 г. ЕНИ ПГНИУ были проведены НИР «Геологическая интерпретация и комплексный анализ геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов с целью обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Талицкого участка ВКМКС» [15]. Были выполнены детальные аэрокосмогеологические исследования на Талицком участке (масштаб 1:25 000), и установлены локальные геодинамические зоны. С учетом геофизических исследований они были учтены при проектировании нового рудника [16].

Экзогенные геологические процессы (ЭГП) представлены по классификациям Ф.П. Саваренского (1937) и Е.М. Сергеева (1978) следующими группами природных ЭГП:

- 1) климатического и ветрового характера (выветривание, эоловые процессы);
- 2) геоморфологического (гравитационного) характера (осыпи, обвалы, оползни);
- 3) связанных с действием преимущественно подземных вод (карст, суффозия, заболачивание);
- 4) связанных с эродирующим действием поверхностных вод (речная, склоновая и овражная эрозия);
- 5) побережий камских водохранилищ (переработка берегов).

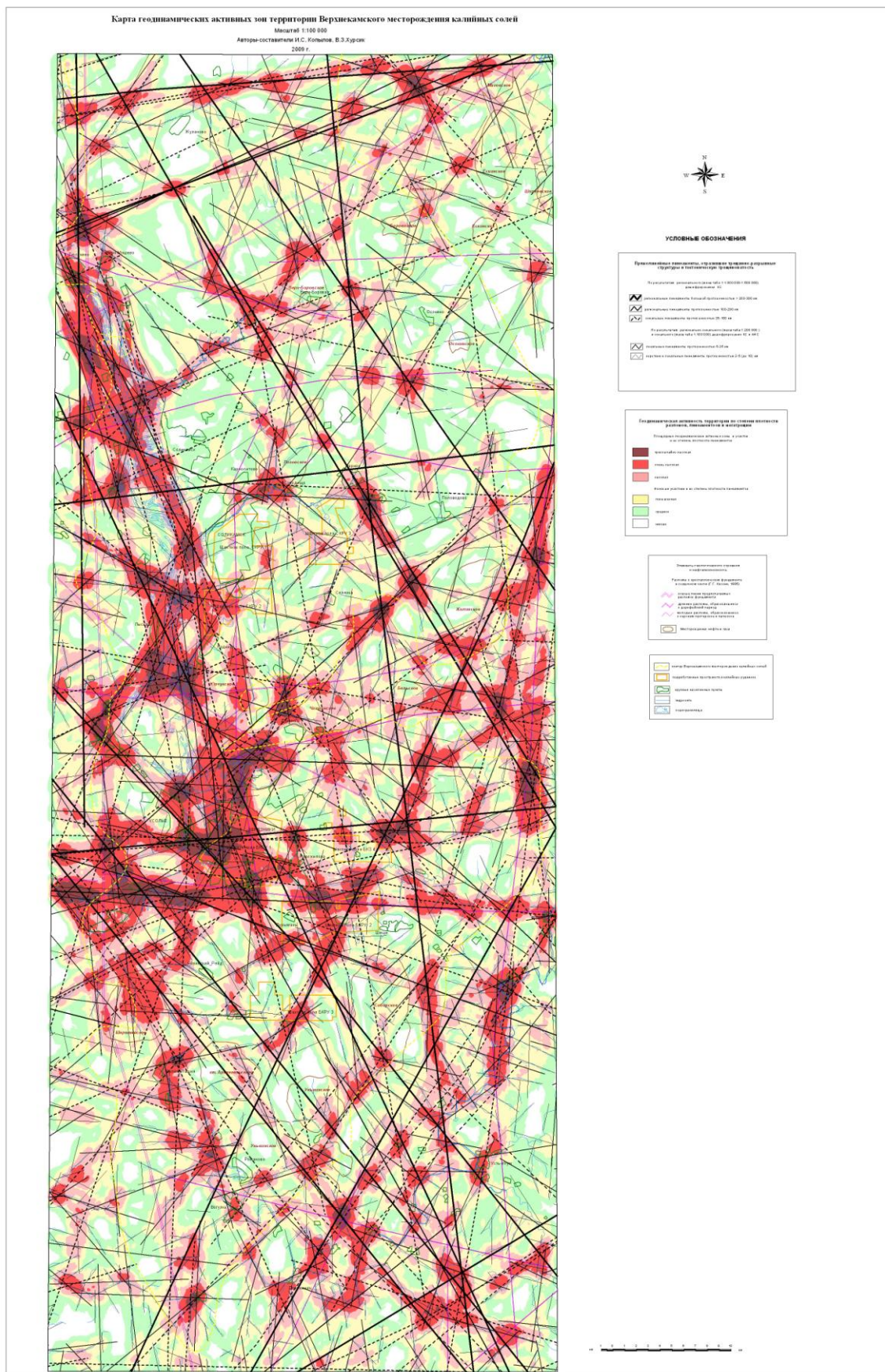


Рис. 1. Карта геодинамических активных зон территории Верхнекамского месторождения калийных солей (уменьшение с масштаба 1:100 000) [8, 20]

Наибольшее распространение на рассматриваемой территории получили: просадки, связанные с суффозионно-карстовыми процессами, заболачивание, подтопление, оползневые и эрозионные процессы. Наиболее опасный из них, имеющий катастрофические последствия – карст.

Карст. По определению Г.А. Максимовича (1963) «карст – это процесс химического и отчасти механического воздействия подземных и поверхностных внеусловных вод на растворимые, проницаемые горные породы (карбонаты, гипс, ангидрит, соли и т.д.). В результате возникают поверхностные и подземные скульптурные, а при выпадении из раствора, обрушении – аккумулятивные формы». Это собственно геохимический процесс взаимодействия относительно хорошо растворимых пород с природными водами, проявляющийся, как и другие экзогенные процессы, в разрушении горных пород, главным образом растворении (в меньшей степени – эрозии, выветривании) и переносе продуктов разрушения (в растворенном состоянии, а также механическим путём) и отложении осадков как хемогенных, так и обломочных.

Рассматриваемая территория относится к Соликамскому району соляного карста. Карстовые явления развиваются преимущественно в солях. Характерны депрессии, от десятков до сотен метров в диаметре, приуроченные к сводовым частям структур третьего порядка. Карстовые воронки не характерны и встречаются относительно редко, так отдельные формы зафиксированы в долинах рек Боровой, размер их в поперечнике составляет в среднем 3-8 м. Современный и древний карст проявляется на поверхности в образовании мульд оседания, расширенных участков долин, нередко заполненных водой или заболоченных. Северная часть Соликамской впадины в четвертичном периоде испытала ряд вертикальных движений значительной амплитуды, в результате чего карст, в отличие от средней и южной частей, охватил не только поднятия, но и синклинальные прогибы.

Отмечается проявление техногенного карста. Данный природно-антропогенный процесс малоизучен, специфика этой разновидности карста – его развитие в зоне непосредственного воздействия технической деятельности. Происходят процессы отседания земной поверхности над отработанными рудниками, скорость развития деформации изменяется от 10-12 до 252 мм в год. Максимальная величина отседания за весь период наблюдений на Соликамском руднике (СКРУ-1) составила 4034 мм, на Березниковском (БКРУ-2) – 2638 мм. В последние пять лет на территории Верхнекамского солеродного бассейна отмечается резкое усиление геодинамической активности недр, связанной с накапливающей техногенной нагрузкой, интенсивность последних землетрясений достигла в эпицентре 4-5 баллов (Аликин, Белкин, Квиткин, 1999ф). В начале 1995 года в результате горнодинамических явлений на руднике СКРУ-2 ОАО «Сильвинит», произошло сдвигание налегающих горных пород на площади 300 тыс. м², в результате образовалась мульда сдвигания на земной поверхности глубиной до 4 м. Аварийная ситуация не привела к тяжелым последствиям лишь только потому, что указанная площадь не была застроена. Одним из примеров катастрофического проявления

природно-антропогенных процессов является провал на шахтном поле БКРУ-3. Провал произошел в июле 1986 года и сопровождался взрывом метана и выбросом породы. Образовался провал с первоначальными размерами в плане 40x80 м, сейчас его размеры составляют более 200x150 м. В результате поступления пресных и слабоминерализованных вод в рудник происходило растворение солей и образование соляного техногенного карста. Объем выщелоченного купола составил более 630000 м³.

В октябре 2006 г. на одном из участков БКПРУ-1 было обнаружено увеличение притока рассола. Спустя 10 дней приток рассола достиг 1200 м³ в час. После неудачной попытки возобновить работы рудник был затоплен. На территории БРУ-1 в районе фабрики технической соли произошел провал, размер в настоящее время составляет 446×328 м. 25 ноября 2010 г. на станции Березники, которая расположена над затопленным БРУ-1, произошёл новый провал. В результате был прекращён транзит через станцию Березники. В дальнейшем на территории ВКМКС произошло еще несколько крупных провалов.

Важнейшей задачей на территории ВКМКС в настоящее время является проведение комплексного инженерно-геологического и геоэкологического анализа с выделением и ранжированием зон горно-геологического и экологического рисков на калийных рудниках и на всей территории ВКМКС и дальнейших мониторинговых исследований геологической среды, с целью прогнозирования и недопущения аварийных ситуаций.

Библиографический список

1. Белкин В.В. Техногенная трансформация геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна / автореф. дис. д-ра геол. мин. наук. Екатеринбург, 2010. 47с.
2. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист О-40-III / А.Г. Мелехов и др. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-III за период 1973-75 гг. Пермь, 1975.
3. Джиноридзе Н.М., Аристаров М.Г., Поликарпов А.И. и др. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. СПб-Соликамск: ОГУП Соликамская типография, 2000. 400 с.
4. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер-Флаасс Г.С. и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И. Кудряшова. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. 194 с.
5. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.
6. Комплексные исследования воздействия промышленных предприятий на экосистему Березниковско-Соликамского региона / В.А. Демаков, Н.Н. Назаров, А.П. Лепихин и др. Отчет о НИР. Институт экологии и генетики микроорганизмов. Пермь, 1993. 483 с.
7. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 5-14.
8. 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.

9. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.
10. Копылов И.С. *Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
11. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
12. 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.
13. Копылов И.С. *Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.
14. Копылов И.С. *Районирование и оценка эколого-геодинамической опасности территории Пермского края на основе ГИС И ДЗЗ // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края*. Пермь, 2010. С. 28-38.
15. Копылов И.С. *Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
16. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.
17. 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.
18. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. *Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 63-76.
19. 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.
20. *Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования / И.С. Копылов, В.З. Хурсик. Отчет по госконтракту. ООО «Пермская геолого-геофизическая компания», Пермь, 2010. 160 с.*
21. *Разработка программы сопряженного экологического мониторинга в инвентаризации техногенно-природных объектов и природных ресурсов Березниковского региона на основе системно-аэрокосмических методов исследований / А.И. Петрик, В.И. Гридин, Ю.В. Ямполь и др. Фирма «Агрохимбезопасность», М., 1996. 231 с.*
22. *Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями: Районирование территории; создание банка данных для геоинформационной системы органов Государственной власти (ГИС ОГВ). (Этап 2 - Березниковско-Соликамский промузел) / С.В. Пьянков, В.В. Михалев, И.С. Копылов. Отчет о НИР. ГИС-центр ПГУ. Пермь, 2003. 56 с.*
23. *Состояние и итоги работы по охране окружающей среды г.Березники в 1999 г. СТУЭК, Березники, 2000. 77 с.*
24. *Харитонов Т.В. и др. Отчет на создание сводных геологической и гидрогеологической карт Верхнекамского месторождения калийных солей масштаба 1:100 000. листы Р-40-138; О-40-5 (в.п.), 6, 7 (з.п.), 17 (в.п.), 18, 19 (з.п.), 29 (в.п.), 30, 31 (з.п.), 42 (с.п.). ПГГСП «Геокарта», Пермь, 1999.*

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ В ПРЕДЕЛАХ ВЛАДИМИРСКОЙ И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Проведен инженерно-геологический анализ по материалам инженерно-геологических и аэрокосмогеологических изысканий территории проектируемой высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) Москва – Екатеринбург, в пределах Владимирской и Нижегородской областей. Выполнен линеаментно-геодинамический анализ по инженерно-аэрокосмогеологическим исследованиям и установлены опасные геодинамические активные зоны на территории трассы ВСМ. В результате инженерно-геологического районирования территория трассы ВСМ разделена на 20 инженерно-геологических участков, которые ранжированы на 4 класса по степени инженерно-геологической сложности. Примерно 30 % территории находится в неблагоприятных и 20% - в весьма неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах пересечения трассы газопровода с крупными тектоническими линеаментами, что сказывается на интенсивность проявления экзогенных процессов и ухудшение физико-механических свойств грунтов.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, инженерно-геологические и аэрокосмогеологические изыскания, высокоскоростная железнодорожная магистраль, Владимирская и Нижегородская области.

I.S. Kopylov¹, E.V. Khlebnikova²

¹Perm State University, Perm, Russia

² OJSC "SurgutNIPIneft" Surgut, Russia

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEODYNAMIC EVALUATION OF THE TERRITORY OF A HIGH-SPEED RAILWAY IN THE VLADIMIR AND NIZHNY NOVGOROD REGIONS

An engineering-geological analysis was carried out based on the materials of engineering-geological and aerospace-geological surveys of the territory of the projected high-speed railway line (HSR) Moscow - Yekaterinburg, within the Vladimir and Nizhny Novgorod regions. Lineament-geodynamic analysis for engineering-aerospace-geological research was carried out and dangerous geodynamic active zones were identified on the territory of the high-speed rail route. As a result of engineering-geological zoning, the territory of the high-speed railway route was divided into 20 engineering-geological sections, which are ranked into 4 classes according to the degree of engineering-geological complexity. Approximately 30% of the territory is in unfavorable and 20% in very unfavorable engineering and geological conditions. The most dangerous sections are observed at the intersection of the gas pipeline route with large tectonic lineaments, which affects the intensity of the manifestation 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, high-speed railway, Vladimir and Nizhny Novgorod regions.

Введение

Вопрос о модернизации транспортного сообщения является актуальным в любое время. Особенно это касается наиболее экономически развитых и густонаселенных территорий центральной и западной частей России. И связано это с повышенной интенсивностью пассажирских поездов и грузоперевозок по данному направлению. Проектируемая железнодорожная высокоскоростная магистраль (ВСМ) Москва – Казань – Екатеринбург, призвана в значительной мере решить данную проблему.

Для для целей проектирования, строительства и дальнейшей безопасной эксплуатации ВСМ, а также комплексного освоения территории необходимо изучение инженерно-геологических условий, проведение регионального и детального (специального) инженерно-геологического районирования.

Объектом изучения является геологическая среда в районе трассы железнодорожной ВСМ (Владимирская область – Нижний Новгород), предметом – закономерности и особенности формирования инженерно-геологических условий трассы ВСМ.

Цель работы: комплексная оценка инженерно-геологических условий и районирование территории трассы ВСМ.

Методика исследований

Основная инженерно-геологическая характеристика в настоящей статье приведена по материалам инженерно-геологических изысканий на объекте: «Проектирование железнодорожной ВСМ Москва – Казань – Екатеринбург» проведенных геологическим отделом ОАО «Пермгипроводхоз» в 2015-2016 гг. Методика изысканий регламентировалась СНиП 11-02-96, СП 11-105-97 и другими действующими нормативными документами. В состав основных исследований входили: маршрутные карстологические исследования местности (120 км), буровые работы глубиной до 50 м (162 скв., общим объемом 7400 м), полевые исследования грунтов, гидрогеологические наблюдения, лабораторные работы (430 проб), обработка данных [23].

Линеаментно-геодинамический анализ проведен на основе инженерно-аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) по методикам И.С. Копылова [6, 10-15]. В результате этих исследований по повышенной плотности тектонических линеаментов были выделены геодинамические активные участки, которые отличаются различными физико-механическими свойствами грунтов. Проведена оценка влияния геодинамической активности на физико-механические свойства грунтов корреляционным анализом, методика которого изложена в тексте.

Детальное инженерно-геологическое районирование выполнено по методике В.В.Середина [22]. Методика районирования основывается на бальной оценке классификационного признака. Её особенностью, является то, что неизвестен классификационный показатель (K_p); неизвестны граничные значения (K_p); но известны численные значения факторных признаков в каждой подобласти исследуемой территории.

Анализ природных факторов формирования инженерно-геологических условий

Физико-географические условия

В административном отношении территория исследования приурочена к Владимирской и Нижегородской области. С запада на восток проектируемая ВСМ пересекает населенные пункты: г. Владимир, п. Пенкино, п. Пестово, п. Крутово, п. Октябрьский, г. Нововязники, г. Гороховец, г. Володарск, г. Дзержинск, г. Кстово, г. Лысково (рис. 1).

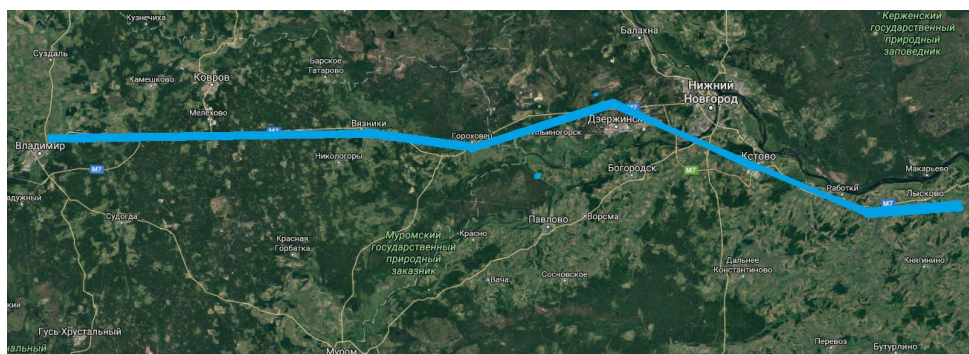


Рис. 1. Территория исследования ВСМ

Территория исследований расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины, проходит по склонам и водораздельным пространствам Московской и Приволжской возвышенностей, пересекает долины рек Клязьмы, ее притоки (р.Судогда, р.Суворощь и р.Шумарь) и р.Ока. В геоморфологическом отношении территория относится к области структурно-денудационных и денудационных равнин. Равнины наклонные, слабонаклонные, ярусные, местами ступенчатые. Абсолютные отметки изменяются от 75-200 м на водоразделах, в придолинных районах высоты снижаются до 55 м.

Рельеф участка относительно ровный, с плавными повышениями и понижениями, представляет собой слабохолмистую равнину, расчлененную долинами водотоков и логами. Район исследования приурочен к бассейну р. Волга, а именно к долинам рек Клязьмы, ее притоков (р.Судогда и р.Суворощь, р.Шумарь) и р.Ока.

Геологическое строение

В тектоническом отношении территория расположена на Восточно-Европейской платформе в пределах юго-восточной части Московской синеклизы и Токмовского свода Волго-Уральской антеклизы.

В геологическом строении района принимают участие породы кристаллического фундамента и осадочного чехла. На поверхность в пределах территории исследования выходят отложения каменноугольной, пермской и юрской систем, перекрытые различным по мощности чехлом четвертичных отложений. Четвертичные отложения имеют повсеместное распространение с мощностью до 50 м., представлены континентальными образованиями – аллювиальными (aQ_{IV}), флювиогляциальными (fQ_{II}) элювиальными (eQ_{IV}) и делювиально-элювиальными (edQ_{IV}) образованиями.

Гидрогеологические условия

Рассматриваемая территория располагается в пределах двух крупных гидрогеологических структур: Московского и Волго-Камского артезианских бассейнов, представляющих собой сложную систему водоносных комплексов (ВК) и горизонтов в большей или меньшей степени взаимосвязанных с четко выраженной вертикальной гидродинамической и гидрохимической зональностью [22]. Основными водоносными комплексами являются: ВК четвертичных отложений (Q), ВК меловых и юрских отложений (J-K), ВК пермских отложений (P), ВК каменноугольных отложений (C).

Инженерно-геологические условия

По инженерно-геологическому районированию территория исследования расположена в пределах Восточно-Европейской платформы (регион I порядка), Центрального региона и Поволжья (регионы II порядка). На территории распространены породы терригенно-карбонатной, угленосной, карбонатной, галогенно-карбонатной и терригенно-красноцветной формаций [4].

Из *геолого-генетических (стратиграфо-генетических) комплексов* на рассматриваемой территории распространены следующие основные комплексы: *Биогенный комплекс* выделяется локально, представлен торфами разнообразными по составу и цвету. В целом, по территории распространены торфяные залежи со средними значениями мощности – 1,5-2,0 м, максимальными 2,2-2,8 м, в единичных случаях 3,2-3,5 м. *Комплекс аллювиальных отложений* объединяет современные аллювиальные образования, слагающие пойменные террасы в долинах р. Оки и ее притоков. Мощность комплекса изменчива. В долинах малых рек она составляет 2-3,0 м, в долине р. Оки достигает 12,0-16,0 м. Представлен в основном суглинком серым от твердой до текучепластичной консистенции, с линзами (до 2 см) песка мелкого, средней крупности, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава хорошо окатанных; песками желтовато-серыми, серыми, серо-коричневыми, мелко- и среднезернистыми, кварцевыми, в различной степени глинистыми. *Комплекс делювиальных и элювиально-делювиальных отложений* представлен глиной коричневой от твердой до мягкопластичной консистенции, участками с галькой до 10%, местами с примесью органических веществ, с линзами песка коричневого мелкого до 2 см. *Комплекс элювиальных отложений* представлен суглинком коричневым полутвердой консистенции (сильновыветрелый аргиллит), с тонкими прослоями песчаника серого мелкозернистого рыхлого, с включением дресвы аргиллита до 10%.

Исходя из геолого-литологического строения района и обработки результатов лабораторных исследований грунтов, в пределах сферы влияния проектируемого сооружения на геологическую среду, на территории исследований выделено 11 инженерно-геологических элементов (ИГЭ): ИГЭ-1 (торф сильноразложившийся, избыточно влажный); ИГЭ-2 (суглинок тяжелый песчанистый текучепластичный); ИГЭ-3 (суглинок тяжелый песчанистый, тяжелый пылеватый мягкопластичный); ИГЭ-4 (суглинок легкий песчанистый, легкий пылеватый, тяжелый пылеватый полутвердый); ИГЭ-5 (песок мелкий

водонасыщенный); ИГЭ-6 (глина тяжелая пылеватая, тяжелая песчанистая мягкопластичная); ИГЭ-7 (глина тяжелая пылеватая, тяжелая песчанистая тугопластичная); ИГЭ-8 (глина тяжелая пылеватая, тяжелая песчанистая полутвердая); ИГЭ-9 (глина тяжелая пылеватая, тяжелая песчанистая твердая); ИГЭ-10 (щебенистый грунт с глинистым заполнителем более 40 %); ИГЭ-11 (известняк низкой прочности) [23].

Экзогенные геологические процессы

На территории развиты разнообразные геологические процессы. Наиболее существенную роль играют карст, суффозия, заболачивание, подтопление, речная и склоновая эрозия и локально – оползни [5, 20, 21].

Карстовые процессы развиты на западе и северо-западе территории, в его южной частях и в пределах Окско-Циннинского вала и связаны главным образом с растворимыми породами карбонатной и галогенно-карбонатной формацией. Преобладает покрытый тип карста. Поверхностные формы карста представлены обычно воронками диаметром 1-2 до 100 м (в редких случаях до 200 м) глубиной 2-6 до 30 м. Воронки обычно сухие, реже заполнены водой и образуют небольшие карстовые озера.

Наиболее интенсивно карстовые процессы развиты в пределах г. Дзержинска (ими охвачено практически 100% территории города) и Нижнего Новгорода [1, 3]. Особенностью Дзержинско-Нижегородского карстового района является приуроченность карста к долинам рек Оки и Волги. Развитие карста в данном районе связано с особенностями его тектонического строения и проявлением неотектоники, обуславливающими относительно близкое к поверхности залегание растворимых отложений пермской системы и повышенной проницаемостью покровной и карстующихся толщ. Наибольшая закарстованность приурочена к участкам сильно расчлененной поверхности растворимых карбонатных и сульфатных пород в пределах древних и современных долин р. Оки.

Процессы подтопления развиты в прибрежной и восточной части г. Дзержинска, причиной является повышение уровня Чебоксарского водохранилища. Трасса ВСМ пересекает 19 водотоков, поэтому в районе активно развиты процессы речной эрозии. Также в пределах территории грунты могут проявлять пучинистые свойства в зоне сезонного промерзания, по степени морозоопасности глинистые грунты разделяются от слабопучинистых до чрезмерно пучинистых.

Оценка современной геодинамики и неотектонической трещиноватости по материалам аэрокосмогеологических исследований

Аэрокосмогеологические исследования и линеаментно-геодинамический анализ

Для оценки геодинамической активности территорий в общем комплексе геологических работ большое значение имеют аэрокосмогеологические исследования (АКГИ). Основным видом работ в комплексе АКГИ является структурно-тектоническое (линеаментное) дешифрирование – выделение на

космических снимках (КС) с помощью геоиндикационных признаков (геоморфологических, ландшафтных, гидрогеологических и др.) элементов структурно-тектонического строения и неотектонических особенностей изучаемой территории [10, 17]. Для обозначения линейных объектов, выделенных по снимкам, используется термин «линеамент» - линейные неоднородности земной коры и литосферы разного ранга, протяженности, глубины и возраста заложения.

Главной задачей изучения линеаментов является выяснение их природы. Всесторонний анализ результатов дистанционных исследований и данных, полученных традиционными геолого-геофизическими методами, позволяет предполагать отражение прямолинейными линеаментами трещинно-разрывных деформаций осадочного чехла и взаимосвязь линеаментов с напряжёнными зонами земной коры и зонами повышенной трещиноватости и проницаемости в породах осадочного чехла, известными как геодинамические активные зоны [15].

Геодинамические активные зоны (АЗ) представляют собой ограниченные, протяжённые в плане участки земной коры, с концентрацией тектонического напряжения, обусловленного внутренними силами Земли и их активностью на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и как следствие, проявлением разрывной тектоники, сейсмичности, подъёмом флюидов и других процессов. Геодинамическими АЗ, как правило, являются мобильные зоны трещинно-разрывных нарушений на границах блоковых структур, узлы пересечения разнонаправленных нарушений, осложняющие неотектонические блоки; внутриблоковые участки сгущения сети нарушений [8, 15].

Методологической основой выделения геодинамических активных зон является линеаментно-геодинамический анализ, который проводился на основе изучения распределения плотности линеаментов по их протяженности на единицу площади [7-9].

Линеаментно-геодинамический анализ представляет собой комплекс геологических, геоморфологических, дистанционных и других методов картирования полей тектонической трещиноватости и геодинамической активности. Анализ заключается в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования КС, далее – в аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности, построение ее картографических моделей разного уровня детальности. Дешифрирование линеаментов состоит из следующей последовательности: выделение линейных объектов и составление схем линеаментов; обработка схем линеаментов; установление закономерностей в распределении линеаментов [10-12].

Проведено дешифрирование КС территории исследования. На всей территории были выделены прямолинейные линеаменты различных систем [11]. Фрагмент карты по территории трассы ВСМ приведен на рис. 2.

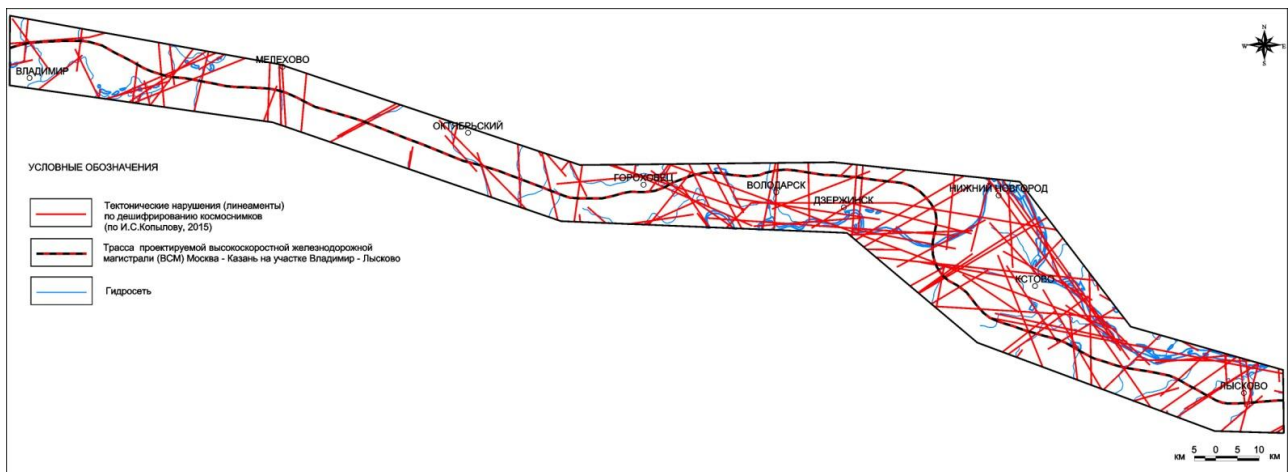


Рис.2. Карта тектонической трещиноватости трассы железнодорожной ВСМ в пределах г.Владимир - г.Нижний Новгород

Наиболее четко выделяется серия линеаментов в пределах территории Володарск-Дзержинск-Кстово, здесь 3 крупных линеамента, проходящих с запада на восток и с северо-запада на юго-восток, имеют множество пересечений с линеаментами более низших порядков.

По плотности линеаментов и мегатрещиноватости была построена карта геодинамической активности территории исследования (рис. 3).

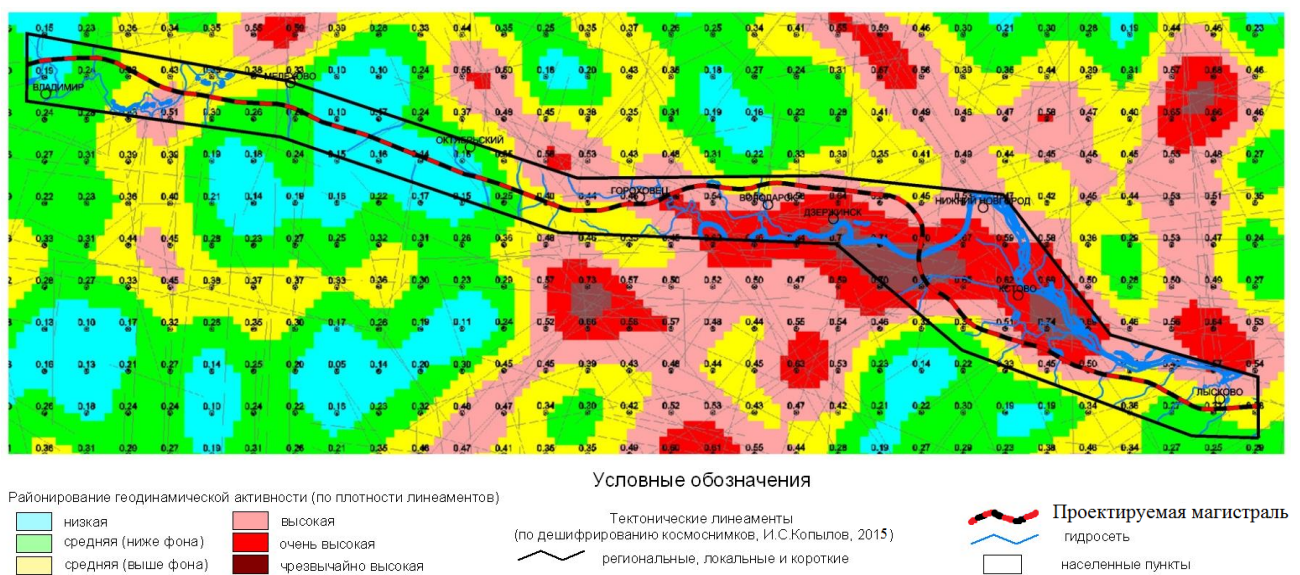


Рис. 3. Карта геодинамической активности трассы железнодорожной ВСМ в пределах г.Владимир - г.Нижний Новгород

Обработка данных, построение карт проводились с использованием программного обеспечения ArcGIS и модуля Spatial Analyst фирмы ESRI. Выделение и классифицирование геодинамических АЗ производилось по классификации геодинамических активных зон [12, 15].

Согласно карте, общий фон составляют значения со средней плотностью линеаментов, участок от г. Владимир до г. Гороховец соответствует участку с

низкой и средней (ниже фона) степенью плотности линеаментов. Участку, расположенному от г. Гороховец до г. Дзержинск, соответствует высокие и очень высокие значения по плотности линеаментов. В центральной части, а именно участок Дзержинск – Н.Новгород выделяются значения с высокой и очень высокой степенью интенсивности, небольшими участками отмечены площади с чрезвычайно высокой геодинамической активностью.

Выделенные локальные геодинамические активные зоны на территории исследования являются потенциально опасными участками для размещения строительных объектов, которые необходимо учитывать при проведении инженерных изысканий, проектно-строительных работ, разработке природоохранных мероприятий, безопасной эксплуатации инженерных сооружений и в других сферах хозяйственной деятельности. На участках геодинамической активности в условиях карстовой опасности необходимо осуществление постоянно действующего дистанционного мониторинга за состоянием геологической среды с целью инженерно-геологической безопасности [8, 9, 16-19].

Корреляционный анализ влияния геодинамической активности на физико-механические свойства грунтов

Для выявления связи между показателями свойств грунтов и тектонической трещиноватостью, характеризующей геодинамическую активность, были выбраны наиболее распространенные инженерно-геологические элементы: ИГЭ-1 (суглинок текучепластичный), ИГЭ-2 (суглинок мягкопластичный). В качестве факторных признаков выбраны показатели физико-механических свойств грунтов; в качестве результативного признака принят показатель плотности тектонической трещиноватости. Результаты расчетов коэффициентов корреляции между результативным и факторными признаками приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов коэффициентов корреляции

| Признаки Результативный | Факторные | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| | W | WL | Wp | Ip | IL | ρ | e | c | φ | E |
| Результаты расчет коэффициента корреляции для ИГЭ-1 | | | | | | | | | | |
| Плотность тектонической трещиноватости | 0,41 | 0,54 | 0,36 | 0,12 | 0,09 | -0,36 | -0,08 | 0,19 | -0,26 | -0,67 |
| Результаты расчет коэффициента корреляции для ИГЭ-2 | | | | | | | | | | |
| Плотность тектонической трещиноватости | 0,45 | 0,39 | 0,49 | 0,03 | 0,2 | -0,43 | 0,11 | 0,21 | -0,22 | -0,62 |

После расчета коэффициента корреляции необходимо его оценить. Выбор факторных признаков производится по показателю значимости коэффициентов

корреляции. Для оценки коэффициента корреляции найдем его табличные значения (по Р. Фишеру) при $n-2$ и $\alpha=0,05$.

Для физических характеристик ИГЭ-1 при $n-2=32$ и $\alpha=0,05$ табличное значение $r_T=0,35$. Для механических характеристик ИГЭ-1 при $n-2=8$ и $\alpha=0,05$ табличное значение $r_T=0,63$.

Сравним расчетные значения r_p по каждому факторному признаку с табличным $r_T=0,35$. При условии, что $r_p < r_T$, считаем, что связи между данным результативным и факторными признаками не установлены. По результатам сравнения r_p и r_T наблюдается, что взаимосвязи выделяются между плотностью тектонической трещиноватости и влажностью грунтов ($r_p=0,41 > r_T$), влажностью грунтов на границе текучести ($r_p=0,54 > r_T$), влажностью на границе раскатывания ($r_p=0,36 > r_T$), модулем деформации ($r_p=0,67 > r_T$), (рис. 4). Следующим шагом проверяем значимость коэффициента корреляции $t_{расч.}$ с $t_{табл.}$

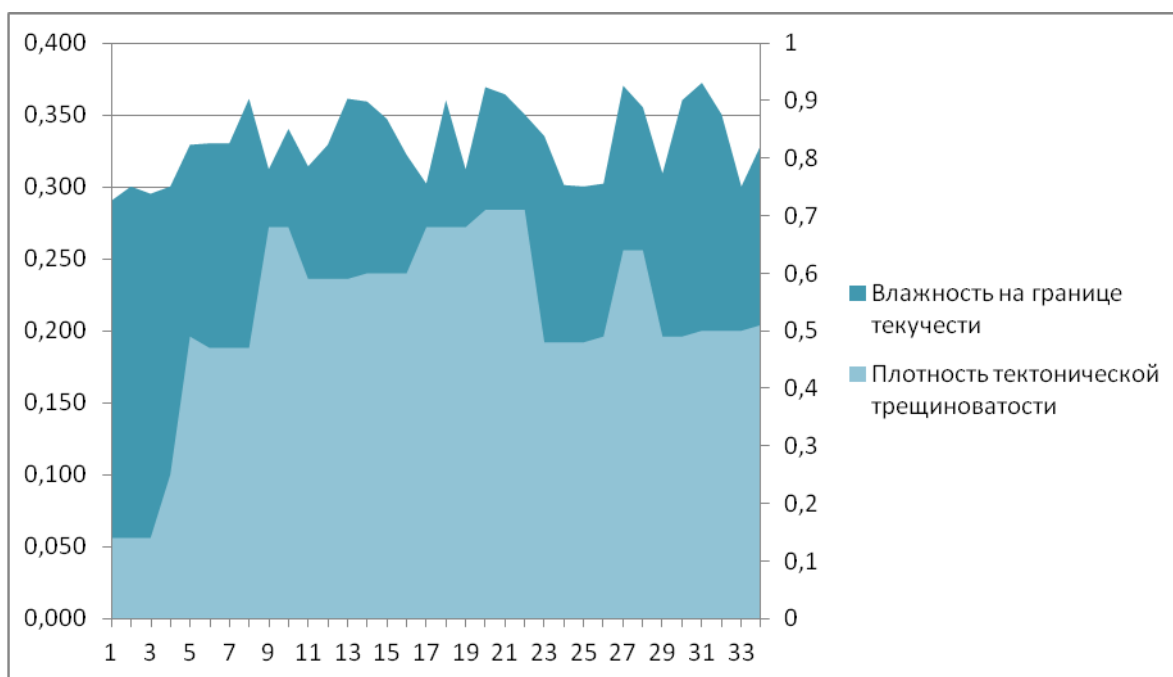


Рис. 4. График зависимости влажности на границе текучести и плотности тектонической трещиноватости (ИГЭ-1)

Проводим ранжирование факторных признаков. По величине коэффициентов корреляции физических свойств наибольшая взаимосвязь с плотностью тектонической трещиноватости выявлена между влажностью грунтов на границе текучести ($r_p=0,54 > r_T$), влажностью грунтов ($r_p=0,41 > r_T$), влажностью грунтов на границе раскатывания ($r_p=0,36 > r_T$). По величине коэффициентов корреляции механических свойств взаимосвязь выявлена с модулем деформации ($r_p=0,67 > r_T$).

Для физических характеристик ИГЭ-2 при $n-2=20$ и $\alpha=0,05$ табличное значение $r_T=0,42$. Для механических характеристик ИГЭ-2 при $n-2=9$ и $\alpha=0,05$ табличное значение $r_T=0,60$. По результатам сравнения r_p и r_T наблюдается, что взаимосвязи выделяются между плотностью тектонической

трещиноватости и влажностью грунтов ($r_p=0,45 > r_T$), влажностью на границе раскатывания ($r_p=0,49 > r_T$), плотностью грунтов ($r_p=-0,43 > r_T$) и модулем деформации ($r_p=0,62 > r_T$) (рис. 5).

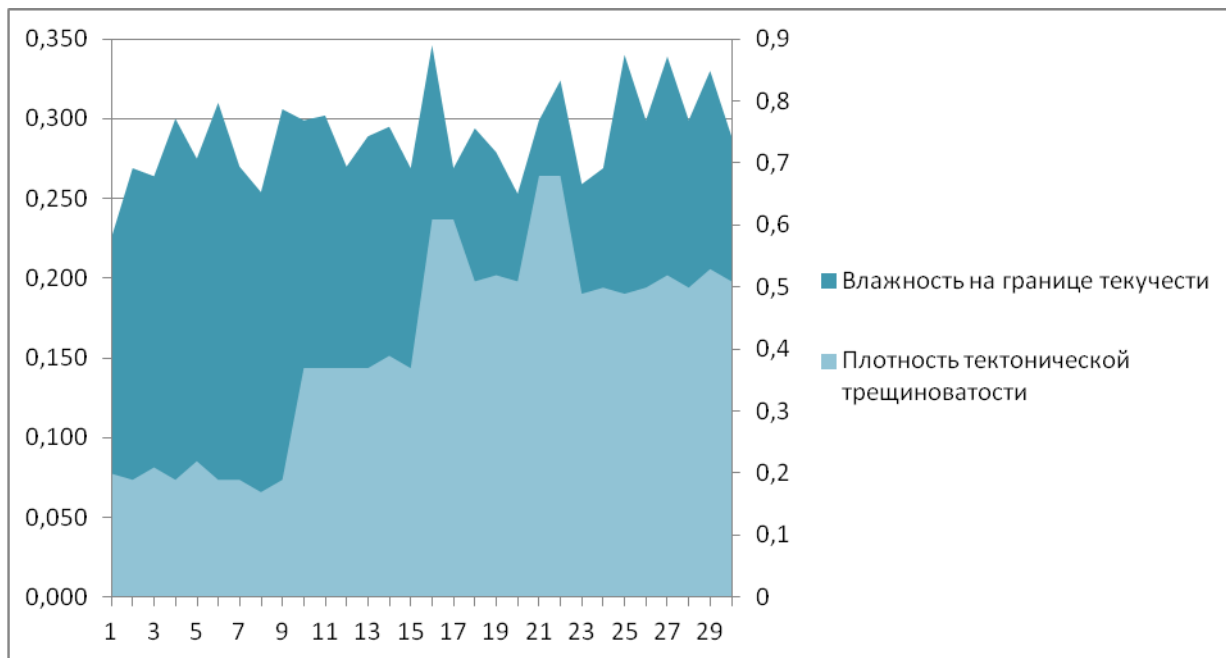


Рис. 5. График зависимости влажности на границе текучести и плотности тектонической трещиноватости (ИГЭ-2)

Проводим ранжирование факторных признаков. По величине коэффициентов корреляции наибольшая взаимосвязь с плотностью тектонической трещиноватости выявлена между влажностью грунтов на границе раскатывания ($r_p=0,49 > r_T$), влажностью ($r_p=0,45 > r_T$), плотностью грунтов ($r_p=-0,43 > r_T$).

В результате проведенного корреляционного анализа наблюдается связь между показателями физико-механических свойств грунтов и тектонической трещиноватостью. Таким образом, по результатам анализа выявлено, что на участках с высокой геодинамической активностью наблюдается ухудшение физико-механических свойств грунтов.

Инженерно-геологическое районирование территории ВСМ и оценка инженерно-геологических условий по степени сложности

Инженерно-геологическое районирование – разделение исследуемой территории на соподчиненные таксономические элементы, характеризующиеся внутренней общностью и внешними различиями инженерно-геологических условий. Задача районирования сводится к выбору и оценке классификационного показателя и определению его граничных значений, по которым выделяются таксоны.

Методика районирования, основана на бальной оценке классификационного признака [22].

Для системы «железнодорожная магистраль – геологическая среда» результаты выбора и бальной оценки факторных признаков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты выбора и бальной оценки факторных признаков

| Наименование факторных признаков | Индекс признака | Весовой коэффициент (ранг) | Бальная оценка факторных признаков | | | |
|---|-----------------|----------------------------|---|---|--|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Показатель консистенции глинистых 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 |
| Плотность линеаментов | 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 (заболачивание, речная эрозия, карст) | | | |
| | | | Отсутствуют экзогенные процессы | Действует один процесс | Действуют два процесса | Действуют три процесса |

Обоснование факторных признаков

Большая часть территории исследования сложена глинистыми грунтами, поэтому *первым* факторным признаком выбран «показатель текучести глинистых грунтов». Грунты тугопластичной, полутвердой и твердой консистенции являются наиболее выгодным основанием под инженерные сооружения в отличие от мягкопластичных и тем более текучепластичных и текучих грунтов.

Второй факторный признак – пучинистость грунтов. В пределах территории исследования грунты могут проявлять пучинистые свойства в зоне сезонного промерзания.

Третий факторный признак – эндогенные геологические процессы. Выбран факторный признак, характеризующий геодинамическую активность – плотность тектонической трещиноватости. По этому признаку (в соответствии с картой геодинамической активности (рис. 3) рассматриваемая территория подразделяется на участки с различной степенью геодинамической активности, в пределах которых интенсивно развиваются экзогенные геологические процессы.

Четвертым факторным признаком обозначены экзогенные геологические процессы (речная эрозия, заболачивание, карст). Отсутствие каких-либо процессов является наиболее благоприятным условием для строительства и эксплуатации высокоскоростной магистрали.

В качестве классификационного показателя используем критерий

$K_6 = K_p$, этот критерий рассчитывается по следующей зависимости:

$K_6 = 1 \cdot A + 2 \cdot B + 3 \cdot V + 4 \cdot \Gamma$, где: 1, 2, 3, 4 – весовые коэффициенты (ранги)

A, B, V, Γ – факторные признаки.

Обосновываем граничные значения классификационного показателя $K_6 = K_p$. Считаем, 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 $K_p = K_6 = 20-30$ - 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.

Составляем модель районирования

В соответствии с условиями работы системы «железнодорожная магистраль - геологическая среда» предложена следующая модель районирования (табл. 3).

Таблица 3

Модель районирования

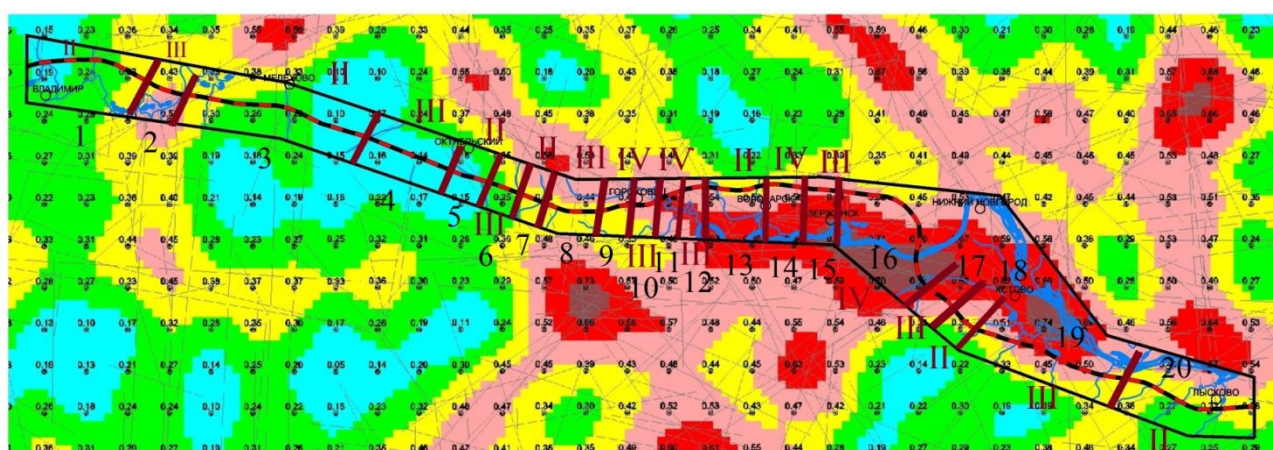
| Наименование таксона | Оценка условий | Значение K_p |
|----------------------|------------------------|----------------|
| I | Благоприятные | <10 |
| II | Условно благоприятные | 10-20 |
| III | Неблагоприятные | 20-30 |
| IV | Весьма неблагоприятные | >30 |

Определяем $K_p = K_6$ в каждой точке наблюдения. Результаты расчетов (фрагмент) приведены в таблице 4.

Определив численные значения K_p на всей территории исследований, произведено составление карты районирования и описание таксонов, используя классификационную модель. Расчетная схема фактического материала для районирования по степени инженерно-геологической сложности приведена на рис. 6.

Результаты расчетов (фрагмент трассы ВСМ)

| № скважины | Показатель текучести, I _t , д.е. | | Степень пучинистости | | Тектоническая трещиноватость | Наличие экзогенных процессов | Кр | Ранг | | |
|-------------------|---|---|----------------------|---|------------------------------|------------------------------|--------------|------|----|---|
| | | | | | | | | | | |
| Владимир-Мелехово | | | | | | | | | | |
| 50646 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | низкая | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50645 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | низкая | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50644 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | низкая | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50643 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | низкая | 1 | Один процесс | 2 | 14 | 2 |
| 50642 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | низкая | 1 | Один процесс | 2 | 14 | 2 |
| 50641 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | низкая | 1 | Один процесс | 2 | 14 | 2 |
| 50640 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50639 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50638 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50637 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 50636 | Твердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 13 | 2 |
| 50635 | Полутвердая | 1 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 15 | 2 |
| 50634 | Полутвердая | 1 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Один процесс | 2 | 19 | 2 |
| 50633 | Полутвердая | 1 | Среднепучинистый | 2 | высокая | 3 | Один процесс | 2 | 22 | 3 |
| 50632 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | высокая | 3 | Один процесс | 2 | 23 | 3 |
| 17478 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Один процесс | 2 | 20 | 3 |
| 17479 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 16 | 2 |
| 17480 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 16 | 2 |
| 17481 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 16 | 2 |
| 17482 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 16 | 2 |
| 17483 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (выше фона) | 2 | Отсутствуют | 1 | 13 | 2 |
| 17484 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 17485 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 17486 | Полутвердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 17487 | Твердая | 1 | Слабопучинистый | 1 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 10 | 2 |
| 17488 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 13 | 2 |
| 17489 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (ниже фона) | 1 | Отсутствуют | 1 | 13 | 2 |
| 17490 | Тугопластичная | 2 | Среднепучинистый | 2 | средняя (ниже фона) | 1 | Один процесс | 2 | 17 | 2 |
| 17491 | Смягкопластичный | 3 | Среднепучинистый | 2 | средняя (ниже фона) | 1 | Один процесс | 2 | 18 | 2 |



Условные обозначения

Районирование геодинамической активности (по плотности линейментов)

- низкая
- средняя (ниже фона)
- средняя (выше фона)
- высокая
- очень высокая
- чрезвычайно высокая

Тектонические линейменты (по дешифрированию космоснимков, И.С.Копылов, 2015)

- региональные, локальные и короткие
- 1,2,3 - инженерно-геологические участки

Проектируемая магистраль гидросеть

II, III, IV - таксоны

Рис. 6. Расчетная схема фактического материала для районирования по степени инженерно-геологической сложности

По полученным инженерно-геологическим данным выделены следующие таксоны:

I - таксон характеризуется благоприятными условиями, на территории исследования не выявлен;

II - таксон характеризуется условно благоприятными условиями, по трассе выделено 7 участков. Участки сложены глинистыми грунтами от твердой до тугопластичной консистенции (редко мягкопластичной), экзогенные процессы развиты слабо (на 3 участках отмечено заболачивание, на 2 – речная эрозия), геодинамическая активность низкая и средняя (ниже фона), но лишь на 3 участках – средняя (выше фона);

III - таксон характеризуется неблагоприятными условиями, по трассе выделено 9 участков. Участки сложены глинистыми грунтами в основном мягкопластичной консистенции (встречается тугопластичная консистенция и реже текучепластичная), из экзогенных процессов наблюдаются заболачивание территории и карстопоявления в виде единичных воронок, участки обладают средней (выше фона), высокой и местами очень высокой геодинамической активностью;

IV - таксон характеризуется чрезвычайно неблагоприятными условиями, по трассе выделено 4 участка. Участки сложены глинистыми грунтами текучепластичной и мягкопластичной консистенции, геодинамическая активность от высокой до чрезвычайно высокой, на территории исследования выявлено наличие всех экзогенных процессов (речная эрозия, заболачивание и карстопоявления в виде воронок).

Таким образом, в результате инженерно-геологического районирования территория исследования разделена на 20 инженерно-геологических участков, которые ранжированы на 4 класса по степени инженерно-геологической сложности (рис. 7).

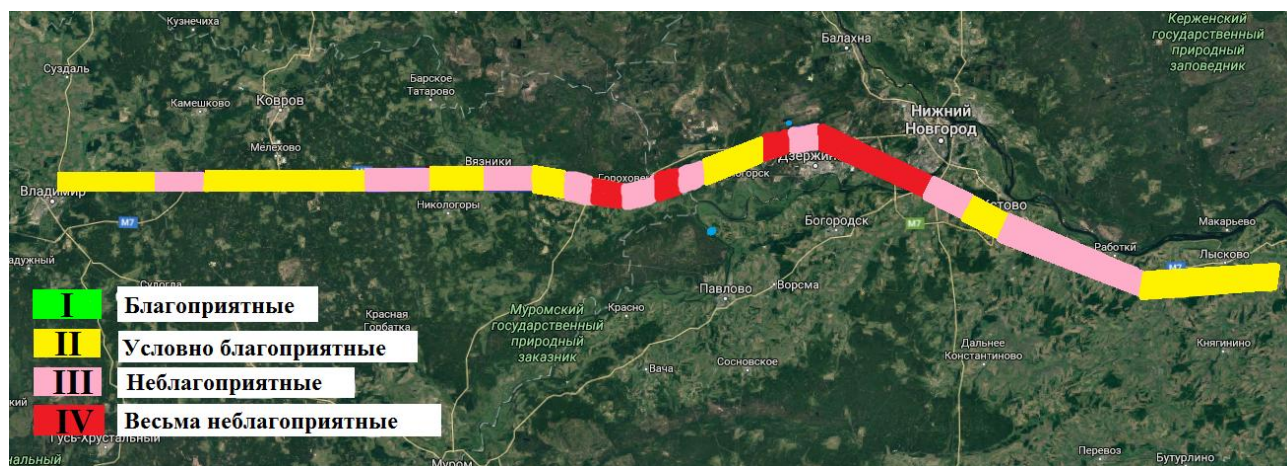


Рис. 7. Карта инженерно-геологического районирования трассы высокоскоростной железнодорожной магистрали

Заключение

В результате инженерно-геологического районирования территория проектируемой трассы ВСМ разделена на 20 инженерно-геологических

участков, которые ранжированы на 4 класса по степени инженерно-геологической сложности. Примерно 30 % территории находится в неблагоприятных и 20 % – в весьма неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах пересечения трассы газопровода с крупными тектоническими линеаментами, что сказывается на интенсивности проявления экзогенных процессов и ухудшение 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 геодинамических 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 ВСМ:

- при пересечении водотоков в теле насыпей должны быть предусмотрены водопропускные сооружения;
- при прокладке железнодорожного полотна по направлению уклона местности свыше 20% следует предусмотреть устройство противозерозионных экранов и перемычек, как из естественного грунта, так и из искусственных материалов, для отвода поверхностных вод от трассы ВСМ;
- при эксплуатации ВСМ уделить особое внимание (вести мониторинг) участкам с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями; внеплановый обход трассы ВСМ следует производить после обильных дождей, подъема грунтовых вод и уровня воды в реках.

Библиографический список

1. Батьянова Н.Л. Потенциально опасные оползневые зоны в г. Нижний Новгород // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С.142-153.
2. *Гидрогеология СССР. Том XIII. Поволжье и Прикамье* // под ред. Т.П. Афанасьев. – М.: Недра, 1970. 800 с.
3. Зерова В.В. Оценка влияния геодинамической активности на инженерно-геологические условия и развитие карста в г. Дзержинске // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2016. С. 139-148.
4. *Инженерная геология СССР. Том 1* / под ред. И.С. Комаров. М.: Издательство Московского университета, 1978. 528 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. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

9. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
10. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
11. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
12. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
13. 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.
14. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. *Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing*, 2012. 152 с.
15. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6.
20. Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Нижний Новгород, 2012.
21. Ронжина Ю.В. Факторы формирования инженерно-геологических условий Нижегородской области // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность* Пермь, 2018. С.248-253.
22. Середин В.В. Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии Пермь: Пермский гос. ун-т, 2011. 120 с.
23. Хлебникова Е.В. Инженерно-геологические условия и районирование территории проектируемой высокоскоростной железнодорожной магистрали в пределах Владимирской области // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 240-244.

РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПОДПРУЖИВАНИЯ БУРЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ДЕКАБРЬ 2018 г.), УСЛОВИЯ, ОПАСНОСТЬ И ПРОГНОЗ ИХ ДЕЙСТВИЯ

Вызвавшее справедливый общественный резонанс катастрофическое подпруживание Бурейского водохранилища (формирование грунтовой плотины) в 73 км ниже пос. Чекунда, опасность для жителей близлежащих населённых пунктов на р. Бурея и для Бурейской ГЭС, различные суждения о природе его, вызвавшего его катастрофического смещения грунтовых масс на левом борту долины р. Бурея и связанного с ним уничтожения растительного покрова вызвали необходимость его исследований. Первые их результаты изложены в обращении автора главам администраций Хабаровского края и Амурской области от 13.01.2019 г. Материалы исследований: данные первоисточников как фактического материала, так и геоморфодинамических и геологических закономерностей. На основании имеющихся фактических данных и проведенных исследований установлено преобладающее действие (очередность - во времени) тектонических, сейсмических, ударных, обвальных (преимущественно), осыпных и оползневых (подчинённо) процессов. Генезис этой геоморфосистемы – сложный: оползнево-осыпно-сейсмогенно-ударно-обвальный, в основных своих чертах – сейсмогенно-ударно-обвальный, и возникшее рассматриваемое явление – сейсмогенный обвал (сейсмообвал), а не оползень (именно – в основных чертах) и уж тем более – не цунами.

Ключевые слова: катастрофическое смещение грунтовых масс, разрывные нарушения, сейсмообвал, ударная волна.

E.Yu. Likotov
Kaluga, Russia

RELIEF-FORMING PROCESSES OF CATASTROPHIC SPRINGING OF THE BUREYSKY RESERVOIR (DECEMBER 2018), CONDITIONS, DANGER AND FORECAST OF THEIR ACTION

The catastrophic springing of the Bureysky reservoir (the formation of an underground dam) 73 km below the village caused a fair public response. Chekunda, the danger to the inhabitants of the nearby settlements on the Bureya River and for the Bureya hydroelectric power station, various judgments about its nature, the catastrophic displacement of ground masses on the left side of the Bureya River valley and the associated destruction of vegetation caused the need for its research. Their first results are presented in the author's address to the heads of administrations of the Khabarovsk Territory and the Amur Region dated 13.01.2019. Research materials: data from primary sources of both factual material and geomorphodynamic and geological patterns. On the basis of the available actual data and the conducted studies, the predominant effect (sequence - in time) of tectonic, seismic, shock, landslide (mainly), talus and landslide (subordinate) processes is established. The genesis of this geomorphosystem is complex: landslide-talus-seismogenic-shock-collapse, in its main features – seismogenic-shock-collapse, and the phenomenon under consideration is a seismogenic collapse (seismic collapse), and not a landslide (namely – in the main features), and even more so – not a tsunami.

Key words: catastrophic displacement of ground masses, discontinuous disturbances, seismic dump, shock wave.

Введение

В декабре 2018 г. в СМИ (в частности – в интернете) появилась информация из Хабаровского края о возникновении плотины, перегородившей Бурейское водохранилище (далее – вдхр) (рис. 1) в 73 км ниже пос. Чекунда путём катастрофического смещения грунтовых масс (далее - КСГМ) с коренного склона долины р. Бурея (крупный левый приток р. Амур). На противоположном коренном склоне долины р. Бурея на значительных площадях был уничтожен растительный покров. Вдхр Бурейской ГЭС лишилось приращения объёмов воды в часть ниже образовавшейся плотины, что уже создаёт опасность функционирования ГЭС, и одновременно выше неё стали формироваться дополнительные, не предусмотренные, понятное дело, никакими проектами, объёмы воды. Прорыв такой плотины в состоянии не только нарушить работу Бурейской ГЭС, не только прорвать её плотину, но и вызвать необратимые последствия (главным образом – человеческие жертвы и разрушение населённых пунктов) как в днище долины р. Бурея, так и в днище долины главной р. Амур ниже устья р. Бурея.



Рис. 1. Грунтовая плотина (в центре снимка и справа), перегородившая Бурейское вдхр (передний план) путём катастрофического смещения грунтовых масс с левого борта долины р. Бурея. Стенка их срыва – на среднем плане левее плотины. Фото Е.Потворовой [3, с.14]

О природе КСГМ и связанного с ним уничтожения растительного покрова (далее – УРП) как специалистами, так и неспециалистами высказывались различные суждения. Это и падение метеорита, и оползень, и даже [3] цунами. 5 (пять) поездок, организованных на госбюджетные деньги краевым управлением МЧС и правительством Хабаровского края, под руководством А.Н. Махинова в декабре 2018 г.- марте 2019 г. не внесли ясности

в этот вопрос. Но уже в апреле 2019 г. появилась публикация А.Н. Махинова [3] – видимо, он стремился к приоритету.

Геоморфологическая и в целом экологическая опасность созданной КГСМ плотины и отсутствие специальных геоморфодинамических её исследований послужили причиной исследований рельефообразующих процессов, подготовивших горные породы к движению, приведших их в движение и сформировавших как саму плотину, так и изменивших строение рельефа и состояние поверхности на противоположном КГСМ склону долины р. Бурей.

Цели исследований стали ясны сразу после первых известий о рассматриваемом катастрофическом явлении: 1) определить меры (способы) ликвидации плотины и восстановления функционирования вдхр – не только действенные, но и безопасные, прежде всего – в предотвращении повторных подобных катастроф; 2) разработать прогноз развития рельефа и возможностей повторных катастрофических явлений на исследуемой территории и сопредельных с ней.

Задачи исследований: 1) сбор фактического материала – выявление а) признаков рельефообразующих процессов; б) закономерностей формирования рельефа, горных пород, тектонических движений - приведших к КГСМ и формированию плотины поперёк Бурейского вдхр; 2) установление условий формирования рельефа и их изменений – предпосылок КГСМ; 3) анализ связей и взаимодействий между другими участниками рельефообразования для выявления характера, хода, режима действия рельефообразующих процессов 4) анализ способов ликвидации катастрофического подпруживания Бурейского вдхр и выбор наиболее безопасного из них; 5) определение мер предотвращения подобных катастрофических явлений в зоне влияния Бурейского вдхр и выработка их предложений.

Материалы и методы

При проведении исследований, подготовке изложения первичных их результатов и настоящей работы автор был лишён возможности участвовать в полевых исследованиях, хотя предложение вести совместные работы **заблаговременно** высказывал тому же А.Н. Махинову, а главе администрации Хабаровского края 13.01.2019 г. направил обращение по поводу КГСМ и с обоснованными предложениями способа ликвидации образованной им плотины. С учётом этих обстоятельств в работе возможно более полно применены данные первоисточников как фактического материала, так и геоморфодинамических и геологических закономерностей. Основные методы исследований: системный анализ взаимодействий рельефа, рельефообразующих процессов (прежде всего склоновых и тектонических), внешних условий формирования рельефа (прежде всего – тектонических, литологических, гидрогеологических, растительных), действия связей между ними, анализ космических снимков, морфометрический анализ, геоморфодинамический синтез.

На исследования, проведенные автором по личной инициативе, не затрачено ни копейки государственных денег.

Результаты исследования и их обсуждение

Катастрофическое подпруживание Бурейского вдхр произошло в период с 09.12.2018 г. по 12.12.2018 г. после КСГМ с левого борта долины р. Буряя, против устья её правого притока - рч. Сред. Сандар (правый приток р. Буряя) (рис.2), в прямоугольнике с координатами $50^{\circ}33'$ - $50^{\circ}34'$ с.ш. и $131^{\circ}28'$ - $131^{\circ}29'$ в.д. [9]. Растительный покров на правом коренном склоне долины р. Буряя был уничтожен на расстоянии 2,4 км вниз и на 3,15 км вверх по её долине от устья рч. Сред. Сандар (на максимальную ширину 0,65 км) и на 4,35 км вверх по долине рч. Сред. Сандар (на максимальную ширину 0,15 км по обоим бортам долины) [9].

Район КСГМ расположен в пределах низкогорного массива, ограниченного с севера и запада Бурейским вдхр, с востока руч. Мал. Чалбач (левый приток р. Буряя); с юга – левой вершиной руч. Мал. Чалбач, малым левым притоком р. Буряя и их междуречьем. Максимальная высота – 640 м - у вершины, находившейся строго на южном продолжении (через вдхр) долины рч. Сред. Сандар. По данным сопоставления топографической карты и космического снимка [9], вершина эта уничтожена КСГМ, а его южная граница проходит по склону юго-восточной экспозиции – возможно, по зоне сместителя разрывного нарушения. Западная и восточная границы проходят по долинным понижениям глубиной до 40 м и до 20 м (соответственно), которые так же могут быть заложены по разрывным нарушениям. По тем же данным и с учётом высоты уровня воды в дни прохождения КСГМ – 252 м максимальная мощность сместившихся пород - 388 м.

Стенка срыва пород, расположенная против рч. Сред. Сандар, открытая к Бурейскому вдхр, угловатой формы в плане, в целом трапецевидной, вытянутой субмеридионально, большим основанием протяженностью 0,73 км граничит с вдхр (рис. 1-3). Западная граница субмеридионального простираения, протяжённостью 0,85 км, угловато ломаной (практически прямолинейной) плановой формы. Восточная граница северо-восточного простираения, протяжённостью 0,81 км, практически прямолинейная, осложнённая в средней части округлой в плане нишей размером 0,05 км. Меньшее основание стенки срыва субширотного простираения, протяжённостью 0,18 км, практически прямолинейной плановой формы. Его сочленение с западной стенкой угловатое, а с восточной стенкой – округлое, в виде сопряжения [9]. Угловатая в целом плановая форма границ показывает, что образовавшаяся форма – никакой не «амфитеатр», как это утверждает А.Н. Махинов [3].

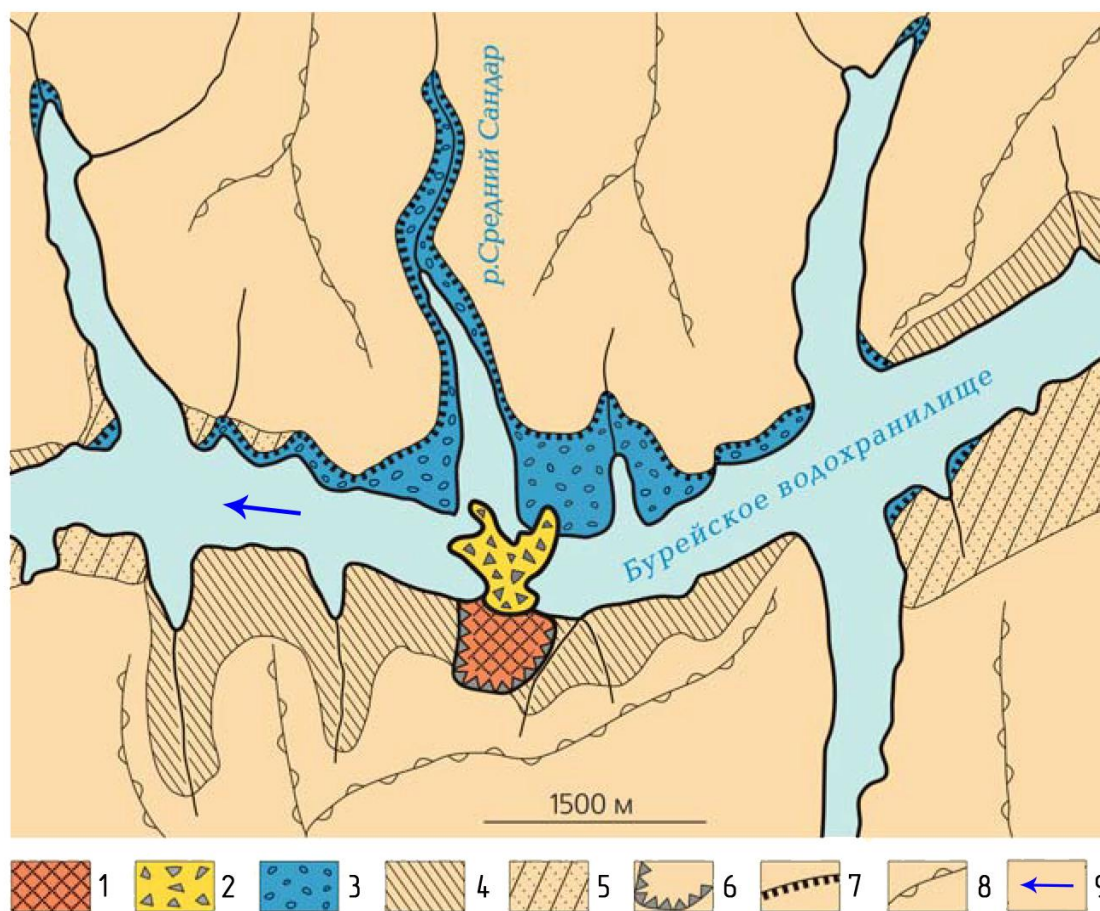


Рис. 2. Картограмма катастрофического смещения грунтовых масс и его последствий. Условные обозначения: 1 – стенка срыва и 6 – её верхняя граница; 2 – рыхлые образования (обвальные и (подчинённо) оползневые); 3 – ареал уничтоженного растительного покрова и 7 – его граница; 4 – крутые и 5 – пологие склоны; 8 – округловершинные гребни; 9 – направление течения р. Бурейя [3, с.14, с изменениями и дополнениями автора]

На фотографиях сформировавшегося обнажения (не только на приведённых в статье А.Н. Махинова [3, с.14, с.15] (рис. 1 и 3) хорошо заметны блестящие («зеркала скольжения») прямолинейные (ломаные) в плане стенки срыва: западная, южная и восточная. Такие стенки свойственны обвальным – а не оползневым – склонам, причем существенно тектогенным (плоскости сместителей разломов) и сейсмогенным по предпосылке и способу образования (соответственно). Обвальным (а не оползневой) генезис образовавшихся склонов подчёркивается осыпными участками в нижних (в поперечном профиле) частях западной, южной и восточной стенок. При западной стенке мехсостав осыпных образований ярко выраженный грубообломочный, при южной и восточной – различный. Действие обвальных процессов дополнительно диагностируется многочисленными стволами деревьев, разбросанными, словно спички, в средней и нижней частях склона от южной стенки срыва.



Рис. 3. Стенка срыва пород (на заднем плане вверху), рыхлые обвальные образования (лопастевидной формы в плане поперёк вдхр) с небольшим блоком оползневых, маркирующихся «пьяным лесом» ближе к стенке срыва (фото [3, с.15])

Все эти свойства строения и формирования рельефа свойственны обвальным (обвальнo-осыпным) склонам, но никак не оползневым. Эти данные свидетельствуют о преимущественно обвальном генезисе КСГМ, сформировавших плотину (перемычку), перегородившую Бурейское вдхр.

У оползневых склонов стенки срыва чистые, состав и оптические свойства слагающих их пород однородны по всему профилю склона. Именно такие они на участке сопряжения южной и восточной стенок срыва. Только на этом участке есть основания определять оползневой склон, с которого как раз и сошёл оползневой блок с характерным для оползневых склонов «пьяным лесом» составляющий, кстати, небольшую (по объёму и площади) часть КСГМ (примерно 6-7-ю), залегающих сейчас поперёк Бурейского вдхр в виде плотины, что хорошо видно на фотографии (рис.3) [3, с. 15].

Тектонические условия. Район КСГМ разбит густой сетью разрывных нарушений. Главные из них – три: два северо-восточного простирания, смыкающиеся СВ КСГМ и одно – северо-западного, проходящее непосредственно З района КСГМ [5]. Район КСГМ, таким образом, в тектоническом отношении представляет собой чётко обособленный блок, и произошедшая катастрофа вполне естественна при сколько-нибудь существенном тектоническом, а точнее – сейсмическом импульсе. Отсутствие сейсмических станций вблизи КСГМ (ближайшая – в теле плотины Зейской ГЭС) позволяет основываться лишь на сделанном предположении. Ещё одним

важным основанием его служит сейсмическая активность в районе КСГМ – 6 баллов [2] (заметим, что в районе известного Свободненского сейсмогенного оползня, сошедшего в ноябре 1985 г. – 5 баллов).

Литологические условия. Верхняя часть массива сместившихся пород сложена средне-позднепермскими-раннетриасовыми эффузивами таловской толщи: игнимбритами риолитов, риолитами, их туфами и лавобрекчиями мощностью 350-500 м, соответствующей максимальной мощности сместившихся при КСГМ пород. Поэтому нижняя их граница вполне может проходить по зоне контакта пород, и поэтому их смещение есть основания предполагать и литологически обусловленным. Нижняя (и ближайшая к вдхр) часть массива сместившихся пород сложена позднемеловыми лейкогранитами вишнёвыми бассейна р. Бурей (хингано-олонойский комплекс) [4]. Породы, неустойчивые к растрескиванию и выветриванию.

Геотермические условия. 12.12.2018 г. в 02:50 московского (09:50 местного) времени в районе КСГМ спутником была зафиксирована положительная термическая аномалия неизвестной природы [9].

Обилие разрывных нарушений на исследуемой территории и тектонических движений по ним, в частности – по региональному разлому северо-восточного простирания на левом борту долины р. Бурей, вдоль Бурейского вдхр [5], значительная тектоническая трещиноватость пород [3], обеспечивающая широкое распространение пустот и зон минимальной плотности пород, заполнение их водой в течение 20 лет существования вдхр при амплитудах изменений высот уреза воды вдхр до 5-6 м [9], высокая сейсмическая активность: 6 баллов [2] - служат основаниями определения сейсмической причины КСГМ и наиболее достоверного времени их смещения: 12.12.2018 г., 02:50 московского (09:50 местного) времени.

Прежде чем рассмотреть процессы формирования катастрофического подпруживания Бурейского вдхр, необходимо и есть возможность рассмотреть прохождение обвала. Его мы наблюдали в Хибинах, в естественных (не рудничных) условиях низкогорья, близких к рассматриваемым. – Сначала от склона крутизной более 30° раздался сильный грохот – сформировалась акустическая ударная волна. Затем от склона отделился массив горных пород. Он пришёл в движение, но не вниз, как обычно это происходит только под действием силы тяжести, а более вперёд, в сторону от склона, чем вниз – будто «отпрыгнул». Это возможно лишь при разгрузке внутренней эндогенной (тектонической) энергии, сконцентрировавшейся в породах склона. На короткое время, буквально на мгновения, массив завис в воздухе. После этого он с громким треском (так снова сформировалась акустическая ударная волна) стал распадаться на отдельные обломки, всё более мелкие и всё более быстро перемещающиеся вниз-вперёд до соприкосновения с нижележащей поверхностью склона, по которой они двигались (катились) в режиме осыпания. – Весь процесс обваливания длился несколько секунд.

В подобном режиме проходил обвал и на исследуемой территории - в режиме «растянутой катастрофы» (по Б.П. Агафонову [1]). Эндогенная энергия длительное время накапливалась в породах тектоническими движениями – как

по разрывным нарушениям, так и в блоке пород в целом; теплопередачей по тем же разрывным нарушениям, поступлением воды как по водообильным разрывным нарушениям, так и вследствие колебаний уровня вдхр и насыщения водой пустот в горных породах и пород в целом, особенно – рыхлых, особенно – тектонически раздробленных в зонах разрывных нарушений. В ходе накопления эндогенной энергии сформировалась упомянутая положительная температурная аномалия, вследствие чего температура воды в горных породах, особенно – в зонах разрывных нарушений, увеличилась, вода стала более подвижной, а силы сцепления между раздробленными породами стали меньше силы тяжести обвалившегося блока горных пород. Скорее всего, это соотношение сформировалось к упомянутому времени: 02:50 московского (09:50 местного) времени 12.12.2018 г. В то же время температура пород внутри блока сохранялась отрицательной, вода в них находилась в твёрдом состоянии, обеспечивая не только максимальную степень монолитности пород, но и их упругость и пластичность, и вследствие этого – высокое сопротивление эндогенным импульсам. (В противном случае мог произойти оползень, и мы наблюдали бы не «зеркала скольжения», не угловатую (трапециевидную) в плане сформировавшуюся ныне отрицательную форму рельефа, не обвальные (и подчинённо – осыпные) склоны, а округлой в плане формы оползневой цирк и оползневые склоны.) Непосредственно обваливание пород вызвал сейсмический импульс (без него обвал вряд ли произошёл бы, т.к. другие благоприятные условия его складываются на склонах долины р. Буря на участке вдхр практически повсеместно).

Обвал вызвал ударную волну, распространявшуюся веерообразно (рис. 2-3) (что невозможно при прохождении оползня), которая и уничтожила растительный и почвенный [3, с. 20] покров на правом борту долины р. Буря на участке протяжённостью (вдоль долины р. Буря) 5,55 км – при протяжённости отрицательной обвальной формы (по северной её границе) в 0,73 км – и шириной от 50-120 м ниже устья рч. Сред. Сандар, увеличивающейся вверх по долине р. Буря до 540 м. Максимальная ширина полосы УРП находится на продолжении продольной оси отрицательной обвальной формы (на ССВ), что соответствует прямолинейному распространению максимума действия ударной волны. По долине рч. Сред. Сандар, где не было препятствия в виде пород правого коренного склона р. Буря, растительность уничтожена на гораздо большее расстояние: 4,5 км [9]. Уничтоженные деревья сгружены ударной волной к внешней (по направлению действия ударной волны) границе полосы УРП, что хорошо видно на рис.4 [3, с. 19, верхнее фото]. Ударной волной был взломан лёд вдхр (незначительной толщиной: 60-80 см [3]) и разнесён по её фронту с забросом на отн. высоту 21 м, о которой упоминает А.Н. Махинов [3, с. 19].

Ударная волна – НЕ цунами, на которой настаивает А.Н. Махинов [3]. Цунами, как известно – длиннопериодная тектогенная (сейсмогенная) волна, формирующаяся на громадных площадях океана. Вдхр – не океан; в его пределах, тем более – поперёк, цунами сформироваться просто негде. Да и произойди что-то, подобное цунами – стволы деревьев, сгруженные у границы

полосы УРП и в прилегающем к ней лесу, были бы обледенелые. Этого не наблюдается (рис. 4) на фотографиях [3; и др.).



Древесные валы на границе максимального проникновения волны на правом склоне долины Буреи.

Рис. 4. Чистые (не обледенелые) стволы деревьев у границы уничтоженного растительного покрова – на границе действия ударной волны (правый борт долины р. Бурея) (фото: [3, с.19 (вверху)])

Веерообразное распространение ударной волны обусловило такую же форму (рис.2) [3, с. 14] тела рыхлых обвальных образований (далее – РОО) (а не оползневых, как утверждает А.Н. Махинов [3], обрушившихся в вдхр и перегородивших его.

Вслед за обвалом с округлого в плане участка сопряжения южной и восточной стенок срыва прошёл оползень. Именно он оставил на массиве РОО оползневой блок с чётко заметным [3, с. 15; и др.] «пьяным лесом» (рис.3). Так же небольшой оползень сошёл со средней части восточной стенки образовавшейся обвальной отрицательной формы.

В таких же соотношениях и небольшие: преимущественно - обвалы, подчинённо – оползни и в режиме «отзвуков» прошли в нижней части правого коренного склона р. Бурея, в зоне действия ударной волны от рассматриваемого основного геоморфологического события.

Рассмотрение подготовки и хода КСГМ, формирования отрицательной формы рельефа на левом борту долины р. Бурея, рыхлых образований,

создавших плотину поперек Бурейского вдхр, позволяет установить набор, очерёдность действия, соотношения рельефообразующих процессов на территории исследований. Тектонические движения во взаимодействии с литологическими условиями, с геотермическими процессами, с гидрогеологическими процессами водонасыщения и фильтрации воды в породы создали линейные зоны (по стенкам срыва пород) уменьшения сил сцепления в породах по сравнению с силой тяжести (весом) пород внутри контура стенок срыва. В то же время силы сцепления (во многом – из-за мёрзлого состояния пород) внутри большей части обозначенного блока были значительны и воспрепятствовали дроблению пород. Эти процессы и их соотношения предопределили преобладающее обваливание, а не оползание, пород. Лишь на сопряжении южной и восточной стенок срыва породы были раздроблены, что обусловило их оползание в дальнейшем. Затем вступили в действие сейсмические процессы, произошло обваливание пород и формирование обвальной плотины поперёк Бурейского вдхр, что вызвало его подпруживание. Вместе с действием этих процессов сформировалась ударная волна, взломавшая (при участии обвалившихся пород) лёд вдхр, уничтожившая растительный и почвенный покров на правом борту долины р. Бурей и в нижней части долины рч. Сред. Сандар и сгрудившая вырванные и переломанные стволы деревьев на внешней границе своего действия. Чуть позднее, уже после формирования плотины, с участка сопряжения южной и восточной стенок срыва обвальной отрицательной формы сошёл оползень, породы которого в виде блока остановились на внутренней (ближайшей к левому борту долины р. Бурей) части обвальной плотины.

Рыхлое состояние РОО плотины (высотой более 6 м), течение воды в вдхр, быстро сформировавшийся перепад высот выше и ниже плотины в примерно 10 м привели в действие фильтрацию воды сквозь тело плотины. – С формированием её практически сразу же началось её разрушение, которое произошло бы с течением времени.

Понимая сейсмогенную природу произошедшего КСГМ и неминуемый прорыв сформировавшейся плотины, автор 13.01.2019 г. направил обращение главам администраций Хабаровского края и Амурской области. В нём он не только высказал соображения о природе и процессах формирования плотины (появившиеся позднее в статье А.Н. Махинова [3]), но и предостерег от применения взрывных работ для формирования канала сквозь неё, спрогнозировав новые, антропогенно инициированные сейсмооползни, и предложил «Для ликвидации возникшей грунтовой перемычки..., пока зима, убрать грунт экскаваторами и бульдозерами и вывезти на самосвалах ДАЛЕКО за пределы поймы и 1-й надпойменной террасы р. Бурей.».

Взрывные работы тем не менее были проведены, и оползни (пусть и небольшого объёма) сошли [7]. И экскаваторы с бульдозерами применялись [8, 6] – уже после наших рекомендаций.

На основе проведённых исследований мы в состоянии дать **прогноз** дальнейшего действия рельефообразующих процессов. Прохождение обвалов и оползней возможно практически повсеместно на склонах долины р. Бурей и

реально – в местах сейсмических импульсов (землетрясений) – по крайней мере, до плотины Бурейской ГЭС (пос. Талакан), вследствие сходства тектонической обстановки и геологического строения на этом участке. Поэтому реальная возможность формирования новых перемычек (плотин, подпруживаний) Бурейского вдхр сохраняется.

Протоку, проделанную в исследуемой плотине, расширять нет необходимости, как нет нужды необоснованно тратить государственные деньги. Вода по ней действует в режиме струи, подобной свободной, и со временем самостоятельно расширит её. Одновременно русловые процессы создадут русло в соответствии с состоянием всех участников рельефообразования на этом участке. В частности, крупные глыбы сформируют очень мало подвижную отмостку, которая геоморфологически длительное время будет сохранять р. Бурей от интенсивного врезания, характерного для неё в естественных условиях.

Выводы и рекомендации

На основании имеющихся фактических данных и проведенных исследований при КСГМ, образовании отрицательной денудационной формы рельефа на левом борту долины и плотины в русле р. Бурей (занятой ныне вдхр) и изменений строения рельефа и УРП – на правом её борту установлено преобладающее действие (очерёдность - во времени) тектонических, сейсмических, ударных, обвальных (преимущественно), осыпных и оползневых (подчинённо) процессов. Генезис этой геоморфосистемы – сложный: оползнево-осыпно-сейсмогенно-ударно-обвальный, в основных своих чертах – сейсмогенно-ударно-обвальный, и возникшее рассматриваемое явление – сейсмогенный обвал (сейсмообвал), а не оползень (именно – в основных чертах) и уж тем более – не цунами.

Рекомендуются:

1) специализированные (на действие опасных рельефообразующих процессов) геоморфологические исследования, в которых готов принять участие автор. Первоочередной район исследований - участок долины р. Бурей от изученного сейсмообвала 12.12.2018 г. до плотины Бурейской ГЭС (включительно), последующие – долина р. Бурей в верхнем и нижнем бьефах Бурейской ГЭС;

2) основание сейсмических станций, данные которых были бы доступны исследователям, в с. Чекунда и в пос. Талакан;

3) продолжение детальных исследований геоморфосистемы сейсмообвала. Выполнение этих рекомендаций позволит СВОЕВРЕМЕННО прогнозировать опасные явления, подобные рассматриваемому сейсмообвалу, и успеть предпринять действия, упреждающие наступление катастрофических последствий, подобных катастрофическому подпруживанию Бурейского вдхр.

Благодарность. Благодарю специалистов, способствовавших проведению настоящих исследований и получению их результатов.

Библиографический список

1. Агафонов Б.П. Экзолигодинамика Байкальской рифтовой зоны. - Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1990. 176 с.
2. Ахмадулин В.А. Карта общего сейсмического районирования Приамурья с эпицентрами сильных землетрясений, зонами ВОЗ и аномалиями электропроводимости. Масштаб 1:2500000. Хабаровск, 1983.
3. Махинов А.Н. Оползень и цунами на реке Буряя 11 декабря 2018 года // Природа. – 2019. №4. С.12-22.
4. Петрук Н.Н., Волкова Ю.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000 (третье поколение). Дальневосточная серия. Лист М-52 (Благовещенск). СПб: ВСЕГЕИ, 2012.
5. Тектоническая схема. Масштаб 1:2500000 // Петрук Н.Н., Волкова Ю.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000 (третье поколение). Дальневосточная серия. Лист М-52 (Благовещенск). СПб: ВСЕГЕИ, 2012.
6. Буряя свободна: мощным взрывом реку вернули в привычное русло. 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=3111589#> (Дата обращения: 13.02.2019).
7. В Хабаровском крае при подрывах затора на Бурее сошло несколько оползней. 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/proisshestiya/6087797> (Дата обращения: 08.02.2019).
8. Мощнейший взрыв на российском водохранилище сняли на видео. 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://news.mail.ru/society/36133543/?frommail=10> (Дата обращения: 29.01.2019).
9. Спутник обнаружил аномалию в Хабаровском крае. 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/anomaliya-habar-kray/> (Дата обращения: 25.12.2018).

СТРОЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА – ОСНОВА СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ЛИВНЕВОГО СТОКА НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Рассматриваются давняя и упорно не решаемая властями экологическая и хозяйственная проблема в населённых пунктах: их состояние после сколько-нибудь сильных и/или продолжительных дождей - и путь её решения в виде создания систем ливневого стока. Проведёнными в пределах городских территорий исследованиями показаны и подтверждены неизбежность и следующая из неё необходимость учёта строения рельефа и внешних условий его формирования, действия рельефообразующих процессов, связей и взаимодействий между ними в создании систем ливневого стока. Приведены конкретные примеры как возможного учёта этих свойств, так и их неучёта (а то и прямого пренебрежения ими) в обустройстве населённых пунктов.

Ключевые слова: строение рельефа, склоны, уклоны продольного профиля водотоков, фильтрация, антропогенно иницированные природные рельефообразующие процессы, системы ливневого стока.

E.Yu. Likotov
Kaluga, Russia

STRUCTURE AND FORMING OF RELIEF - THE BASIS FOR CREATING THE SYSTEMS OF STORM RUN-OFF IN URBAN AREAS

The author considers a long-standing and persistently unresolved environmental and economic problem in settlements: their condition after any heavy and / or prolonged rains - and the way to solve it in the form of storm run-off systems. Studies carried out within urban areas have shown and confirmed the inevitability and the resulting need to take into account the structure of the relief and the external conditions of its formation, the action of relief-forming processes, connections and interactions between them in the creation of storm run-off systems. Specific examples of both the possible consideration of these properties and their neglect (or even direct neglect of them) in the arrangement of settlements are given.

Key words: relief structure, slopes, slopes of the longitudinal profile of watercourses, filtration, anthropogenically initiated natural relief-forming processes, storm run-off systems.

Введение

Одной из постоянно действующих и серьёзных экологических и хозяйственных проблем в населённых пунктах остаётся их состояние после сколько-нибудь сильных и/или продолжительных дождей. Особенно сильно их действие в городах – вследствие значительной плотности населения, застройки и коммуникаций. При этом веками и до сих пор не уделяется внимание регулированию ливневого стока и не созданы целостные системы ливневой канализации, тем более – действенно и исправно функционирующие.

Решение этой проблемы возможно одновременными или близкими по времени действиями в системе двух необходимых направлений: в социально-экономическом и геоморфодинамическом. Первое направление заключается в конструктивной деятельности властей, которые пока отказывают в проведении геоморфодинамических исследований, и, в итоге, препятствуют созданию систем ливневой канализации [12, 15]. Именно пренебрежительное отношение властей к геоморфодинамическим исследованиям обеспечивает отсутствие действенно и исправно функционирующих систем ливневого стока (далее – СЛС), в городах и тем более – в посёлках и сельских населённых пунктах. Поэтому при значительных результатах исследований водных потоков, эрозионных и русловых процессов [17-19, 24-26, 2, 8, 22, 23; и др.], движения обломочного материала по склонам под действием склоновых процессов [5-7, 1; и др.], СЛС пока не созданы, и рассматриваемая проблема пока не решена.

Её возрастающая острота и практическая необходимость решения привлекает с недавних пор внимание исследователей [12, 15, 21], продолжающих исследования второго направления: геоморфодинамические, специализированные на способах организации и построения СЛС.

Цели, задачи и методы исследований.

Цели геоморфодинамических исследований: 1) выявление свойств рельефообразования, обеспечивающих формирование и бесперебойное функционирование СЛС на городских территориях; 2) разработка приёмов формирования СЛС путём учёта выявленных для этого свойств участников рельефообразования [16]: строения рельефа и внешних условий его формирования, рельефообразующих процессов, связей и взаимодействий между ними.

Задачи: 1) установление в ходе исследований приоритетной значимости строения и формирования рельефа для создания СЛС – в сочетании с неизбежным и неременным учётом планировки и застройки изучаемых (в данной работе – городских) территорий; 2) выявление свойств строения и формирования рельефа, применимых при создании СЛС; 3) анализ применения выявленных полезных свойств рельефообразования в различных природных условиях и в изученных городах.

Методы исследований. Главный из них – полевые (натурные) геоморфологические и геоморфодинамические наблюдения, позволившие собрать первичный фактический материал. Преимущество метода перед различными дистанционными, косвенными, аналитическими и прочими методами опосредованных исследований состоит прежде всего в отсутствии необходимости заверочных и ревизионных работ, что обеспечивает непосредственное применение полученных данных для достижения целей работы.

В ходе полевых наблюдений применены морфометрический анализ, локальный геоморфодинамический мониторинг и фотографирование объектов исследований.

Фактический материал добыт полевыми наблюдениями в городах Калуга, Благовещенск, Тюмень, Хабаровск, Иркутск, Владивосток, Мурманск. Выявление свойств строения и формирования рельефа, применимых при создании СЛС, обеспечивают результаты как предшествующих [3, 17-19, 24-26, 8, 22, 23; и др.], так и наших самостоятельных [9-11, 14-16; и др.] исследований.

Результаты исследований и их рассмотрение на конкретных примерах

Современное общее состояние ливневого стока на городских территориях.

Уже после получаса сколько-нибудь сильного дождя улицы городов превращаются либо в речную сеть (гор. Калуга), либо в сеть каналов (центральная часть гор. Хабаровска), либо в систему проточных или полупроточных озёр (гор. Благовещенск). Асфальтовое покрытие проезжих частей дорог подвергается действию линейной эрозии, просадок, суффозии – антропогенно инициированных рельефообразующих процессов [13] с формированием эрозионных понижений, просадочных форм, суффозионных блюдеч и воронок (соответственно). Люки ливневого стока либо основаны в стороне от линий стока, либо не справляются со стоком воды и остаются в любом случае бесполезными. Колодцы ливневого стока, особенно – основанные на приобводочных участках склонов в антропогенных котлованах, выполняют не полезную, а вредную функцию: не только и не столько регулируют ливневый сток, сколько оставшиеся котлованы вокруг них служат источником (вершинными водосборами) линейных эрозионных понижений.

Неучет строения и действия процессов формирования рельефа в деле хотя бы упорядочения ливневого стока прослеживается в действиях городских властей, строительных и коммунальных служб на столетия назад. Главные его стороны - антропогенные рельефообразующие процессы: прокладка улиц, засыпка оврагов, строительство зданий и инженерных сооружений без дренажа [15].

Данные общего состояния ливневого стока показаны ниже на конкретных примерах.

Приоритетная значимость строения и формирования рельефа для создания СЛС обеспечивается выпадением атмосферных осадков на поверхность, движением их по ней согласно особенностям строения её рельефа и под действием процессов перемещения вещества по земной поверхности – рельефообразующих процессов в определённых внешних условиях. Ещё три участника рельефообразования: связи, взаимодействия, а также – функции рельефообразующих процессов – определяют конкретный характер поверхностного стока атмосферных осадков или, в техническом обиходе – ливневого стока.

Особенности застройки и коммуникаций влияют на перемещение атмосферных осадков лишь постольку, поскольку меняют строение рельефа (в

качестве рельефоидов [20]). Гораздо чаще гражданские и инженерные сооружения разрушаются под действием ливневого стока.

Свойства рельефообразования, обеспечивающих формирование и бесперебойное функционирование СЛС на городских территориях.

1. Свойства строения рельефа.

1.1. Крутизна склонов обеспечивает сток выпадающих на поверхность атмосферных осадков. Её участие в формировании поверхностного (и подповерхностного) стока неоднозначно. С одной стороны, без наклона поверхности сток невозможен, с другой – при значительных уклонах поверхности происходит размыв её и разрушение находящихся на ней сооружений, в частности – магистралей ливневого стока.

Крутизна склонов в случае с формированием СЛС учитывается не сама по себе, а в виде средних уклонов продольных профилей водотоков – больших, чем средние уклоны продольных профилей русловых водотоков, которые составляют для горных потоков в среднем до 0,005 (до 5м/км). В то же время уклоны продольных профилей ливневых водотоков должны быть меньше крутизны склонов; их величины мы в состоянии получить количественными натурными и экспериментальными исследованиями в каждом конкретном случае. Соблюдение этих условий необходимо для предотвращения врезания ливневых потоков в несмещённые породы их ложа. Это достигается проложением на крутых склонах открытых дренажных канав зигзагообразно в плане (диагонально падению склонов) и закрытых – заложением с уклонами продольного профиля, меньшими по сравнению с крутизной склона, т.е. на наибольших глубинах в верхней части, постепенно уменьшающихся к их устьям.

При минимальной крутизне: до 5° – безопасно прокладывать открытые бетонированные дренажные каналы.

На субгоризонтальных (крутизна до 3°) поверхностях, чаще всего – пойм, магистральные дренажные каналы необходимо закладывать с продольными уклонами, которые были бы больше уклонов продольных профилей горных рек.

1.2. Уклоны продольных профилей дренажных канав – в сочетании со скоростями и расходами ливневых потоков должны препятствовать формированию из дренажных канав русловых водотоков (выполнению условий формирования русел [17] (подробнее о них – в подразделе «Русловые процессы»)).

1.3. Глубина эрозионного расчленения рельефа, как и крутизна склонов, действует на создание СЛС неоднозначно. При незначительных её величинах уклоны продольных профилей дренажных канав должны быть больше уклонов поверхности. Рационально комбинировать открытые и закрытые дренажные каналы.

При значительной глубине расчленения (для городов – первые десятки метров) магистральные дренажные каналы нужно закладывать «лесенкой»: с чередованием участков коротких крутосклонных (в продольном профиле) –

вдоль улиц по падению склонов и с минимальными уклонами – вдоль улиц по простиранию склонов.

1.4. Густота эрозионного расчленения рельефа, как и крутизна склонов, и глубина расчленения, действует на создание СЛС неоднозначно. Значительная – с одной стороны, способствует проложению трасс СЛС, с другой – требует соответствующей себе их густоты. Незначительная – вызывает необходимость более густого (частого) проложения трасс СЛС для обеспечения полного сбора в неё выпадающих атмосферных осадков.

1.5. Близость крупных базисов эрозии – неперенное свойство концентрации ливневого стока в естественных условиях. Оно полностью не только сохраняет свою значимость и для СЛС, но и является необходимым условием их создания: приемными бассейнами для выпадающих атмосферных осадков, концентрируемых СЛС. Базисами эрозии для территорий исследованных городов служат урезы воды крупных рек: Амур (гор. Благовещенск, гор. Хабаровск), Ока (гор. Калуга), Ангара (гор. Иркутск), Тура (гор. Тюмень) или морских акваторий (Японского моря для гор. Владивосток и Кольского залива Баренцева моря для гор. Мурманск).

2. Свойства внешних условий формирования рельефа.

2.1. Литологические условия (свойства горных пород, слагающих земную поверхность).

2.1.1. Противозэрозийная устойчивость горных пород [2]. Чем она больше, тем больше возможностей прокладки открытых дренажных канав и тем меньше (из-за сложностей проходки горных пород) – закрытых. Чем она меньше, тем предпочтительнее закрытые СЛС, тем гуще должна быть сеть дренажных канав. При проектировании и при эксплуатации СЛС важно учитывать допустимые неразмывающие скорости для обломочных частиц различных размеров и для различных полускальных и скальных пород [4].

2.1.2. Фильтрационные способности рыхлых образований имеют первостепенное значение для субгоризонтальных поверхностей пойм, сток атмосферных осадков с которых идёт преимущественно путём их фильтрации и подповерхностного стока в приёмные бассейны. Интенсивность его тем сильнее, чем меньше площади искусственного покрытия поверхности на городских территориях. В гор. Благовещенск после непродолжительного ливня мы наблюдали исчезновение крупных луж (размерами до первых десятков м и глубиной в первые десятки см) в течение двух часов после его окончания. После продолжительных: 7-10 дней - дождей вода из самых крупных луж (глубиной до 30-40 см) фильтруется в грунт через примерно то же время. Поэтому значительные фильтрационные способности рыхлых образований полезно использовать при создании СЛС - в сочетании с результатами исследований подповерхностного стока. Это улучшит их пропускную способность и уменьшит денежные затраты на сооружение СЛС.

2.2. Растительные условия

2.2.1. Степень задернованности и залесённости поверхности. При сплошной задернованности поверхности и значительной залесённости (проективное покрытие поверхности кронами деревьев – 50% и более)

ливневый сток возникает лишь на склонах крутизной 25-30° и более после субмаксимально интенсивных ливней и, самое главное, не нарушает растительный покров и тем более не эродировывает поверхность. Такой ливневый сток с плащеобразным покрытием поверхности водой мы наблюдали в нижней части коренного склона долины р. Буря. Минимальное развитие растительности (как травянистой, так и кустарниковой и древесной) на городских территориях как раз и служит одной из главных причин не только формирования линейного ливневого стока, но и предпосылкой действия антропогенно инициированной линейной (а не только плоскостной) эрозии, особенно активной на наклонных поверхностях.

3. Свойства формирования рельефа – рельефообразующие процессы.

3.1. Эрозионные процессы действуют при движении воды по наклонной поверхности, если его скорость больше скорости фильтрации воды в грунт (коэффициента фильтрации), т.е. практически на всех склонах, занимающих наибольшие площади на большей части городских территорий. Максимальная их активность – в виде концентрации плоскостных потоков воды в линейные и наибольшей интенсивности эродирующего воздействия линейных потоков – на склонах крутизной 5-7° [17, 18].

3.1.1. Плоскостная эрозия – процесс движения воды по поверхности плащеобразными (плоскостными) потоками, транспортирующими твёрдые, растворённые и коллоидные частицы. Её участие в ливневом стоке состоит в доставке воды от бровок склонов на участки благоприятных условий (линейно вытянутые микронизжения поверхности) концентрации плоскостных потоков в линейные. Чтобы этот процесс из активного не стал опасным, при создании СЛС нужно проектировать и сооружать дренажные магистрали БЛИЖЕ участков концентрации плоскостных потоков в линейные, считая от бровок склонов (от начала формирования плоскостных потоков). Тогда выпадающие осадки не будут покрывать поверхность и смывать твёрдые частицы на сколько-нибудь больших площадях, и линейно вытянутые эрозионные формы (борозды, рывины, овраги) образовываться не будут.

3.1.2. Линейная эрозия - процесс движения нерусловых водотоков (временных или постоянных) по вырабатываемым ими линейным понижениям наклонной поверхности (бороздам, рывинам, оврагам), транспортирующих твёрдые, растворённые и коллоидные частицы. Этот процесс во взаимодействии с подстилающими породами – главная геоморфодинамическая основа создания СЛС. При поддержании скоростей течения, недостаточных для формирования русловых водотоков и прочности пород ложа магистралей ливневого стока с допустимыми неразмывающими скоростями, большими этих скоростей течения, СЛС в состоянии функционировать постоянно и бесперебойно.

3.2. Русловые процессы – процессы эрозионной деятельности русловых водотоков, формирующих специфический русловой рельеф, транспортирующих твёрдые, растворённые и коллоидные частицы. Главное направление действия русловых процессов – врезание водотоков в

подстилающие породы. Поэтому русловые процессы разрушительно опасны для городских территорий и в частности – для СЛС.

Чтобы не допустить формирования русловых водотоков при создании СЛС, нужно учитывать условия формирования русел [17] и не допускать их выполнения ливневыми потоками. Условия эти следующие: 1)поток должен, хотя бы периодически, иметь скорости течения, достаточные не только для выноса слагающего дно рыхлого материала, но и для врезания (углубления) в породы ложа; 2)минимально необходимая площадь водосбора должна быть такова, чтобы поток имел глубину, достаточную для достижения скоростей течения, удовлетворяющих первому условию; 3)гидравлический уклон в среднем и нижнем течении потока, умноженный на коэффициент извилистости русла, должен быть меньше, чем средний уклон поверхности водосбора [17, с.45].

Результаты исследований территорий конкретных городов.

Рельеф территорий изученных городов, при всём разнообразии его строения и формирования, обладает всеми необходимыми свойствами, благоприятствующими организации СЛС.

Рельеф в **гор. Калуге** построен настолько динамично и контрастно, что субгоризонтальную поверхность найти практически невозможно. Так, крутизна склонов, опирающихся на левую часть поймы р. Оки, достигает 20-25°, возможно – до 30°: по улицам Воробьёвская (ранее – Революции) и Набережная (обрамляющим здание областной администрации), Смоленская, Гагарина, Ст. Разина, Николо-Козинская (ранее – Клары Цеткин); до 30-35° – по улицам Детей Коммунаров и Октябрьская, на отдельных участках которых отсутствует проезжая часть (рис. 1). Реже освоены улицами крутые склоны оврагов (ул. Салтыкова-Щедрина) и долин малых рек (ул. Грабцевское шоссе, пересекающая долину р. Киёвка).

Преобладание наклонных поверхностей, широкий диапазон крутизны склонов, различная их экспозиция, обеспечивающая значительную густоту расчленения рельефа, обилие базисов эрозии (урезы воды не только р. Оки, но и её левых притоков: рр. Яченка, Киёвка, Калужка, тальвег Березуевского оврага, опирающегося на русло р. Оки) – благоприятные условия создания СЛС. Остальные могут быть выявлены в результате специализированных геоморфодинамических исследований.

Однако при столь благоприятном для создания СЛС строении рельефа ливневый сток организован властями без его учёта и в системном виде отсутствует. Люки ливневой канализации или не справляются с поступающей дождевой водой (рис. 2), или основаны в стороне от тальвегов уличных ливневых потоков (рис. 3). Также в стороне от тальвега проложен стоковый жёлоб на дне крупнейшего в городе Березуевского оврага (рис. 4).



Рис. 1. Улица Детей Коммунаров, на участке которой (крутизной до 30°), параллельно пешеходной лестнице, отсутствует проезжая часть (Здесь и далее – фото автора)



Рис. 2. Люк ливневой канализации не справляется с поступающей дождевой водой



Рис.3. Люк ливневой канализации в стороне от тальвега уличного ливневого временного водотока



Рис. 4. Стоковый жёлоб (в правом нижнем углу) в стороне и выше тальвега Березуевского оврага (В нижней части склона оврага и до тальвега - дом с хозяйственными постройками)

Из-за отсутствия СЛС и бесконтрольной разгрузки подземных вод на территории гор. Калуги формируются просадочные воронки и провалы, суффозионные воронки и блюдца, растрескиваются стены зданий (Ликутов, 2012а) [15].

Гор. Благовещенск большей частью своей территории расположен на субгоризонтальной общей пойме р. Амур и её левого притока – р. Зея. Для устройства СЛС здесь необходимо учитывать высокие фильтрационные свойства аллювия, эрозионное расчленение территории не только долинами малых рек, врезанных в общую пойму рр. Амур и Зея (в частности – р. Бурхановка (левый приток р. Зея), но и малыми эрозионными формами, которые, как и остальные благоприятствующие созданию СЛС свойства рельефообразования, ещё предстоит исследовать. Также необходимы исследования с целью выявления оптимальных уклонов продольных профилей подземных (закрытых) дренажных магистралей будущей СЛС.

Пока же городская территория во время дождей (особенно – летних муссонных) переполняется водой. Улицы и тротуары превращаются в ручьи и озёра, существующие и после дождей, затрудняющие передвижение транспорта и пешеходов.

Гор. Иркутск (как и гор. Калуга) расположен преимущественно на склонах, крутизна которых даже на проезжих частях улиц достигает 20-25°. Крупнейший базис эрозии, в привязке к которому рационально строить СЛС – урез воды р. Ангара и созданного на ней водохранилища Иркутской ГЭС, меньшие – урезы воды притоков р. Ангара и опирающиеся на них тальвеги малых эрозионных форм. Для выявления линий стока, определения участков открытых и закрытых дренажных магистралей, конфигурации локальных дренажных систем, гарантирующей невозможность формирования русловых водотоков, выявления других свойств рельефообразования, благоприятствующих созданию СЛС, необходимо проведение специализированных геоморфологических и геоморфодинамических исследований.

В данное время, без СЛС, территория гор. Иркутска превращается в речную сеть, передвижение по которой небезопасно не только для людей, но и для транспорта.

Главный базис эрозии для территории **гор. Хабаровска** – урез р. Амур. Центральная часть города по строению рельефа представляет собой систему из двух оврагов, опирающихся на р. Амур (по ним проложены Уссурийский и Амурский бульвары) с каскадами прудов, и трёх водоразделов (по ним проходят улицы Ленина, К.Маркса и Серышева). Однако она не выполняет функцию СЛС, пусть хотя бы локальной. Во время дождей потоки воды действуют на проезжих частях бульваров: эродировать поверхность, выворачивая целые плиты асфальта, моментально формируют аллювий и препятствуют движению транспорта (в том числе и трамваев). Для территории города не проводились, поэтому – необходимы, геоморфологические и геоморфодинамические исследования, специализированные на выявление свойств и характеристик рельефообразования, благоприятствующих и

мешающих созданию СЛС и на основе их результатов – определение конфигурации и других свойств и характеристик самой СЛС.

Для территории **гор. Владивостока** характерны не только склоны различной крутизны, но и выходы на поверхность прочных скальных пород (в частности – андезито-базальтов) с очень высокой противоэрозионной устойчивостью либо их близ поверхностное залегание. Это, с одной стороны, затрудняет сооружение закрытых дренажных магистралей, с другой, при их создании – обеспечивает их длительное устойчивое функционирование даже при максимальной водности и скоростях течения ливневых потоков. Остальные свойства и характеристики рельефообразования, благоприятствующие и мешающие созданию СЛС, могут быть выявлены при специализированных геоморфологических и геоморфодинамических исследованиях.

В настоящее время ливневый сток в городе происходит в основном временными водотоками по придорожным кюветам и по поверхности улиц.

Заключение

В результате исследований обобщены геоморфологические наблюдения на территориях городов с различным строением рельефа, состояниями внешних условий, набором и характером рельефообразующих процессов и тем более – связей и взаимодействий между ними. Замечен и охарактеризован широкий спектр свойств участников рельефообразования, обеспечивающих формирование и бесперебойное функционирование СЛС на городских территориях. Выявление их конкретных характеристик для территорий каждого даже из рассмотренных городов нуждается в геоморфологических и геоморфодинамических исследованиях, специализированных на создание СЛС.

Природные возможности для создания СЛС есть. Главное препятствие ему - пренебрежение властей к экологической приоритетности формирования таких систем и к приоритетности геоморфологических и геоморфодинамических исследований среди работ, предшествующих строительным. Не учёт же строения и формирования рельефа при прокладке трасс ливневой канализации приводит, только по данным наших наблюдений, к действию антропогенно инициированных природных рельефообразующих процессов: обваливания и просадок грунта, к суффозии, к линейной эрозии, часто вызывающему катастрофические явления.

Библиографический список

1. Агафонов Б.П. *Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны*. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1990. 176 с.
2. Бастраков Г.В. *Эрозионная прочность горных пород // Геоморфология*. 1977. №2. С. 52-55.
3. Билибин Ю.А. *Основы геологии россыпей*. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 472 с.
4. Богомолов, А.И., Михайлов К.А. *Гидравлика*. М.: Стройиздат, 1972. 647 с.
5. Воскресенский С.С. *Динамическая геоморфология. Формирование склонов*. М.: Изд-во МГУ, 1971. 228 с.

6. Воскресенский С.С. Выветривание на склонах в системе общей денудации суши // Вестник МГУ. Серия 5. География. 1986. №6. С.38-45.
7. Геоморфология Амуро-Зейской равнины и низкогорья Малого Хингана / Отв. ред. С.С. Воскресенский. М.: Изд-во МГУ, 1973. Ч.1. 275 с.; Ч.2. 97 с.
8. Гусев М.Н. Морфодинамика днища долины Верхнего Амура. Владивосток: Дальнаука, 2002. 232 с.
9. Ликутов Е.Ю. Особенности строения и закономерности формирования долин малых рек центральной части междуречья Зеи и Селемджи / АмурКНИИ ДВО РАН. Благовещенск, 1993. 230 с. Деп. в ВИНТИ 04.03.93, №531-В93.
10. Ликутов Е.Ю. Закон наибольшей геоморфологической результативности постоянно действующих рельефообразующих процессов // V Международная конференция "Новые идеи в науках о Земле": Тезисы докладов. Т. 1. М.: МГРА, 2001. С. 70.
11. Ликутов Е.Ю. Системообразующая (консолидирующая) роль флювиальных процессов в самоорганизации рельефообразования // Самоорганизация и динамика геоморфосистем: Материалы XXVII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Томск, 25 августа-2 сентября 2003 г. Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 253-254.
12. Ликутов Е. Ещё раз о ливневой канализации // Весть. №280 (5200). 28.08.2007а.
13. Ликутов Е.Ю. Скорости антропогенно иницированных природных процессов и особенности их действия на севере Русской равнины // Земная поверхность, ярусный рельеф и скорость рельефообразования: Материалы Иркутского геоморфологического семинара, Чтений памяти Н.А. Флоренсова (Иркутск, 9-14 сент. 2007 г.). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2007б. С. 130-132.
14. Ликутов Е.Ю. Система проводников взаимодействий процессов формирования речных долин // Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее: Материалы XXX Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Санкт-Петербург, СПбГУ, 15-20 сент. 2008 г. СПб: СПбГУ, 2008. С. 223-225.
15. Ликутов Е.Ю. Антропогенно иницированные природные процессы на путях ливневого стока вследствие неучёта строения и формирования рельефа при их строительстве и эксплуатации (на примере территории гор. Калуги) // Антропогенная геоморфология: наука и практика: материалы XXXII Пленума Геоморфологической комиссии РАН (г.Белгород, 25-29 сент. 2012 г.). М.; Белгород: ИД «Белгород», 2012а. С.267-271.
16. Ликутов Е.Ю. Связи и взаимодействия как участники рельефообразования // Вестник Тюменского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2012б. №7. С.113-121.
17. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
18. Маккавеев Н.И. Сток и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1971. 115 с.
19. Маккавеев Н.И. Русловой процесс как одно из проявлений единого эрозионно-аккумулятивного процесса // Доклады секции русловых процессов Научного Совета "Комплексное использование и охрана водных ресурсов". Вып. 1: Общие вопросы теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1986. С.56-65.
20. Рычагов Г.И. Общая геоморфология: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 416 с
21. Солодянкина С.В., Кирьянова О.М. Оптимальность пространственной организации эрозионной сети урбанизированной территории по критерию качества поверхностных вод // Теория геоморфологии и ее приложение в региональных и глобальных исследованиях: Материалы Иркутского геоморфологического семинара, Чтений памяти Н.А. Флоренсова (Иркутск, 20-24 сент. 2010 г.). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. С.126 -128.

22. Чалов Р.С. *Русловедение: теория, география, практика. Т.1: русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел.* М.: Издательство ЛКИ, 2008. 608 с.
23. Чалов Р.С. *Русловедение: теория, география, практика. Т.2: Морфодинамика речных русел.* М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
24. *Экспериментальная геоморфология / Ред. Н.И. Маккавеев.* М.: Изд-во МГУ, 1961. Вып.1. 193 с.
25. *Экспериментальная геоморфология / Ред. Н.И. Маккавеев.* М.: Изд-во МГУ, 1969. Вып.2. 177 с.
26. *Экспериментальная геоморфология / Ред. Н.И. Маккавеев.* М.: Изд-во МГУ, 1978. Вып.3. 142 с.

О ПРОБЛЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В СОЛИКАМСКОМ РАЙОНЕ

Проведен экологический и геолого-экономический анализ Соликамского района Пермского края. Дана характеристика геологического строения, основных полезных ископаемых. Выделены основные приоритетные экономические направления. Особое внимание уделено безопасности разработки крупнейшего в мире Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей.

Ключевые слова: недропользование, экономика, месторождения полезных ископаемых, геологический риск, техно-природные процессы, Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, Соликамский район.

V.S. Popov

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

ABOUT THE PROBLEM OF SAFETY OF SUBSOIL USE IN THE SOLIKAMSKY DISTRICT

An ecological and geological-economic analysis of the Solikamsk region of the Perm region was carried out. The characteristics of the geological structure, main minerals are given. The main priority economic directions are highlighted. Particular attention is paid to the safety of the development of the world's largest Verkhnekamskoe deposit of potash and magnesium salts.

Key words: subsoil use, economics, mineral deposits, geological risk, techno-natural processes, Verkhnekamskoe deposit of potash and magnesium salts, Solikamsk region.

Проблема безопасности недропользования в районах разработки калийных месторождений, к которому относится Соликамский район Пермского края всегда являлась весьма актуальной [1-20]. Для Соликамского района, расположенного в северной части Пермского края (с 1 января 2019 г. – Соликамский городской округ вместе с г. Соликамском) главной проблемой является разработка крупнейшего в мире Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей. Так же на территории Соликамского района имеется месторождения нефти, торфа, цветных металлов, рубидия, брома, строительного камня и различных песчано-гравийных смесей, подземных вод [22].

Природно-геологические условия района

Соликамский район расположен на восточной окраине Восточно-Европейской равнины, в верховьях реки Камы и отличается большим

разнообразием рельефа. Рельеф района спокойно увалистый, подъемы на увалы отлогие, местами едва заметные, во многих местах наблюдается развитие болот. Абсолютные отметки высот составляют 200-220 м. Максимальная высотная отметка 255 м приурочена к Верхне-Кондасским увалам, расположенным на западной границе района. Эта группа увалов разобрана долинами рек. В геоморфологическом отношении это третичная поверхность размыва. Территория района спускается крутыми склонами к реке Камы и нижним частям ее притоков, где она переходит в Предуральскую низменность, известную под названием Предуральского прогиба (Соликамская впадина). Восточнее рельеф района равнинный, в некоторых местах равнинно-холмистый. Холмы невысокие, пологие, несколько вытянуты. Склоны водоразделов в основном имеют уклоны от 3° до 4° и лишь местами достигают 7°. Предуральская низменность имеет высотные отметки 100-200 м, сильно заболочена и рассечена речными долинами, которые хорошо разработаны. Постепенно повышаясь к востоку, Предуральский прогиб сменяется холмисто-увалистым Предуральем. Холмы и увалы сильно облесены, для водоразделов типичными являются высотные отметки 380-400 м.

Территория Соликамского района характеризуется сложным геологическим строением, обусловленным развитием фациально не выдержанных соленосных отложений, соленой и блоковой тектоникой, дифференцированной геодинамической активностью и неотектоникой, различными геодинамическими процессами [4-19]. На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС) по линеаментно-геодинамическому анализу выделены установлены 61 геоактивных зон с чрезвычайно высокой плотностью линеаментов, опасных для производства горных работ [5, 7, 15].

Более древние отложения развиты на востоке района и по мере продвижения на запад сменяются более молодыми. Холмисто-увалистое Предуралье сложено из комплекса девонских и каменноугольных отложений, представленных в верхнем горизонте разнообразными известняками, местами имеющие признаки окремнения. Их мощность составляет 200-300 м. В западной части района, на территории Русской платформы распространены нижне- и среднепермские отложения, а в Предуральском прогибе нижнепермские, представленные породами сакмарского, артинского, кунгурского и уфимского ярусов. Шешминский горизонт уфимского яруса, представленный алевролитами, глинами, песчаниками с прослоями и линзами доломитов, известняков, мергеля, встречается как на левом, так и на правом берегу Камы. Казанский ярус представлен белебеевской свитой, окаймляющей с запада в виде полосы площадь распространения шешминского горизонта. Свита представлена глинами с прослоями и линзами кварцевых и полевошпатовых песчаников, конгломератами с карбонатным и глинистым цементом, мергелей, известняков. На западе района распространены отложения уржумского яруса, представленные песчано-глинистой толщей, в которой преобладают коричнево-красные глины, иногда известковистые или песчанистые и зеленовато-серые кварцевые песчаники и алевролиты. Коренные

породы, покрытые плащом четвертичных отложений. К таким отложениям относятся покровные и элювиально-делювиальные глины и суглинки, флювиогляциальные древнеаллювиальные пески и супеси, и современные аллювиальные и делювиальные отложения [2, 6, 20].

Полезные ископаемые

Калийные и каменные соли

Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей (ВКМКС) было открыто в 1925 г. под руководством советского учёного П.И. Преображенского. ВКМКС располагается в левобережной части долины реки Камы, между рекой Вишерой на севере и рекой Яйвой на юге. Площадь бассейна составляет более 6,5 тыс. км². Соляные породы представлены гигантской линзообразной залежью, вытянутой с севера на юг на 200 км, ширина до 50 км, площадь 6,5 тысяч км². В составе толщи соляных пород выделяется подстилающая каменная соль (350 м), калийные соли (80 м), покровная каменная соль (18 м). Залежь калийных солей имеет протяжённость 136 км, ширина до 40 км, площадь 3,5 тыс. км². Промышленные запасы 3,8 млрд. т, перспективные 15,7 млрд.т. Соленосные и калиеносные отложения приурочены к иренскому горизонту кунгурского яруса и соликамскому горизонту уфимского яруса. На поверхность они не выходят – перекрыты мощной толщей «пустых» пород: известняков, мергелей и глин, и эти породы лишь в районе скважины № 1, на окраине Соликамска, имеют мощность от 78 до 90 м, обычно же их мощность достигает 120-150-180 м. Основные соли: хлориды натрия (галит), калия (сильвин), калия и магния (карналлит). Добыча ведется подземным способом, глубина залегания 100-500 м. Три комбината находятся в Соликамске [21, 23].

Нефть. Месторождения нефти на территории Соликамского района находится прежде всего в центральной части. Главные месторождения: Бортомское, Логовское, Озерное, Маговское, Гагаринское, Юрчукское, Чашкинское, Касибское, Ширяевское. По характеристикам нефти средней плотности, вязкие, малосернистые. Годовой объем добычи 1294 тыс. тонн. На территории ВКМКС имеются запасы нефти, но их разработка запрещена.

Цветные металлы распространены преимущественно на севере и западе района. Их добыча не ведется.

Рубидий. Госбалансом учитывается Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, в котором рубидий является попутным полезным ископаемым. В солях рубидий связан с карналлитовой толщей. Содержание оксида рубидия в рудах колеблется от 0 до 120 г/т, среднее 90 г/т. Массовая доля рубидия в руде и обогащённом карналлите составляет соответственно 0,0104 % и 0,013 %. Балансовые запасы рубидия, содержащегося в карналлитовых рудах Березниковского, Быгельско-Троицкого, Соликамского и Ново-Соликамского участков, утратили промышленное значение и были списаны. Причиной списания послужила экономическая нецелесообразность извлечения рубидия.

Бром. На Верхнекамском месторождении запасы брома как попутного полезного ископаемого учитываются по 10 участкам. Содержание брома в

солях варьирует от 0,04 % до 0,11 %, среднее содержание 0,07 %. На 01.01.2008 г. запасы брома в солях по категориям А+В+С1 составляют 1915,3 тыс. т, кат. С2 174 тыс. т, забалансовые 291,6 тыс. т. Металл при добыче и переработке солей на рудниках не извлекается из-за убыточности производства. Основная часть брома остаётся в готовом продукте (минеральных удобрениях), другая часть уходит в отвалы, глинистые шламы [21, 23].

Экономика района

Основа экономической жизни города Соликамска - калийная промышленность. Проектная мощность 3 калийных рудоуправлений, входящих в ОАО «Уралкалий», составляет 3203,2 тыс. т калийных удобрений в год.

В настоящее время город имеет большой экспортный потенциал благодаря высокому уровню развития основной химии, металлургии (производство магнезия и редкоземельных элементов). Сегодня продукция соликамских предприятий поставляется более чем в 60 стран мира. Соликамск имеет туристическо-рекреационные возможности.

Соликамск – крупный транспортный узел. В городе имеется развитая железнодорожная сеть, обеспечивающая транспортировку калийных удобрений в другие районы. В городе есть железнодорожная станция Соликамск Пермского отделения Свердловской железной дороги. Хозяйственный профиль города определяет горнохимическая промышленность (добыча калийных солей и производство минеральных удобрений) – ОАО «Уралкалий» (до 2011 года ОАО «Сильвинит»). Предприятия лесопромышленного комплекса – ОАО «Соликамскбумпром». Металлургическая промышленность – производство магнезия, основанное на переработке калийно-магниевого солей ОАО «Соликамский магниевый завод» [21-23].

Экологическая обстановка

Экологическая ситуация в г. Соликамск – неблагоприятная. Особенно неудовлетворительно положение с очисткой промышленных стоков, отличающихся высокой токсичностью. Из 11 очистных сооружений лишь 5 обеспечивают нормальную очистку. Высокой загрязнённостью характеризуется и состояние атмосферы. Главная трудность при разработке калийного месторождения – утилизация отходов солей, поэтому на территории района расположены терриконы. Соликамск находится на 4 месте (по Пермскому краю) по суммарному уровню антропогенной нагрузки и занимает 2 место по образованию и размещению отходов в природной среде, 2 место по объёму сбрасываемых загрязняющих веществ в водные объекты, 5 место по выбросам загрязняющих веществ от автотранспорта, 23 место по выбросам в атмосферный воздух от стационарных (промышленных) источников [1, 24].

Аварии на Соликамском руднике

5 января 1995 года на втором Соликамском руднике произошло массовое разрушение междукамерных целиков, сопровождавшееся техногенным землетрясением.

В сентябре 2014 года на участке обрушения целиков начали фиксировать некоторые явления, которые оказались последствием того, что вода проникла в рудник. 18 ноября 2014 г. Уралкалий сообщил об увеличении притока рассолов

в шахту рудника рудоуправления Соликамск-2. Рассолы поступали со II-ой северо-восточной панели (СВП) в участковую насосную «Восток», расположенную на IV-ой СВП. Произошло затопление части насосов. В 15:50. был введен план ликвидации аварии (ПЛА), включающий вывод штатного персонала - 122 человека на поверхность и приостановку добычи руды в аварийном руднике. Для предотвращения взрыва сероводорода, поступающего с рассолом, на руднике было отключено энергоснабжение. Вечером 18 ноября, в день, когда был введен план ликвидации аварии, в 3,5 км восточнее промплощадки Соликамск-2 сотрудниками рудника был обнаружен провал грунта размером 20 на 30 метров (по информации ОАО «Уралкалий» — 30 на 40 метров). Провал расположен в дачном поселке «Ключики», над старыми выработками СКРУ-2 за пределами городской застройки, на расстоянии нескольких километров от ближайших жилых домов. Под землю провалились три дома. Обрушение произошло на глубине 140 м, в размытом грунтовыми водами соляном пласте.

Первоначально вероятность потери СКРУ-2 считалась стопроцентной. Также высокой называлась опасность того, что перемычка между СКРУ-1 и СКРУ-2 не выдержит и «Уралкалий» лишится обоих рудников. Но после кратного снижения притока появилась возможность не только сохранить СКРУ-1, но и частично вернуть в строй, подтопленный СКРУ-2. К 10 декабря были начаты работы по добыче породы для закладки пустот и предварительные работы по тампонажу каналов поступления рассолов в рудник. В конце марта объем закладки составил 900 тыс. тонн смеси. В январе 2015 года проводилось бурение инъекционных скважин по периметру провала с последующей их цементацией для предотвращения дальнейшего его распространения. СКРУ-2 являлся третьим по мощности и обеспечивал 17,7 % от совокупных мощностей «Уралкалия» и 20 % от объема производства, запланированного на 2014 год. Максимальный объем выпуска продукции СКРУ-2 составляет около 2,3 млн тонн в год. Рудник практически выработан. По информации властей Пермского края, судьба Соликамского рудника определится за несколько дней [21-23].

После аварии около 600 человек было отправлено в вынужденный отпуск с сохранением 2/3 от заработной платы. Примерно столько же сотрудников было переведено на другие рудники. Рассматривалась возможность задействовать обогатительную фабрику на аварийном рудоуправлении для переработки руды с других шахт. Фабрика СКРУ-2 является единственной в Соликамске, где работало отделение грануляции.

Шахтное поле рудника Соликамск-2 граничит с полем рудника Соликамск-1. Поля разделены целиком, ширина которого рассчитана на подобную ситуацию. Но из-за сбоя между двумя рудниками существует отложенная на 5-15 лет опасность затопления первого Соликамского рудника, частично расположенного под городом Соликамск и обеспечивающего карналлитом производство «ВСМПО-Ависма». Возникла ситуация потери двух рудников, что могло поставить вопрос о дальнейшей разработке и эксплуатации верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей. В результате чего могло остановиться производство на Соликамском магниевом заводе. По

состоянию на 2016 г. СКРУ-2 работал примерно на половину своей мощности. Мониторинг в последние годы показал, что принятые меры позволяют контролировать приток, и добычу можно будет продолжать на протяжении 6-7 лет, добывая 4,8 млн. тонн калийной руды в год. В 2022 г. планируется завершить строительство новых шахтных стволов для безопасной отработки оставшихся запасов шахтного поля СКРУ-2 в объеме 91 млн. тонн хлоркалия [22, 24].

Заключение

Аварийная ситуация, возникшая на СКРУ-2, является результатом недостаточного мониторинга опасных участков, а именно геодинамической активностью тектонических нарушений в совокупности с карстом и подтоплением. В целом работы по закладке выработанных стволов шахт всегда проводились вовремя и в соответствии с нормами закладки. Развитие аварийной ситуации могло способствовать потере крупнейшего в мире месторождения калийных и магниевых солей, что могло отрицательно отразиться на экономике района и способствовать оттоку населения из города Соликамска и Соликамского района.

В настоящее время осуществляется мониторинг за опасными геодинамическими процессами геофизическими и аэрокосмогеологическими методами (ГИ УрО РАН, ПГНИУ и др.). Периодически проводятся специализированные исследования, связанные с геологической безопасностью разработки ВКМКС. К сожалению, мониторинг проводится не на всей территории месторождения. Хочется надеяться, что аварийных ситуаций в будущем не случится.

Библиографический список

1. Белкин В.В. Техногенная трансформация геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна / автореф. дис. д-ра геол. мин. наук. Екатеринбург, 2010. 47с.
2. Иванов А.А., Воронова М.Л. Верхнекамское месторождение калийных солей. Л.: Недра, 1975. 219 с.
3. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 5-14.
4. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.
5. 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.
6. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
7. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
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. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*

10. 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.*

11. Копылов И.С. *Районирование и оценка эколого-геодинамической опасности территории Пермского края на основе ГИС И ДЗЗ // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2010. С. 28-38.*

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

13. Копылов И.С., Ковин О.Н., Голдырев В.В., Малеев Э.Е., Брюхов В.Н. *Основные факторы горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021.*

14. 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. С. 431.*

15. 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.*

16. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. *Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 63-76.*

17. 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.*

18. 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.*

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. Кудряшов А. И. *Верхнекамское месторождение солей. Пермь, 2001. 429 с.*

21. https://ru.wikipedia.org/wiki/Верхнекамское_месторождение_калийно-магниевых_солей.

22. https://ru.wikipedia.org/wiki/Соликамский_район.

23. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Уралкалий>.

24. <http://www.pbperm.ru/anonsy/404>.

Е.О. Шаравин¹, В.А. Дубровская², Л.В. Пихконен³

¹ Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

² Санкт-Петербургский горный университет,

³ АНО ДПО «УЦ «МАЭБ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ОТБОРА ПРОБ ДЛЯ АНАЛИЗА УДАРООПАСНОСТИ И ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА БАЗЕ ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКОГО МЕТОДА МОНИТОРИНГА

В статье описан принцип действия системы прогноза и мониторинга геофизическими методами исследования газодинамических явлений в угленосном массиве. Рассмотрены возможные критерии выбора зоны отбора проб, с целью определения удароопасности и выбросоопасности.

Ключевые слова: газодинамические явления, геодинамические проявления горного давления, геофизические методы исследования, сейсмоакустические методы, сейсмические станции, сейсмомониторинг, удароопасность, выбросоопасность.

E.O. Sharavin¹, V.A. Dubrovskaja², L.V. Pikhkonen³

¹ «Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia»,

² «Saint-Petersburg Mining University»,

³ ANO DPO «UTS «MAEB»

DETERMINATION OF SAMPLING SITES FOR ANALYSIS OF ROCK BURST AND OUTBURST HAZARD OF COAL SEAMS BASED ON SEISMIC METHODS OF MONITORING

The article considers the choice of sites which is based on the usage of a multifunctional system by geophysical methods for monitoring gas-dynamic phenomena in a coal-rock mass. Considered possible criteria for selecting coal sampling sites for a comprehensive study of seams for rock shock hazard and outburst hazard.

Keywords: gas-dynamic phenomena, seismoacoustic methods, seismic stations, seismic monitoring, shock hazard, sudden surge, geodynamic phenomena.

Введение

В настоящее время глубина отработки угольных пластов в России достигает 1 км и более (ш. Комсомольская АО «Воркутауголь»). Повсеместно внедрено новое, высокопроизводительное оборудование. Продолжает наращиваться концентрация ведения подготовительных и очистных работ. Перечисленные факторы повышают вероятность проявлений опасных газодинамических явлений, таких как горный удар или внезапный выброс.

Учитывая этот фактор, на современных горных предприятиях одним из обязательных элементов безопасного ведения горных работ является предупреждение и прогнозирование геодинамических проявлений горного давления с помощью геофизических методов исследования.

Современное развитие техники даёт возможность применять отслеживать, собирать и обрабатывать информацию о процессах происходящих в массиве горных пород с целью создания систем мониторинга геодинамического состояния горных пород в зонах ведения горных пород в режиме реального времени. К эффективным методам мониторинга следует отнести геофизические методы наблюдения, обладающие широким диапазоном применения. Геофизические методы исследования массива горных пород давно и успешно применяются в таких областях как разведка и добыча полезных ископаемых, гражданское, наземное и подземное строительство [1, 3, 4, 5, 6].

Указанный метод мониторинга позволяет оценить состояние опасности геодинамических явлений на основании регистрации физических проявлений горного давления и тем самым способствовать повышению безопасности ведения подземных добычных и проходческих работ.

Несмотря на много очевидных преимуществ геофизического мониторинга этот метод не лишён и недостатков, связанных с интерпретацией результатов сейсмических наблюдений и алгоритмами обработки поступающих с датчиков информации. Поэтому, для повышения надёжности прогнозирования в последнее время намечается тенденция к использованию нескольких взаимно дополняющих методов исследований. Авторы предлагают дополнить действующую систему сейсмомониторинга локальными инструментальными исследованиями проб угля в зонах ожидаемых концентраций напряжений [10, 11, 12]. Эти зоны определяются по картам оперативного наблюдения за состоянием массива горных пород на участках прогнозируемых газодинамических явлений.

Описание работы систем сейсмического мониторинга.

На шахтах АО «Воркутауголь» применяются несколько систем сейсмического мониторинга разработанными ведущими научными организациями ИПКОН РАН и АО «ВНИМИ». В ограниченных рамках статьи кратко рассмотрим схемы проведения мониторинга и прогноза состояния массива горных пород.

Система контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород (МГСК).

Мониторинг динамических явлений на шахте Заполярная проводится многофункциональной системой контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород (МГСК), разработанной ИПКОН РАН и системы сейсмического мониторинга GITS (GeoInfo Trans Sistem), разработанной АО «ВНИМИ. Мониторинг проводится в соответствии с инструкцией по прогнозу проявлений 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 (ГДЯ) [6, 7, 8].

Датчик для сейсмоакустического наблюдения располагаются в геологоразведочных скважинах в пределах шахтного поля или исследуемого участка, что обеспечивает надёжную воспроизводимость результатов

МГСК предназначена для сейсмического, сейсмоакустического мониторинга и прогноза состояния массива горных пород при подземной разработке твердых полезных ископаемых. Система МГСК включает функциональные подсистемы: сейсмического мониторинга; сейсмоакустического мониторинга; прогноза состояния массива горных пород.

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].

Сбор и анализ информации о состоянии горного массива осуществляется посредством датчиков-зондов и последующей обработки полученных результатов. Датчики-зонды сейсмоакустической эмиссии горного массива, предназначены для обнаружения очагов критических деформаций в массиве и их релаксаций (горные удары, внезапные выбросы, обрушение пород кровли в выработках и т.д.).

САК обеспечивает измерение сейсмоакустической эмиссии массива горных пород в полосе частот от 200 Гц до 2 кГц и формирование аналогового выходного сигнала для передачи в регистратор.

Датчик-зонд измерения сейсмической эмиссии горного массива (СМЧ), предназначен для обнаружения очагов релаксаций и критических деформаций в массиве (горные удары, внезапные выбросы, обрушение пород кровли в выработках и т.д.). Конструктивно сейсмический зонд выполнен аналогично сейсмоакустическому зонду.

СМЧ обеспечивает выполнение измерения сейсмической эмиссии массива горных пород (вибрации в полосе частот от 1 Гц до 200 Гц) и формирование аналогового выходного сигнала для передачи в регистратор.

Оперативный мониторинг обеспечивает возможность просмотра сейсмических, сейсмоакустических, данных в режиме реального времени, в режиме архива за необходимый период времени. Реализована запись сейсмоакустической и сейсмической эмиссии массива горных пород при различных режимах работы горного оборудования для последующего анализа

Прогноз состояния массива горных пород обеспечивает вывод информации о текущем состоянии опасности возникновения ГДЯ, оперативная статистика, прогноз ГДЯ и прогноз состояния массива горных пород.

В системе МГСК оценка и прогноз выбросоопасности и удароопасности подразделяются по зонам локализации событий на:

– *региональные* – оценка и прогноз, учитывающие влияние сейсмических динамических активностей на состояние опасности вмещающих пород различных пластов шахтного поля.

– *локальные* – оценка и прогноз опасности состояния массива горных пород с учетом развития динамических явлений на отдельных участках шахтных полей;

– *текущие* – оценка и прогноз состояния призабойной части угольного пласта относительно входа забоя в опасную зону и выхода из нее.

Региональный прогноз удароопасности и выбросоопасности массива основан на анализе сейсмической активности участков массива и оценке ее энергетической составляющей. Для расчета регионального прогноза используются данные непрерывной регистрации сейсмических событий аппаратурой системы МГСК (регистраторы и датчики типа СМЧ)

Локальный прогноз предусматривает оценку вероятности развития ГДЯ на пластах отдельных участков шахтных полей угольных шахт. При локальном прогнозе учитываются и уточняются данные регионального прогноза

При оценке и прогнозе удароопасности массива горных пород в системе МГСК применяются такие характеристики состояния массива как: *неопасное, слабо опасное, средне опасное и сильно опасное.*

Итоговая оценка и прогноз состояния массива горных пород рассчитываются автоматически путём анализа ряда факторов и построения соответствующих математических моделей. При этом при расчёте производится многофакторный анализ архивных данных и учитывается текущее состояние.

После расчёта прогнозных характеристик состояния массива и оценки зон их влияния составляется план отбора проб угля в очагах повышенной интенсивности амплитудно-частотного спектра искусственного сигнала. Здесь следует отметить, что по действующей Инструкции участков, склонных к ГДЯ угольных пластов, в зависимости от возможности проявления на них ГДЯ устанавливаются две категории опасности: «опасно» и «неопасно» и разбивки по степени опасности не предусмотрено [7]. Поэтому при отборе проб необходимо учитывать характеристику опасности для исследуемого участка.

Система сейсмического мониторинга GITS.

Прогноз динамических явлений на шахте Комсомольская проводится системой сейсмического мониторинга GITS (GeoInfo Trans Sistem) 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].

Прогноз удароопасности системы основан на обработке данных датчиков с узлов сейсмического и сейсмоакустического мониторинга и построении карт сейсмической активности, совмещённых с планами горных работ.

Датчики устанавливаются в скважины, закрепляются для защиты от повреждения и подключаются к сетям энергоснабжения и магистральным сетям передачи данных

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].

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 в разрезе, с указанием эпицентров событий (рис. 1).

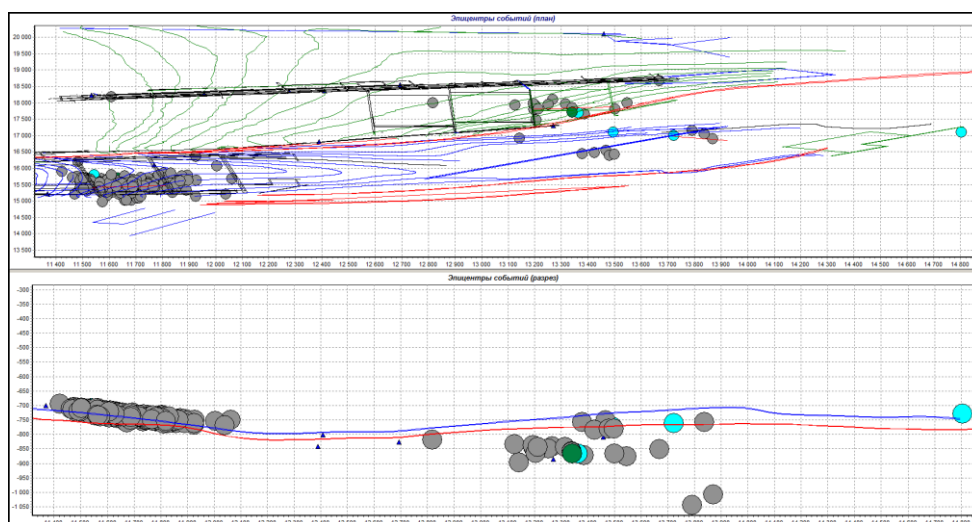


Рис. 1. Фрагмент построенного эпицентра событий на шахтном поле, с указанием эпицентров событий.

Проверка обработки всех сейсмических явлений за сутки производится инженером-геофизиком.

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 табл. 1 и 2.

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 $F < 100$ |
| 200 | <i>Уровень 2</i> - Значение F находится в диапазоне от 100 до 200 («напряженно, но не опасно»). |
| 400 | <i>Уровень 3</i> - Значение F находится в диапазоне от 200 до 400 («напряженно, но не опасно») |
| 800 | <i>Уровень 4</i> - Значение F находится в диапазоне от 400 до 800, «опасно» («оранжевый» уровень). <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. «опасно» («красный» уровень). <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.

Экспресс-анализ проб угля.

В последнее время получают распространение методы определения выбросоопасных зон угольных пластов с применением рентгенофлуоресцентной, мессбауэровской и ЯМР спектроскопии. Многими исследователями доказано, что появление выбросоопасных зон с повышенным содержанием метана в углях связано с присутствием в них двух- и трёхвалентного железа, которое как раз и фиксируется инструментальными методами при изучении отобранных проб угля в этих зонах.

Из вышеперечисленных методов рентгенофлуоресцентный анализ можно отнести к экспресс-методу, позволяющему в полевых условиях или в условиях контрольно-измерительных лабораторий горного предприятия оперативно определить аномальное содержание двух- и трёхвалентного железа в пробах угля на участках, склонных к ГДЯ.

Авторами предлагается выбирать места отбора проб на удароопасность и выбросоопасность с учетом данных сейсмического метода контроля за состоянием горного массива с применением автоматизированных средств мониторинга и прогнозирования опасности программными средствами в режиме реального времени (рис. 2).

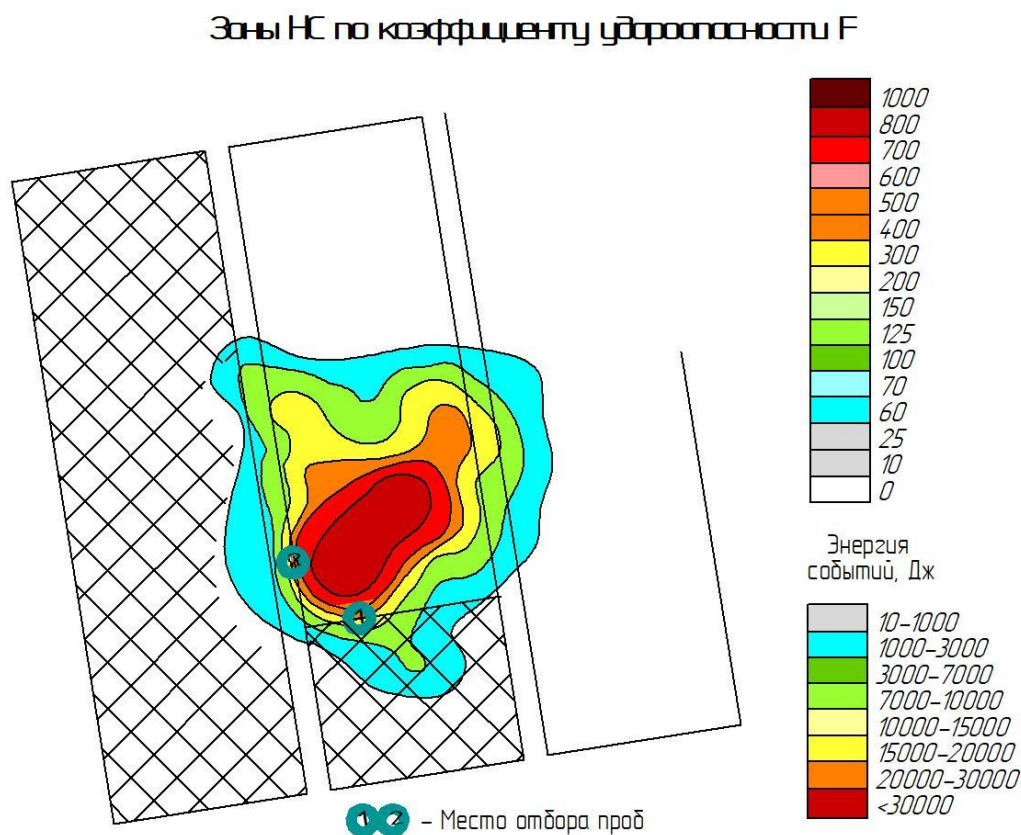


Рис. 2. Схема регионального прогноза участка шахтного поля, с указанием зоны отбора пробы на удароопасность и выбросоопасность

Отбор проб производить из максимального уровня опасности по параметру «F» равным 800 и более (табл. 2). Пробы отбираются из буровой мелочи по двум контрольным шпурам, пробуренным из одного положения забоя выработки по наиболее прочной пачке угольного пласта. В случае неопределённости границ максимального уровня опасности необходимо пробурить дополнительные шпуры для более достоверного результата.

Выводы

Таким образом, анализ проб на удароопасных и выбросоопасных участках, в границах зоны максимального уровня опасности по параметру «F» равным 800 и более, дополняет сейсмический метода контроля за состоянием массива горных пород и способствует обнаружению очагов критических деформаций в массиве.

Библиографический список

1. 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.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» 2014 г.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений» 2017 г.
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). Серия 06. Выпуск 1/ - 2-е изд. М.: ФГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004.
5. Методика прогноза удароопасного состояния массива горных пород сейсмическим методом ш. Комсомольская АО «Воркутауголь». М.: АО «ВНИМИ», 2017. С. 36.
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.
7. Приказ от 15 августа 2016 года N 339 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений».
8. Шаравин Е.О., Пихконен Л.В., Дубровская В.А. Пример прогноза динамических явлений горного массива при отработке угольных месторождений с помощью геофизического мониторинга // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Пермь, 2020. С. 305-310.

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ,
АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ)
RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL,
AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND
PETROGRAPHIC METHODS)**

УДК 550.3

З.Ф. Абдуллина

ООО «Югорский Проектный Институт», Сургут, Россия

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ
РАЗРАБОТКИ МЕГИОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ХМАО)**

Среди месторождений Западной Сибири немало залежей, характеризующихся низкими темпами добычи нефти вследствие роста обводнённости продукции и истощения пластовой энергии. На поздней стадии разработки залежей дебиты скважин уменьшаются до пределов, при которых эксплуатация их становится нерентабельной. Вместе с тем в продуктивных пластах остается значительное количество нефти в застойных зонах. Решением проблемы извлечения таких запасов и восстановления старых бездействующих скважин является проведение мероприятий по повышению нефтеотдачи нефти. Но первоначальной задачей является оценка текущего состояния разработки месторождения.

Ключевые слова: месторождение, пласт, скважина, нефть, разработка.

Z.F. Abdullina

Limited Liability Company «Ugra Design Institute», Surgut, Russia

**GEOLOGICAL STRUCTURE AND ANALYSIS OF THE
DEVELOPMENT STATE OF THE MEGION DEPOSIT
(KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG)**

Among the fields in Western Siberia, there are many deposits characterized by low rates of oil production due to an increase in water cut and depletion of reservoir energy. At a late stage of reservoir development, well production rates decrease to the extent at which their operation becomes unprofitable. At the same time, a significant amount of oil remains in the productive formations in stagnant zones. The solution to the problem of extracting such reserves and restoring old idle wells is to take measures to increase oil recovery. But the initial task is to assess the current state of field development.

Key words: field, reservoir, well, oil, development.

Введение

В настоящее время в связи с истощением нефтяных месторождений, полным использованием возможностей вторичных методов разработки ежегодно увеличивается число отработанных, нерентабельных скважин. Вместе с тем в продуктивных пластах остается значительное количество нефти в застойных зонах. Решением проблемы извлечения таких запасов и восстановления старых бездействующих скважин является проведение мероприятий по повышению нефтеотдачи нефти. Но первоначальной задачей является оценка текущего состояния разработки месторождения.

Мегионское нефтяное месторождение расположено в центральной части Западно-Сибирской низменности на территории Нижневартовского района на 40 км от г. Нижневартовска, возле пос. Баграс) Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в среднем течении реки Оби (рис. 1).

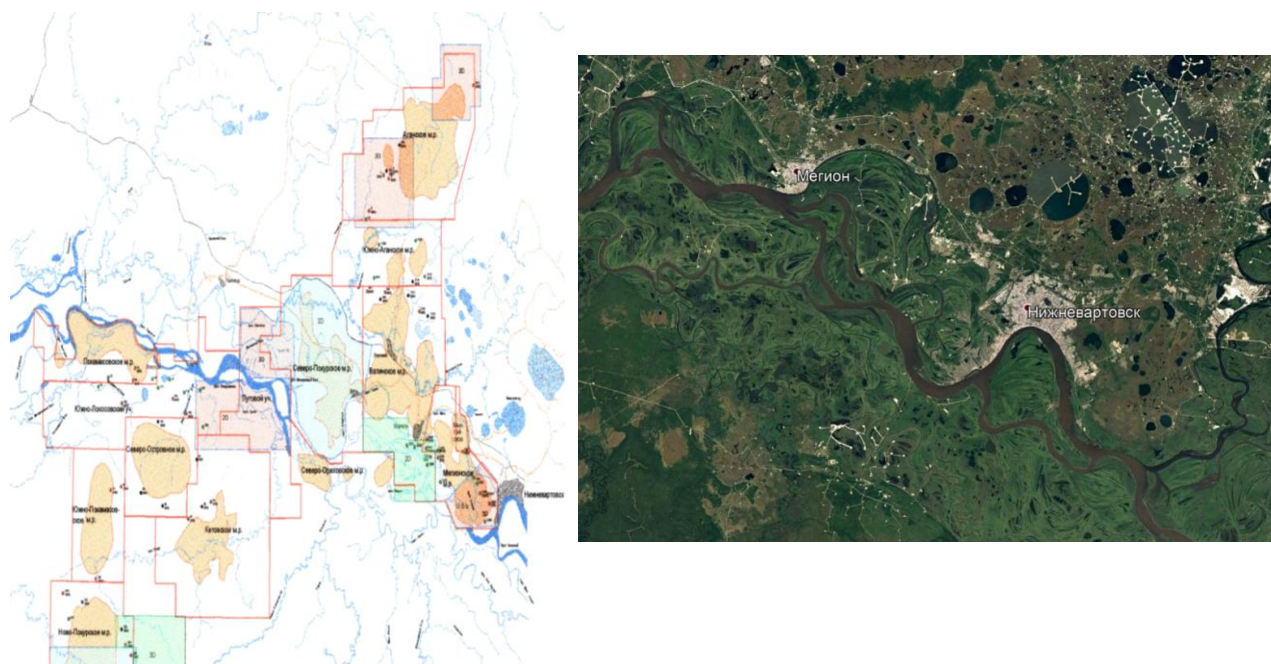


Рис. 1. Обзорная карта района работ [9] и космоснимок Мегионского нефтяного месторождения

Краткие исторические сведения

В 1959 г. в Мегионе начинается пробное бурение в целях поиска нефти. В 1961 ударил первый в Среднем Приобье нефтяной фонтан. 21 марта 1961 года в окрестностях будущего города со скважины №1 с глубины 2180 м был получен первый в Среднем Приобье нефтяной фонтан. Это событие стало поворотной точкой в истории Мегиона и округа - с этого момента началось развитие Западно-Сибирского нефтегазового комплекса. Месторождение введено в промышленную эксплуатацию в 1964 г. В 2000 г. добыто 0,880 млн т нефти. Добываемая с месторождения нефть до 1969 г. транспортировалась нефтеналивными судами на Омский нефтеперерабатывающий завод. С 1969 г. она транспортируется по магистральному нефтепроводу Самотлор – Усть-Балык – Омск. С начала разработки на месторождении на 01.01.2011 г.

отобрано 70016,7 тыс. т нефти и 273566,6 тыс. т жидкости (около 52% извлекаемых запасов нефти).

Характеристика геологического строения месторождения

Стратиграфо-литологические особенности

Разрез Мегионского месторождения сложен древними палеозойскими отложениями, которые с резким угловым несогласием перекрываются терригенными породами мезо-кайнозойского платформенного чехла.

Палеозой. Представлен сланцами трещиноватыми, глинисто-кремнистыми, метаморфизованными и песчаниками серыми и темно-серыми, полимиктовыми с кремнистым и кварцевым цементом. Вскрытая мощность 25-30 м.

Триасовая система. Пачка пород, залегающая между отложениями палеозойского и юрского возрастов, условно отнесена к триасу. Литологически она представляет собой сильно выветренные, каолинизированные, глинисто-кремнистые сланцы, песчаники трещиноватые с большим количеством зеркал скольжения. Вскрытая мощность 40-45 м.

Юрская система. Юрская система имеет три отдела: нижний, средний и верхний.

Нижне-и среднеюрский отделы (тюменская свита). В основании свиты залегают конгломератовидный песчаник. Выше разрез слагает толща, характеризующаяся частым чередованием маломощных (до 5 м) прослоев битуминозных, аргиллитов, алевролитов и песчаников, серых до темно-серых, мелко и среднезернистых, кварцево-полевошпатовых и полимиктовых с включениями обуглившегося растительного детрита. Мощность свиты 120-200 м.

Верхнеюрский отдел (локосовская и нижняя часть марьяновской свиты). Морские отложения верхней юры залегают на подстилающих породах без видимого перерыва и углового несогласия.

Локосовская свита, представлена чередованием серых и темно-серых песчаников и алевролитов, мелко и среднезернистых, полимиктовых участками известковистых с аргиллитами темно и буровато серыми, алевролитистыми с включением пирита и обуглившихся растительных остатков.

Марьяновская свита, представлена песчаниками и алевролитами серыми и светло-серыми, мелко и среднезернистыми, аркозовыми участками с прослоями известняка, пропитанными нефтью. Вверху залегают аргиллиты темно-серые, плотные, кремнеистые с неровным раковистым изломом.

Меловая система. Меловая система представлена двумя отделами: нижним и верхним. В нижнем выделяются свиты: марьяновская (верхняя часть), куломзинская, сургутская, кошайская и нижняя часть покурской. В верхнем отделе выделены, кроме верхов покурской, еще три свиты: кузнецовская, березовская, ганькинская.

Нижний мел представлен в основном морскими осадками, которые ложатся на породы юры без видимого перерыва.

Марьяновская свита. В ее составе наблюдается чередование аргиллитов темно-серых, алевролитистых и известковистых с маломощными прослоями серых алевролитов и аркозовых песчаников, местами сильно известковистых, переходящих в глинистый известняк.

Куломзинская свита. В основании ее выделяется ачимовская пачка, сложенная песчано-алевритовыми породами. Песчаники и алевролиты серые, светло-серые, мелко и среднезернистые, кварцево-полевошпатовые, полимиктовые, часто известковистые. Аргиллиты темно-серые, почти черные, крепкие с включениями обуглившихся растительных остатков. Мощность свиты 200-250м.

Сургутская свита. Валанжинский ярус включает в себя только нижнюю часть сургутской свиты, а именно низы усть-балыкской пачки.

Усть-Балыкская пачка представлена чередованием мощных (до 20м) пластов песчаников светло-серых, мелко - и среднезернистых, кварцево-полевошпатовых, хорошо отсортированных, участками известковистых с алевролитами и темными, нередко песчанистыми аргиллитами. Мощность пачки 160-200м.

Вартовская пачка. Представляет собой более частое чередование пластов и прослоев песчаников, алевролитов и аргиллитов. Песчаники и алевролиты серые, светло-серые, мелко и среднезернистые, кварцево-полевошпатовые, местами известковистые.

Аптский и альбский ярусы (кошайская свита и низ покурской). *Кошайская свита* залегает в основании апт-альбских отложений. Это маломощная пачка аргиллитоподобных темно-серых глин.

Нижняя часть покурской свиты сложена толщей песков и песчаников светло-серых, мелко- и среднезернистых, кварцево-полевошпатовых, местами известковистые с прослоями черного угля и растительного детрита.

Верхний мел подразделяется на ярусы: сеноманский, туронский, коньянский+ сантонский + кампанский и маастрихтский+датский.

Сеноманский ярус литологически слагается песками и песчаниками, алевролитами и глинами. Мощность сеномана 270-300м.

Туронский ярус (кузнецовская свита) сложен глинами темными с зеленоватым оттенком, плотными алевролитистыми, жирными на ощупь с тонкими прослоями песчаников мелкозернистых, кварцево-глауконитовых. Коньянский+ сантонский + кампанский (березовская свита) слагается глинами опоковидными и опоками пепельно-серыми и молочно-белыми, содержащими фауну пелецепод и гастропод, чешуйки рыб, фораминифер, диатомовые водоросли и радиолярии.

Маастрихтский+датский ярусы (ганькинская свита) - это толща глин серых и светло-серых, неслоистых, с характерным не слоистым изломом, в верхней части кремнистых и известковистых; в нижних - пластичных.

Палеогеновая система. Разрез палеогеновых отложений представлен мощной толщей морских водорослей и континентальных осадков, почти не имеющих фауны.

Четвертичная система. По размытой поверхности туртасской свиты залетают отложения четвертичного возраста, представленные в верхней части серыми суглинками; ниже - кварцевыми песками серыми и желтовато-серыми, мелко- и среднезернистыми с большим количеством обломков древесины, содержащими бедный комплекс пыльцы в основном голосеменных и серёжкоцветных. Мощность четвертичных отложений до 35м [9].

Тектоника

Мегионское поднятие расположено в пределах Вартовского свода. На основании тектонической схемы Западно-Сибирской низменности (Тюменское ТГУ), по подошве платформенных мезо-кайнозойских отложений, Вартовский свод с запада отделяется от Обского (Сургутского) свода Ярославским прогибом, а с востока - от Александровского свода Колтогорским прогибом.

В настоящее время на Вартовском своде изучена бурением в основном, его центральная и южная части, где выявлены ряд локальных структур: Локосовская, Северо-Покурская, Нижневартовская, Ватинская, Мегионская, Солкинская, Советская, Медведевская и др.

Мегионское поднятие представляет собой крупную, осложненную небольшими сводами, структуру.

Мегионское месторождение приурочено к трем антиклинальным поднятиям (Южному, Центральному и Северному) ориентированным в северо-западном направлении.

Наиболее значительным по площади являются Южно-Мегионское поднятие, оно характеризуется асимметричным строением с крутым западным и более пологим восточным крыльями. Размеры поднятия 14×9 км.

Центральное поднятие меньше по размерам (6,5 X 3,5км) характеризуется крутым северо-восточным и более пологим юго-западным крыльями.

Третье поднятие, Северное, намечается в районе скважины № 29 и, по-видимому, будем иметь северо-восточное юго-западное простирание. Это поднятие не оконтуривается изогипсами, из-за отсутствия пробуренных скважин и остается не замкнутым.

Все три поднятия отделены друг от друга небольшими прогибами.

Амплитуды поднятий соответственно равны: 30 м, 14 м и 20 м.

На Мегионской структуре (Южное, Центральное и Северное поднятия) наблюдаются совпадения структурных планов по всем стратиграфическим подразделениям и закономерное увеличение углов падения крыльев с глубиной [8].

Территория Вартовского свода характеризуется повышенной геодинамической активностью с высокой трещиноватостью и разломно-блоковым строением. Региональные линеаменты (по геофизическим данным и аэрокосмогеологическим исследованиям) отражают глубинные тектонические разломные структуры, по которым идет подток углеводородов в ловушки [2-7].

Характеристика продуктивных горизонтов

Промышленные запасы нефти Мегионского месторождения установлены в юрских и меловых отложениях: ЮВ₁ (верхняя юра), Б₈ (мегионская свита), А₂ (вартовская свита), А₁³ (алымская свита).

В разрезе месторождения выделены 12 продуктивных пластов: Ю₁³; Ю₁²; Ю₁¹; Б₁₀; Б₈³; Б₈²; Б₈¹; А₂²; А₂¹; А₁³; А₁².

Залежи данных пластов приурочены к двум поднятиям (Южно-Мегионскому и Средне-Мегионскому).

По промыслово-геофизическим данным горизонт ЮВ₁ расчленяется на три пласта, сверху вниз - верхний ЮВ₁¹, средний ЮВ₁² и нижний ЮВ₁³. Эти пласты имеют примерно одинаковую мощность 6-7 м. Верхний пласт ЮВ₁¹ имеет более широкое распространение, присутствует в разрезах всех пробуренных скважин, для пластов ЮВ₁² и ЮВ₁³ характерно частое замещение плотными породами. На Средне-Мегионском поднятии горизонт ЮВ₁ вскрыт двумя скважинами (№31, 598). Одна из них (№ 31) вскрыла водоносную часть, в скважине № 598, пласт интерпретируется нефтенасыщенным до подошвы. Пласт не опробован. Залежь горизонта ЮВ₁ на Южно-Мегионском поднятии вскрыта 19 скважинами на глубине 2445-2470 м. Тип залежи пластово-сводовый, размеры 5,5x4 км, водонефтяной контакт (ВНК) принят на абсолютной отметке, минус 2402 м.

Пласт Б₁₀ вскрыт 26 скважинами, занимает сводовую часть Южно-Мегионского поднятия, наличие нефтеносности предлагается по данным каротажа, характеризуется значительной неоднородностью по площади и мощности. В пяти скважинах (№1; 2; 4; 21; 511) пласт интерпретируется как водоносный, а в остальных нефтенасыщен.

По данным геофизических исследований ВНК принят на отметках минус 2184,0 м. Размеры залежи 10,0 x3,0 км, высота 34 м. Пласт не опробован.

Горизонт БВ₈ представлен песчаниками с прослоями плотных известковых пород и аргиллитов. Горизонт расчленён на три пласта - БВ₈, БВ₈, БВ₈.

Особенности пласта БВ₈³ является значительная его расчленённость и прерывистость. На Средне-Мегионском поднятии пласт Б₈³ замещён глинистыми породами, песчаный разрез преимущественно прослеживается на южном и восточном крыльях Южно-Мегионского поднятия. В разрезе большинства сводовых скважин, либо отсутствует, либо прослеживается в виде чередующихся в соответствии с проницаемостью, меньшей остаточной водонасыщенностью характеризуются породы пласта БВ₈, большей - БВ₈.

В целом лучшие коллекторские свойства имеет средняя, худшие - нижняя часть горизонта БВ₈. По горизонту ЮВ₁ коллекторские свойства изучены только в 6 скважинах по ограниченному количеству анализов. Открытая пористость горизонта изменяется от 10 до 15%. Среднее значение имеет 13,2%. Проницаемость образцов изменяется от долей до 0,03 мкм². Низкие коллекторские свойства согласуются с литологическими особенностями. Так, медианный размер зёрен этих пород в среднем равен 0,08 мм, а отсортированность - 5,8, тогда как в БВ₈ эти значения равны соответственно 0,13 и 1,65 мм. Для более детального изучения коллекторов неоднородного по строению горизонта ЮВ необходимо количество исследованных скважин увеличить в 2-3 раза.

По пласту AB_2^2 открытая пористость большинства пород изменяется в узком диапазоне: более 80% пород характеризуется пористостью от 21% до 25%. Среднее её значение составляет 22,9 %. При этом в нефтеносной части пласта средняя пористость практически такая же, что и в водоносной. По имеющимся анализам кернов на большей части площади пласта AB_2 развиты преимущественно коллекторы III класса, и только на юге, в районе скважин 5436, 512, 520 выделяется участок коллекторов IV класса. Следует отметить, что десятая часть мощности пласта обладает повышенной проницаемостью (от 0,05 до 0,08 мкм²).

Проницаемость в среднем равна 0,0174 мкм², а для нефте- и водоносной частей соответственно 0,0142 и 0,0181 мкм². Остаточная водонасыщенность изменяется обычно от 20 до 50 %, в среднем остаточная вода занимает третью часть порового объёма пород.

Открытая пористость по пласту AB_2^1 исследована по 200 образцам, в нефтеносной части на метр исследованной мощности приходится более четырёх анализов. Величина пористости и её распределение близки к параметрам пласта AB_2^2 .

По проницаемости большая часть пород пласта AB_2 относится к коллекторам III и IV классов. Однако, в отличие от пласта AB_2^2 , коллекторов II класса только 1% (в AB_2^2 их 10%) и десятая часть исследованных образцов имеет проницаемость менее 0,01 мкм² (в AB_2^2 их только 3%). Вследствие этого средняя проницаемость пород пласта AB_2^1 значительно ниже, чем в AB_2^2 , соответственно 0,0118 и 0,0174. Водоносная часть пласта имеет проницаемость (0,069 мкм²) в 2 раза меньшую, чем нефтеносная. Остаточная водонасыщенность пласта AB_2^1 изученная по 45 образцам керна, составила 36,1%. Изучение гранулометрической характеристики пород продуктивных пластов показало, что в горизонте $BВ_8$ породы обычно имеют больше песчаной и меньше глинистой фракций, они лучше отсортированы, медиальных зёрен их больше по сравнению с породами горизонтов AB_{1-2} . Лучшими литологическими свойствами в горизонте $BВ_8$ обладают породы пласта $BВ_8^2$, а в горизонте AB_2 - породы пласта AB_2^2 .

Открытая пористость пород горизонта $BВ_8$ определялась по 2286 образцам керна. Она изменяется обычно от 16 до 26 %, в среднем - 21,1 %. Анализ данных по пористости в отдельных пластах показывает, что пористость пород пласта $BВ_8^2$ несколько выше, чем пласта $BВ_8$, так в пласте $BВ_8$ породы с пористостью от 21 до 23 % составляют 42 %, а в пласте $BВ_8^1$ - 34 %. Пористость пласта $BВ_8^3$ изучена только в семи скважинах, которые расположены в южной и юго-западной частях

Южно-Мегионское поднятие. Четвёртая часть пласта по этим скважинам характеризуется повышенной пористостью, в связи с этим и среднее значение пористости пласта оказывается несколько больше, чем в выше залегающих пластах.

Анализ распределения пород по проницаемости в основных продуктивных пластах горизонта $BВ_8$ показал, что в пласте $BВ_8^1$ более распространены коллекторы IV класса, а в $BВ_8^2$ - III класса. Породы с

пониженной проницаемостью (менее $0,01 \text{ мкм}^2$) занимают 30% пласта БВ_8^1 , а в пласте БВ_8^2 их в 10 раз меньше. Наоборот, коллекторы с более высокой проницаемостью (I-III класса) составляют две трети пласта БВ_8 и только третью часть пласта БВ_8 . В связи с этим, средняя проницаемость пласта БВ_8^2 почти в 2 раза выше, чем пласта БВ_8^1 что объясняется их лучшей гранулометрической характеристикой.

По горизонту БВ_8 проницаемость определена методом восстановления давления по 67 скважинам. Кривые строились в координатах $P-\lg t$, обрабатывались без учёта притока жидкости в скважину после её остановки. Для определения проницаемости брались скважины безводные и с количеством воды в продукции до 15%.

Полученные значения проницаемости изменяются в пределах $0,001-0,917 \text{ мкм}^2$, составляя в среднем $0,259 \text{ мкм}^2$.

По результатам данных анализов керн (30 кернов из шести скважин) пласт БВ_8^3 характеризуется самой низкой проницаемостью ($0,094 \text{ мкм}^2$) по отношению к пластам БВ_8^{1-2} . Учитывая сложное строение пласта БВ_8 , для достоверной характеристики его параметров данных недостаточно.

Остаточная водонасыщенность горизонта БВ_8 исследовалась по 486 образцам из 26 скважин. Основная часть продуктивного горизонта (около 30%) характеризуется содержанием связанной воды от 20 до 40%. Среднее значение - 31%. прослоев слабопроницаемых песчано-алевролитовых и аргиллитовых пород, толщиной $0,8-1 \text{ м}$.

На Мегионском месторождении пласты Б_8^1 и Б_8^2 в разрезе большинства скважин, разделяются глинистой перемычкой толщиной от $0,8$ до $2-3 \text{ м}$. В некоторых скважинах (№19,7,12) пласты сливаются.

Пласт БВ_8^2 присутствует во всех скважинах. Породы - коллекторы пласта БВ_8^2 с наибольшим содержанием песчаников получили своё развитие на Южно-Мегионском и в северной части Средне-Мегионском поднятиях.

Пласты БВ_8^1 и БВ_8^2 имеют литологические отличия. В пласте БВ_8^1 высокие значения песчаности отмечаются в центральной части и на северо-восточном крыле, наибольшая глинизация на западном и северном крыльях Южно-Мегионского поднятия.

Для горизонта БВ_8 характерна, значительная по мощности переходная зона (скв. №510-12 м, скв. № 27-13 м). По абсолютным отметкам подошва переходной зоны опускается до минус 2131 м (скв. №540, 23).

Размеры залежи $14 \times 7 \text{ км}$, высота 63 м . Тип залежи пластово-сводовый. Горизонт БВ_8 на Средне-Мегионском поднятии представлен двумя небольшими залежами. Первая - в районе скважин № 600-603 и вторая - в районе скважин № 595-599.

По данным эксплуатации 4 скважин ВНК принят на отметке - 2119 м . Размеры залежи $2,5 \times 2 \text{ км}$, высота 21 м , тип залежи пластово-сводовый.

На второй залежи в пределах контура нефтеносности пробурено 7 скважин, ВНК принят на отметке - 2120 м , размеры $3,5 \times 2,5 \text{ км}$, высота 22 м , залежь пластово – сводовая [1].

Физико-химические свойства пластовой нефти и газа

Давление насыщения по пластам изменяется незначительно 8-10 МПа; газосодержание не превышает средние значения для пластовых нефтей. Молярная доля метана в пластовой нефти залежи БВ₈ составляет 22,86 %.

Отношение этана к пропану меньше единицы, что является традиционным для большинства западно-сибирских нефтей.

Молекулярная масса пластовой нефти составляет 134. Нефтяной газ достаточно лёгкий. Суммарное количество пропан-бутановой фракции в газе достигает 23,96 %.

Дегазированные нефти пласта АВ₂ средней плотности, маловязкие, смолистые, парафинистые, сернистые, с выходом фракций до 350 °С больше 45%, технологический шифр нефтей пласта АВ₂ – II П₂ Т₁.

Нефти пласта БВ₈ лёгкие, маловязкие, малосмолистые, парафинистые, сернистые с выходом фракций до 350°С больше 45%, технологический шифр нефтей - II П₂ Т₁.

Нефти пласта ЮВ₁ лёгкие, маловязкие, малосмолистые, парафинистые, малосернистые с выходом фракций до 350°С больше 45%, технологический шифр нефтей пласта ЮВ₁ – I П₂ Т₁ [8].

Состояние разработки месторождения

Мегионское нефтяное месторождение эксплуатируется согласно "Проекту разработки Мегионского месторождения", составленному институтом СибНИИНП в 1987 г. (Протокол ЦКР МНП №3 от 16.01.87).

Основными на месторождении являются объекты АВ₁₋₂, БВ₈, и БВ₈.

В настоящее время месторождение находится на стадии падающей добычи. С начала разработки здесь отобрано 54412 тыс. т нефти (проектом предусмотрено 54934,5 тыс. т), что составляет 78,3 % от начальных извлекаемых запасов. Текущий коэффициент нефтеизвлечения - 0,320 (по проекту - 0,325).

В 2006 г. отобрано 7712,1 тыс. т жидкости, проектом предусмотрено добыть 8961,9 тыс. т. обводнённость добываемой продукции 89%, по проекту - 89,2%. Годовая добыча нефти практически соответствует проектной: 880 тыс. т против 893,3 тыс. т. На 2007 г. запланировано добыть 980 тыс.т. нефти, и соответственно, жидкости 8400 тыс. т., за счет ввода новых скважин [1].

Анализ состояния фонда скважин

В настоящее время на месторождении пробурено более 500 скважин, или 91% проектного фонда. Из них 262 добывающих скважин, 42 - нагнетательных, 17 - находящихся в консервации, 53 - в контрольно - пьезометрическом фонде, 66 - ликвидированы.

При анализе работы действующего фонда было отмечено, что 25,4% скважин эксплуатируются с обводнённостью выше 90 %, практически безводный фонд составляет 8,1 %, с обводнённостью до 50 % эксплуатируется 18,7 % скважин. Около 31 % действующих скважин составляет низкодебитный фонд (q_n - до 5 т/сут.).

Распределение действующего фонда скважин по дебитам нефти и обводнённости представлено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение фонда Мегионского месторождения по дебитам нефти и обводнённости

| Дебит нефти, т/сут. | Обводнённость, % | | | | | | | Итого |
|------------------------|------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 0-5 | 5-20 | 20-50 | 50-90 | 90-95 | 95-98 | 98-100 | |
| 0-5 | 3 | 12 | 15 | 24 | 3 | 7 | 0 | 64 |
| 5-10 | 9 | 8 | 12 | 15 | 8 | 3 | 0 | 55 |
| 10-20 | 1 | 8 | 4 | 12 | 12 | 3 | 0 | 40 |
| 20-30 | 0 | 2 | 4 | 6 | 12 | 0 | 0 | 24 |
| 30-40 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 8 |
| 40-50 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 8 |
| 50-60 | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 60-70 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 70-80 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 80-100 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 100-200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Итого | 17 | 33 | 39 | 67 | 40 | 13 | 0 | 209 |

Мегионское нефтяное месторождение введено в эксплуатацию в 1964 году вводом в разработку объекта БВ₈. Месторождение разрабатывалось высокими темпами. Максимальный уровень добычи нефти в объеме 4711 тыс. т был, достигнут уже в 1974 г. С 1974 года наметилась тенденция к снижению добычи жидкости. В 1986 г. вступает в разработку объект АВ₁₋₂, а в 1988 году вводится объект ЮВ₁. Отборы жидкости возрастают, достигая своего максимального уровня в 1991 г. - 6370 тыс.т. Все это происходит на фоне старения и ухудшения технического состояния, ранее вводимых скважин, что вызывает сокращение добывающего фонда скважин. Кроме того, следует отметить, что в настоящее время эксплуатация месторождения усложнена вовлечением в разработку трудно извлекаемых запасов, отбор которых требует новых технологий добычи нефти.

Таким образом, текущее состояние разработки Мегионского месторождения можно считать удовлетворительным. Проведение мероприятий по применению технологических и технических решений, обеспечивающих экологическую безопасность строительства скважин, позволит вовлечь в разработку застойные и тупиковые зоны пластов [1].

Заключение

Для условий Мегионского месторождения эксплуатация всех скважин с производительностью по нефти менее 4 т/сут. не рентабельна. В настоящее время таких скважин в действующем фонде месторождения около 21%. Остановка скважин, обусловленная экономическими критериями, приводит к неоправданному разряжению сетки скважин. Это в свою очередь, препятствует

осуществлению мероприятий по доразведке залежей нефти, регулированию отборов жидкости, внедрению новых методов и технологий, направленных на увеличение нефтеотдачи пластов.

Разбалансирование системы разработки приводит к развитию деструктивных процессов в добыче нефти, сокращению потенциальных извлекаемых запасов, прогрессирующему обводнению скважин, снижению объемов нефтедобычи.

В сложившихся условиях сокращения объемов добычи необходима организация комплексного воздействия на продуктивные пласты с целью оптимизации процессов вытеснения остаточных запасов нефти.

Библиографический список

1. Анализ разработки месторождений ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», ЗАО АЦ «СибИНКОР», 2007.

2. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

3. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

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

5. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.

6. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.

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. Контроль за состоянием разработки. Мегионское месторождение. Тюмень, 2000.

9. Технологическая схема разработки Мегионского месторождения. Тюмень: СибНИИИП, 1964.

Г.Р. Ахтамова

ГБОУ Октябрьский нефтяной колледж им. С.И.Кувыкина, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Россия

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ БОБРИКОВСКОГО ГОРИЗОНТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ИМ. В.С. АФАНАСЬЕВА (БАШКОРТОСТАН)

Статья освещает проблемы разработки нефтяных месторождений и применяемых методов увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов. Основная цель статьи, заключается в подборе методов увеличения нефтеотдачи бобриковского горизонта на основе анализа строения месторождения им. С.И. Афанасьева на территории Республики Башкортостан.

Ключевые слова: нефть и газ, коллекторские свойства, нефтеотдача, скважина, месторождение, отбор, разработка.

G.R. Akhtamova

State Budgetary Educational Institution Oktyabrsky Oil College named after S.I. Kuvykina, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russia

GEOLOGICAL CONDITIONS AND ANALYSIS OF THE STATE OF DEVELOPMENT OF THE BOBRIKOVSKY HORIZON AT THE FIELD NAMED AFTER V.S. AFANASIEVA (BASHKORTOSTAN)

The article highlights the problems of oil field development and applied methods of enhanced oil recovery of productive formations. The main goal of the article is to select methods for enhancing oil recovery from the Bobrikovsky horizon based on an analysis of the structure of the V. S.I. Afanasyev oil deposit on the territory of the Republic of Bashkortostan.

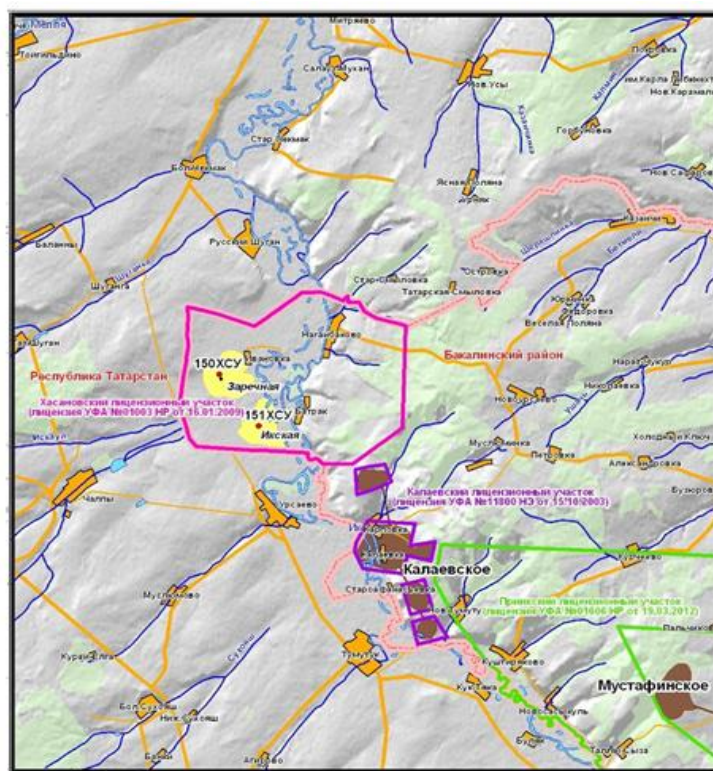
Key words: oil and gas, reservoir properties, oil recovery, well, field, selection, development.

Введение

Разработка нефтегазовых месторождений ведется различными методиками при этом основная цель производимых геолого-технических мероприятий направлены на увеличение темпов отбора и нефтеотдачи продуктивных пластов. Анализ состояния разработки месторождения им. В.С. Афанасьева состоит в геологическом обосновании методов увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов.

В административном отношении (рис. 1) месторождение им. В.С. Афанасьева (Хасановский лицензионный участок) расположено на территории Бакалинского района Республики Башкортостан и граничит с Республикой Татарстан.

В орографическом отношении месторождение располагается на территории Бугульминско-Белебеевской возвышенности, которая представляет собой холмистое плато, расчлененное речными долинами и балками [2].



МАСШТАБ 1:200000

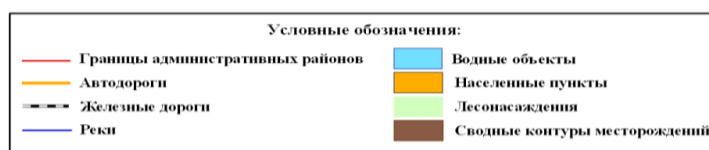


Рис. 1. Административное расположение месторождения им. В.С. Афанасьева

В тектоническом отношении месторождение расположено на северо-восточном склоне Южно-Татарского свода, в пределах внешней юго-западной прибортовой зоны Актаныш-Чишминского некомпенсированного прогиба.

Поверхность архейско-нижнепротерозойского кристаллического фундамента в районе участка характеризуется незначительной глубиной залегания (до 1600 м), что обусловлено приуроченностью этой территории к Южно-Татарскому (рис. 2) кристаллическому массиву. Геоморфологически кристаллическое основание представляет собой достаточно выровненный палеорельеф с региональным погружением в северо-восточном направлении. Хасановский лицензионный участок приурочен к Заречной и Икской структурам [14] и расположен во внешней (позднедевонской) прибортовой зоне Актаныш-Чишминского некомпенсированного прогиба, где существенное влияние на формирование структур, начиная с верхнедевонского карбонатного комплекса, оказали седиментационные процессы [15].

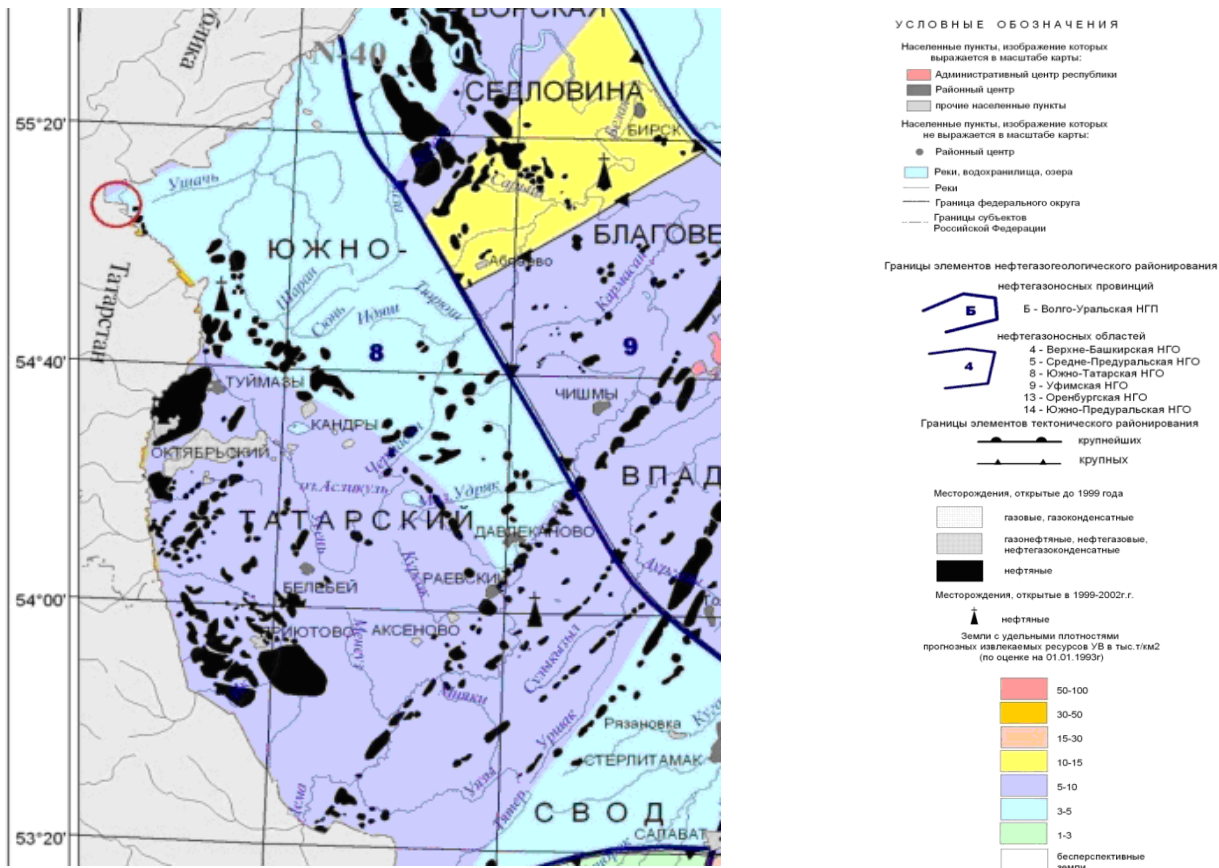


Рис. 2. Местоположение месторождения им. В.С. Афанасьева на карте районирования нефтегазоносности [5]

Представление о геологическом строении района базируется на материалах региональной геологии [19], материалах сейсморазведки МОГТ-2D (метод общей глубинной точки) и данных бурения структурных и поисково-разведочных скважин [1]. По материалам геофизики поверхность фундамента в районе лицензионного участка осложнена двумя структурно-тектоническими линиями, которые прослеживаются в вышележащем девонском терригенном комплексе в виде грабенообразных прогибов [15].

Повышенная геодинамическая активность и трещиноватость пород связанная с глубинными тектоническими нарушениями обеспечивает миграцию углеводородов достаточную для формирования залежей [6-10], по тектоническим нарушениям также могут поступать водные растворы [18].

Промышленно нефтеносными в разрезе месторождения им. В.С. Афанасьева являются терригенные отложения бобриковского горизонта (пласт CVI.1+CVI.2, две залежи) (рис. 3). Залежи нефти пластово - сводового типа. По описанию керна коллектор пласта CVI.2+CVI.2 представлен песчаником серым, с коричневатым оттенком, мелкозернистым, кварцевым, нефтенасыщенным, с прослоями аргиллита.

Залежь 1 вскрыта скв.150ХСУ с нефтенасыщенной толщиной 6,6 м. Залежь 2 установлена скв.151ХСУ с нефтенасыщенной толщиной 3,4 м.

В пласте выделяется до трех пропластков коллектора. Песчаники пласта CVI.1 бобриковского горизонта залегают полосами разной ширины, реже линзами.

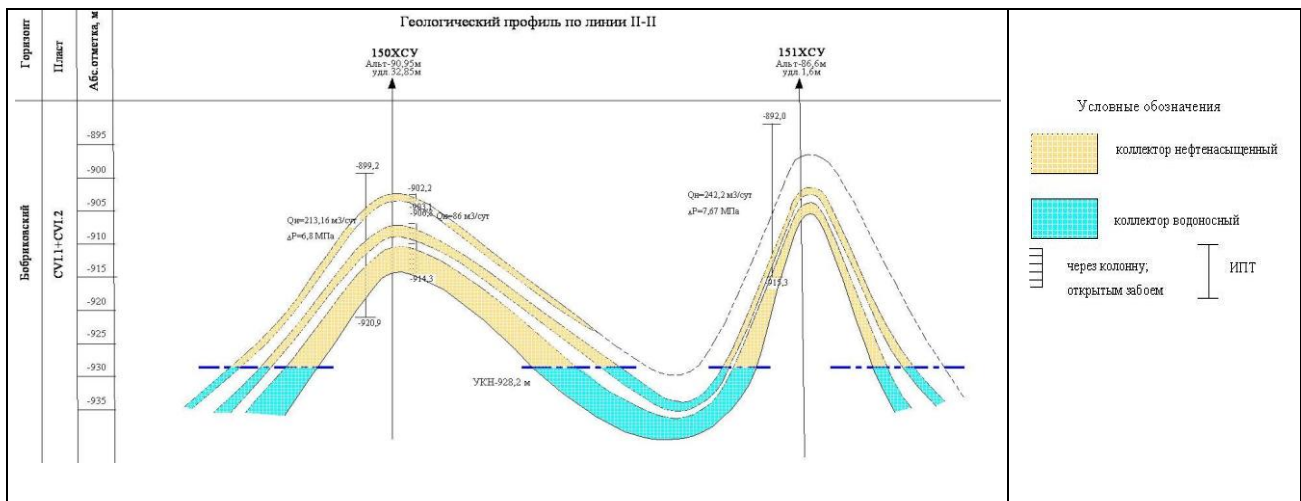


Рис. 3. Поперечный геологический профиль через скважины 150ХСУ и 151ХСУ месторождения им. В.С. Афанасьева

В целом, для Хасановского участка характерно общее соответствие структурных планов терригенных отложений девона и нижнего карбона. По данным бурения максимальная отметка кровли бобриковского горизонта -920 м отмечена в центральной части участка, минимальные отметки -933 и -938 м восточной и юго-восточной частях участка.

По состоянию на 01.01.2014 г на месторождении им. В.С.Афанасьева в фонде месторождения числится две поисково-разведочные скважины [15], 3 ликвидированных скважин (рис. 4) в результате обводненности скважин.

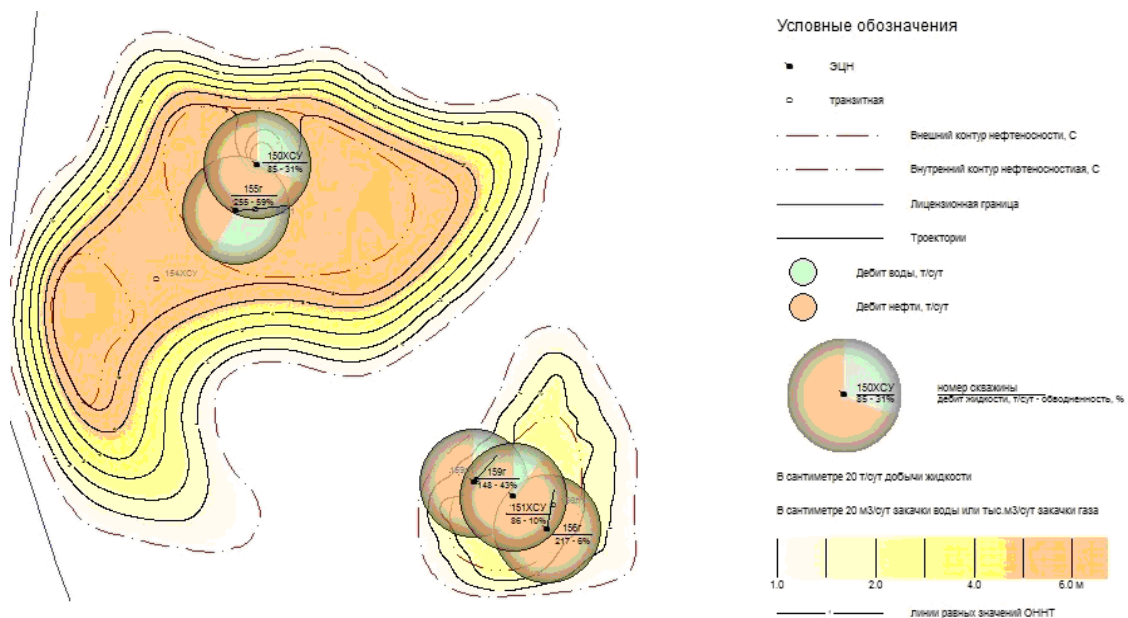


Рис. 4. Карта обводненности месторождения им. В. С. Афанасьева

Нагнетательные скважины на месторождении не пробурены, так как нет необходимости воздействия на пласт путём закачки воды. Связано это с тем, что месторождение новое, пласт работает в естественном режиме. Средневзвешенное пластовое давление по пласту составляет 10,3 МПа. Так как,

месторождение недавно вступило в разработку, и за счет малого количества скважин давление остается высоким.

Из-за плохих коллекторских свойств, пласт работает за счет упругой энергии, так как месторождение разрабатывается недавно. Выработка пласта также зависит от плотности сетки скважин, от пористости 25%, от вязкости нефти 49,41 мПа·с. Чем больше вязкость нефти, тем низкая эффективность нефтеизвлечения.

Основной целью геолого-промыслового контроля за состоянием разработки бобриковского горизонта месторождения им. В. С. Афанасьева является обеспечение максимального отбора нефти из пласта. Методика выделения эффективных толщин по геофизическим данным основана на отличии пород-коллекторов от вмещающих пород - неколлекторов по проницаемости, пористости, глинистости. Для этого необходимо вести непрерывный контроль за работой отдельных скважин и всех залежей в целом [17].

В современных условиях разработки месторождений важнейшей задачей является повышение конечной нефтеотдачи разрабатываемых пластов и сокращение объемов попутно добываемой воды за счет применения эффективных методов воздействия на пласт [13, 16].

На сегодняшний день месторождение им. В.С. Афанасьева находится на начальной стадии разработки. При проектировании геолого-технических мероприятий на месторождении им. В.С.Афанасьева необходимо учитывать особенности строения продуктивного бобриковского горизонта и степень его выработки в различных частях площади для получения максимального эффекта от принятых геолого-технических мероприятий.

При разработке терригенных и карбонатных коллекторов месторождения для совершенствования увеличения нефтеотдачи целесообразно использовать следующие технологии:

- для повышения эффективности разработки месторождения им. В.С. Афанасьева рекомендуется проведение глинокислотной обработки призабойной зоны в добывающих скважинах [5];

- кислотная обработка (КО) скважин связана с подачей на забой под определенным давлением растворов кислот [4];

- силикатно-щелочное воздействие (СЩВ) с внутрипластовым осадкообразованием является одним из базовых химических методов повышения нефтеотдачи [4].

Заключение

На основе проведенного анализа по состоянию разработки бобриковского горизонта месторождения им. В.С. Афанасьева предложены наиболее рациональные методы увеличения нефтеотдачи, для повышения экономической эффективности разработки месторождения, снижения прямых капитальных вложений и максимально возможного использования реинвестиций на весь срок разработки месторождения. При использовании предложенных методов увеличения нефтеотдачи прогнозируется увеличение годовой добычи нефти, а

также при текущих темпах отбора и имеющемся добывающем фонде скважин месторождение будет разрабатываться около 9 лет.

Библиографический список

1. Волго-Камский артезианский бассейн, URL: <http://mineralzemli.ru/2014/10/bez-rubriki-1551/>.
2. Габриэляни Г.С. Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра. 2000. 250 с.
3. Еронин В.А. и др. Поддержание пластового давления на нефтяных месторождениях. М.: Недра. 1973. 353 с.
4. Жданов М.А. Нефтегазопромысловая геология. М.: Недра; 1981. 423 с.
5. Карта районирования нефтегазоносности Республики Башкортостан // Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского. 2010. URL:<http://vsegei.com/ru/info/gisatlas/pfo/bashkortostan/index.php>.
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. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
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. Максимов М.И. Геологические основы разработки нефтяных месторождений. М.: Недра. 1975. 351с.
12. Муравьев В.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. М.: Недра. 1978. 189 с.
13. Ованесов Г.П. и др. Совершенствование разработки нефтяных месторождений. М.: Недра; 1973. 156 с.
14. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов в России. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2011-02/8>
15. Проект пробной эксплуатации месторождения им. В.С. Афанасьева (Хасановский разведочный лицензионный участок). ООО БашНИПИнефть. 2013. 183с
16. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 3. С. 85-90.
17. Сургучев Л.М. Увеличение нефтеотдачи пластов: статус и перспективы // Материалы II Международного научного симпозиума. М.: 2009. С. 62-69.
18. 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.
19. Унифицированная стратиграфическая схема расчленения геологического разреза Республики Башкортостан, URL: https://www2.anrb.ru/%2Fgeol%2FPAPERS%2FK2008%2F03_045_08.pdf.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Проведен анализ известных данных по геологии, технологии отработки и техногенно-минеральным образованиям различных типов эпитеpмальных месторождений золота. Разработана модель полного «жизненного цикла» каждого из известных типов эпитеpмальных месторождений от момента их формирования до процессов техногенеза и, связанного с ними, формирования нового геологического объекта (техногенно-минерального образования).

Ключевые слова: порфирово-эпитеpмальные системы, эпитеpмальные месторождения, техногенно-минеральные образования, техногенез, техногенез, золотосеребряные руды.

V.N. Goldyrev, V.A. Naumov

Natural Science Institute, Perm State University, Perm State, Perm, Russia

FEATURES OF FORMING OF TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS OF DIFFERENT TYPES OF EPITHERMAL GOLD DEPOSITS

The analysis of known data on the Geology, mining technology, and technogenic-mineral formations of various types of epithermal gold deposits is carried out. A model of the complete "life cycle" of each of the known types of epithermal deposits is developed from the moment of their formation to the processes of technogeogenesis and, associated with them, the formation of a new geological object (technogenic-mineral formation).

Keywords: porphyry-epithermal systems, epithermal deposits, technogenic-mineral formations, technogenesis, technogeogenesis, gold-silver ores.

Введение

Мировая практика геологоразведочных работ последних десятилетий в странах Южной Америки (Чили, Перу, Аргентина, Боливия), Европы (Венгрия, Сербия, Болгария), Азии (Узбекистан, Турция), юго-восточной Азии (Филиппины, Папуа – Новая Гвинея, Индонезия) свидетельствует о генетической связи медно-порфировых месторождений с эпитеpмальными золоторудными и золото-серебряными объектами. В вулcano-плутонических поясах эти объекты нередко сопряжены в рудно-магматических системах, часто называемых «порфировыми» или «порфирово-эпитеpмальными» [11].

Порфировые рудообразующие системы способны генерировать разнообразные типы рудной минерализации [18, 23]: собственно порфировый, скарновый, эпитермальный, стратиформный, а также метасоматический, развивающийся по карбонат-содержащим породам (рис. 1). В рудных районах с крупными месторождениями объекты разного глубинного уровня тесно сопряжены в пространстве и во времени. Они образуют закономерные ряды, а их геохимический профиль, как правило, совпадает. Это дает основания рассматривать группы указанных месторождений как части единых рудообразующих систем. Такой особый, приуроченный к вулканоструктурам, тип рудообразующих флюидно-магматических систем назван порфирово-эпитермальными системами [21]. Стоит учесть, что в разных системах экономическая значимость тех или иных типов минерализации в зависимости от конкретных геологических и физико-химических условий может сильно варьировать, вплоть до отсутствия некоторых из этих типов.

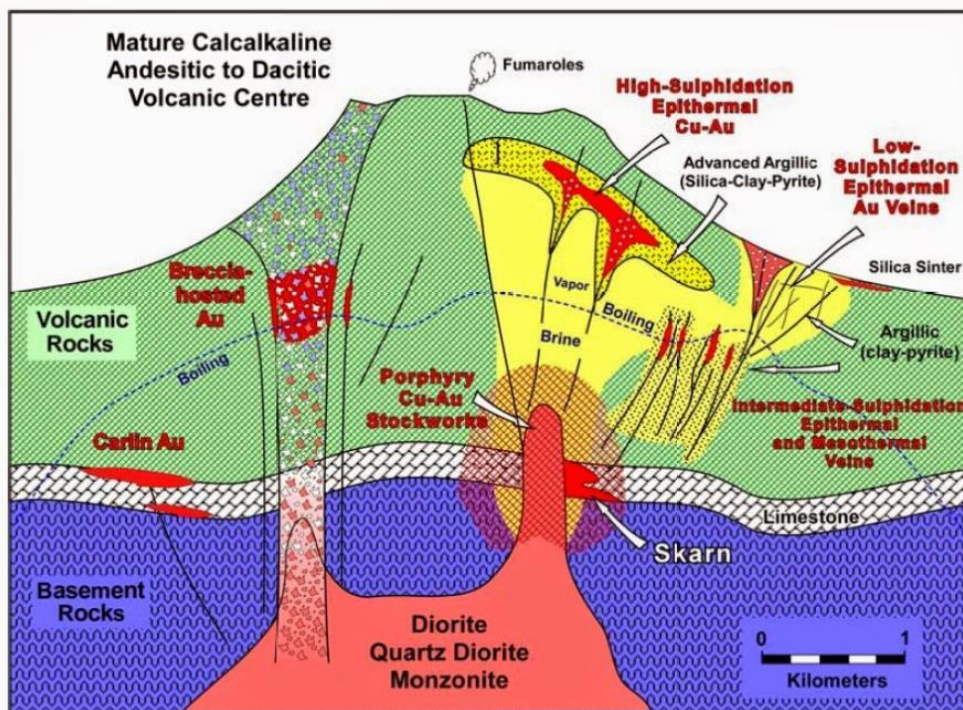


Рис. 1. Место эпитермальных месторождений в порфирово-эпитермальной системе

Эпитермальное семейство месторождений по причине короткой добычной истории, является наименее изученным с точки зрения процессов техногенеза (влияния технической деятельности человека) и техногеогенеза (преобразования техногенных осадков геологическими процессами), но одним из богатейших по ресурсам полезных компонентов.

В связи с накоплением большого количества фактического материала, а также заметным оживлением интереса инвесторов к недрам, к обеспечению своих предприятий разведанными запасами и проведению геологоразведочных работ, в конце XX-начале XXI века началась разработка многочисленных эпитермальных месторождений на Дальнем Востоке России.

Список наиболее известных эпиптермальных месторождений России, на которых начата добыча в это время достаточно большой (год начала добычи): Дукат (1978), Многовершинное (1991), Кубака (1996), Воронцовское (1999), Лунное (2001), Джульетта (2001), Хаканджа (2002), Валунистое (2003), Купол (2005), Ново-Широкинское (2009), Белая Гора (2010), Двойное (2012), Аметистовое (2012), Айнское (2013), Светлое (2013).

Практически все из представленных выше эпиптермальных месторождений по прогнозам недропользователей близки к истощению запасов и окончанию срока эксплуатации рудников даже не в ближайшее десятилетие, а ближайшие годы (прогнозируемый год закрытия рудника): Купол (2022), Светлое (2022), Белая Гора (2023), Омолонская группа месторождений (2024), Лунное (2024), Дукат (2026). На некоторых месторождениях уже закончилась добыча: Хаканджа (2018) [10, 19-20, 22].

В результате их освоения образовался огромный объем техногенно-минеральных образований (ТМО), в которых сохраняется промышленное содержание полезных компонентов. Сформированные ТМО являются основными источником изменения состава окружающей среды, появления повышенных концентраций несвойственных среде элементов и тяжелых металлов, формирования гидроминеральной части ТМО на территории уникальных природных регионов нашей страны. ТМО, сконцентрированные в крупных хвостохранилищах района, рассматриваются многими исследователями как крупные комплексные техногенные месторождения, содержащие значительные запасы полиметаллов, редких и благородных металлов.

Цель работы: на основе известных материалов по изучению геолого-структурного положения, вещественного состава руд, принятой технологии разработки и обогащения руд эпиптермальных месторождения выделить и сравнить особенности формирования (техногенеза) и преобразования вещественного состава осадков (техногеогенеза) для каждого типа эпиптермальных месторождений золота.

1. Классификация эпиптермальных месторождений

В общепринятой классификации [24] эпиптермальные месторождения на основании окислительного состояния серы в гидротермах разделены на два класса: низкосульфидизированный (НС), высокосульфидизированный (ВС). Позднее был выделен еще один класс [16] – промежуточный (ПС).

Второй критерий разделения эпиптермальных месторождений может быть сделан по типу вмещающих пород (рис. 1): вулканитам среднего и кислого состава, обломочным и карбонатным осадкам. Отмечается, что руды могут находиться в жилах, в штокверках или в рассеянном виде, в зависимости от первичной и вторичной проницаемости вмещающих пород. Месторождение может классифицироваться в качестве замещенного, если породы взаимодействовали с достаточно большой долей гидротерм, т.е. кремнезём замещает карбонатные слои (тип Карлин), или большая часть вулканических пород выщелачивается гидротермами (тип Нансатсу). Необходимо подчеркнуть, что вмещающая порода является важным элементом только в

плане её первичной или вторичной проницаемости и тип вмещающих пород не является показательным критерием для выделения эпитермальных месторождений [17].

Таким образом, выделены четыре основных типа эпитермальных месторождений: НС, ПС, ВС, оруденение осадочных пород (ОП).

2. Геологические особенности

В результате анализа отечественной и зарубежной литературы [1-3, 16-18] были выделены основные геологические особенности различных типов эпитермальных месторождений (табл. 1, 2).

Наиболее существенными характеристиками являются породы вмещающие оруденение, основной источник вод флюидов и глубина образования (табл. 1). Именно они определяют приуроченность объекта к определенному типу месторождений.

Таблица 1

Геологические особенности эпитермальных месторождений

| Характеристика | Тип месторождения | | | |
|--|---|--|--|---|
| | НС | ПС | ВС | ОП |
| Породы вмещающие оруденение | Вулканические | Вулканические | Вулканические | Осадочные |
| Основной источник вод флюидов | Метеорные | Метеорные, ювенильные | Ювенильные | Метеорные, ювенильные |
| Глубина формирования | 250-900 | 900-1400 м | до 250 м | 200-900 м |
| Наличие зоны окисления | Обычно | Крайне редко | Часто | Часто |
| Основные типы околорудных изменений | Окварцевание, кварц-адуляр, иллит | Окварцевание, кварц-серицит, иллит | Окварцевание (аргиллизация), пористый остаточный кварц, кварц-алунит | Декарбонизация, доломитизация, окварцевание (джас-пероидизация, аргиллизация) |
| Основные типы минерализации | Жилы, штокверки | Жилы, штокверки, гидр. брекчии | Тела замещения, гидр. брекчии, тела с рассеянной вкрапленной рудой | Тела замещения, гидр. брекчии, тела с рассеянной вкрапленной рудой |
| Основные жильные минералы | Кварц, халцедон, адуляр | Кварц, кальцит, Mn содержащие карбонаты, родонит, адуляр | Кварц, алунит, барит | Кальцит, кварц, альбит |
| Индикаторы состояния сульфидизирования | Пирротин, арсенопирит, высоко-Fe сфалерит | Тэтраэдрит, халькопирит, низко-Fe сфалерит | Энаргит, люцонит, фаматинит | Марказит, пирротин, арсенопиритовой, аурипигмент, реальгар |
| Типичные металлы | Au ± Ag ± Se ± Mo | Ag-Au-Zn-Pb-Mn ± Cu | Au-Ag-Cu ± Bi ± Te | As-Au-Sb-Hg-Tl ± Cu ± Ag |
| Типичные месторождения РФ | Купол, Джульетта, Валунистое | Дукат, Гольцовое, Ново-Широкинское | Белая гора, Светлое, Айнское | Воронцовское, Кючнос, Тас-Юрях |

Таблица 2

Особенности руд эпитермальных месторождений

| Группа характеристик | Характеристика | Тип месторождения | | | |
|----------------------|-----------------------|---|--|---|--|
| | | НС | ПС | ВС | ОП |
| Морфология | Форма рудных тел | Жильные | Жильные | "Шляпа" | Стратиформное |
| | Основные текстуры руд | Полосчатые, фестончатые | Кокардовые, брекчиевые | Пористые, кавернозные, вкрапленные | Массивные, вкрапленные |
| Состав | Рудные формации | Золото-серебрянная, (золото-адуляр-кварцевая) | Золото-полиметаллическая, серебрянно-золотая, свинцово-цинковая, серебрянная | Золото-серебрянная (золото-алунит-кварцевая, вторичных кварцитов) | Золото-сульфидная, золото-мышьяково-сульфидная |
| | Содержание кварца | Высокое (>50%) | Высокое (>50%) | Высокое (>50%) | Среднее (10-50%) |
| | Содержание карбонатов | Низкое (1-5%) | Среднее (5-10%) | Низкое (1-5%) | Высокое (>10%) |
| | Содержание S | Убогосульфидные (до 2%) | Малосульфидные (до 5%) | Умеренносульфидные (5-20%) | Умеренносульфидные (5-20%) |
| | Содержание Au | Высокое (>10 г/т) | Средние (10-3 г/т) | Низкое (3-2 г/т) | Средние (10-3 г/т) |
| | Au/Ag | от 1/10 до 1 | от 1/10 и ниже | от 1/10 до 1 | от 10 и выше |

Характеристики в табл. 2 определяют выбор полезных компонентов и технологию разработки месторождения и первичной подготовки руды к обогащению.

3. Технологические особенности

В результате анализа основных свойств полезного компонента и технологий разработки и обогащения на хорошо изученных эпитермальных месторождениях (рис. 2) различного типа были составлены табл. 3, 4.

Характеристики золота (табл. 3) являются наиболее важными при выборе технологии обогащения руды, а также в совокупности с табл. 2 дают информацию о вещественном составе ТМО горнодобывающего производства и золоте, содержащимся в них.

В табл. 4 продемонстрированы особенности разработки и обогащения руд эпитермальных месторождения. Данные характеристики определяют количество и содержание техногенно-минеральных ресурсов, и следовательно возможность их использования.

Стоит заметить, что эпитермальные месторождения имеют характерное для своего типа распределение золота по формам нахождения – упорность руд зависит от активности серы. Различия в содержании золота и других попутных компонентов в рудах также являются немаловажным свойством каждого типа. Поэтому эпитермальные месторождения определенного типа обогащаются по

схожей схеме. Потери золота и вещественный (в том числе фазовый) состав хвостов будут у них аналогичными.



1 – Воронцовское (ОП), 2 – Березняковское (ВС), 3 – Лугиинское (ПС), 4 – Ново-Широкинское (ПС), 4 – Светлое (ВС), 6 – Многовершинное (НС, ПС), 7 – Белая Гора (ВС), 8 – Купол (НС), 9 – Жильное (НС, ПС), 10 – Валунистое (НС), 11 – Горное (НС), 12 – Айнское (ВС).

Рис. 2. Расположение изучаемых месторождений на физической карте РФ

Таблица 3

Характеристика золота эпитермальных месторождений

| Характеристика | Тип месторождения | | | |
|--|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| | НС | ПС | ВС | ОП |
| Основные свойства | | | | |
| Форма золотин | Уплощенно-правильная, чешуйчатая | Изометричная (сфероидальная) | Крючковатые, извилистые, комковатые | Изометричная |
| Размер (доля золотин минус 0,071 мм) | 98,2% | 100,0% | 95,6% | 100,0% |
| Средняя пробность золота | Средняя (500-900) | Средняя (500-900) | Высокая (>900) | Высокая (>900) |
| Фазовый анализ | | | | |
| Свободные зерна | 32% | 33% | 2% | 19% |
| В открытых сростках | 63% | 44% | 42% | 57% |
| Связанное с сульфидами | 1% | 19% | 32% | 14% |
| Связанное с кислоторастворимыми минералами | 2% | 2% | 13% | 9% |
| Связанное с породообразующими минералами | 1% | 2% | 11% | 1% |

Особенности технологии разработки и обогащения руд эпитеpмальных месторождений

| Характеристика | Тип месторождения | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | НС | ПС | ВС | ОП |
| Основной способ отработки | Открытый | Подземный | Открытый | Открытый |
| Упорность руд | 4% (не упорные) | 23% (слабая- умеренная) | 56% (высокая) | 24% (умеренная) |
| Основная технология обогащения | Чановое выщелачивание± гравитация | Флотация± гравитация | Кучное выщелачивание± гравитация | Чановое выщелачивание± гравитация |
| Извлечение Au | >90% | 75-85% | 65-80% | 75-85% |
| Извлечение Ag | 65-90% | 80-95% | 35-50% | 40-50% |

4. Особенности ТМО

В ходе работ по изучению ТМО эпитеpмальных месторождений [4-9, 12-15] были выделены два типа ТМО: горнодобывающего (отвалы вскрышных пород, рудные склады, их гидроминеральная часть) и обогатительного (хвостохранилища, отвалы кеков, отработанный рудный штабель) производств.

Также были спрогнозированы процессы техногенеза или преобразования минерального состава осадков и химического состава технологических вод. Наиболее важными компонентами в составе руд, влияющими на процессы техногенеза, являются кварц, карбонаты, сульфиды. Их пропорции определяют физико-химические условия в ТМО, от которых зависит скорость реакций, особенности преобразования вещества и концентрации золота.

В табл. 5 приведены основные ТМО горнодобывающего и обогатительного производства эпитеpмальных месторождений, а также их свойства и перспективы дальнейшего использования. В таблице не дается информации о перспективах использования хвостохранилищ, так как все они являются потенциальными техногенными месторождениями.

Заключение

По результатам изучения процессов техногенеза и техногенеза эпитеpмальных месторождений были сделаны следующие выводы:

1. Наиболее важными, влияющими на процессы техногенеза и техногенеза, особенностями различных типов эпитеpмальных месторождений являются форма и глубина образования рудных тел, их состав (содержание кварца, карбонатов, сульфидов, благородных металлов), характеристика золота (морфология, размер, пробность, формы его нахождения). Эти особенности определяют выбор технологии разработки и обогащения руд, которые определяют объем, вещественный состав и перспективы промышленного освоения ТМО.

Основные техногенно-минеральные образования эпитермальных месторождений

| Характеристика | Тип месторождения | | | |
|--|---|--|---|--|
| | НС | ПС | ВС | ОП |
| Отвалы вскрышных пород | | | | |
| Объем | Большой | Маленький | Средний | Большой |
| Перспективность использования | Высокая | Низкая | Низкая | Средняя |
| Причины перспективности | Большой объем, высокие содержания, не упорные | Маленький объем, средние содержания, слабая упорность | Средний объем, бедные содержания, высокая упорность | Большой объем, средние содержания, умеренная упорность |
| Рудные склады | | | | |
| Объем | Средний | Маленький | Большой | Большой |
| Перспективность использования гидроминеральной части | Низкая | Низкая | Высокая | Средняя |
| Причины перспективности | Средний объем, высокие содержания, низкая доля золота в сульфидах | Маленький объем, средние содержания, средняя доля золота в сульфидах | Большой объем, бедные содержания, высокая доля золота в сульфидах, наличие окисленных руд | Большой объем, средние содержания, средняя доля золота в сульфидах, наличие окисленных руд |
| Хвостохранилища | | | | |
| Модель хвостохранилищ | Силикатный | Силикатный (возможен карбонатно-силикатный) | Силикатный | Карбонатный |
| Кислотность | Нейтральные | Нейтральные | Слабокислые | Слабощелочные |
| Теоретические преобладающие формы нахождения Au | Сульфидная, сростки | Сульфидная | Сульфидная, связанная с кислотораств. минералами | Сульфидная, связанная с кислотораств. минералами |
| Содержание Au | Низкие (<0,5 г/т) | Средние (<1,0 г/т) | Средние (<1,0 г/т) | Высокие (>1,0 г/т) |
| Причины содержаний Au | Высокие содержания, высокое извлечение | Средние содержания, среднее извлечение, обычно золото попутный компонент | Бедные содержания, низкое извлечение | Среднее содержания, низкое-среднее извлечение |
| Другие полезные компоненты | Ag | Ag, Zn, Pb, Cu | Cu, Ag | - |

2. Разработаны таблицы, которые являются моделями техногенеза и техногеогенеза для каждого из типов эпитермальных месторождений золота. Прослеживается закономерность – от породы вмещающей (вулканическая или

карбонатная) оруденение и источник вод флюидов определяет дальнейшую техногенную «судьбу» будущего месторождения.

Знание типа эпitherмального месторождения золота уже на этапе геологического изучения недр позволяет прогнозировать процессы техногенеза и техногеогенеза, которые будут возникать при отработке «будущего» месторождения. Уже на ранних стадиях геологических работ возможен прогноз потерь металлов, связанных с разработкой месторождения. Помимо этого, исходя из особенностей ТМО различных типов эпitherмальных месторождений, возможно нахождение наиболее грамотных путей будущего комплексного освоения месторождения и использования возникающих ТМО.

Библиографический список

1. Волков А.В., Сидоров А.А. Экономическое значение эпitherмальных золотосеребряных месторождений // *Вестник РАН*. 2013. Т. 83. № 8. С. 27-37.
2. Волков А.В., Чижова И.А., Алексеев В.Ю. и др. Вариации показателя Au/Ag эпitherмальных месторождений // *Докл. РАН*. 2013. Т. 452. № 1. С. 75–79.
3. Волков А.В. Сидоров А.А. Геолого-генетическая модель месторождений золота Карлинского типа // *Литосфера*. 2016. №6. С. 145-165.
4. Голдырев В.Н. Наумов В.А. Геологический анализ техногенно-минеральных образований Au-Ag эпitherмального месторождения Купол (Чукотский АО) // *Сборник трудов конференции «Наука и инновации - современные концепции» (г. Москва, 22 мая 2020 г.)*. Т. 2. М., 2020. С. 117-133.
5. Голдырев В.Н., Наумов В.А. Техногенно-минеральные образования золоторудного месторождения Воронцовское (Свердловская область) // *Sciences of Europe*. 2020. № 53-3 (53). С. 41-52.
6. Голдырев В.Н. Наумов В.А. Техногенно-минеральные образования Николаевского скарново-полиметаллического месторождения (Приморский край) // *Sciences of Europe*. VOL. 1. № 51 (51). 2020. P. 3-15.
7. Голдырев В.Н., Наумов В.А. Техногенно-минеральные образования Ново-Широкинского Pb-Zn-Ag-Au эпitherмального месторождения (Забайкальский край) // *Sciences of Europe*. 2020. № 53-3 (53). С. 28-40.
8. Голдырев В.Н., Наумов В.А. Техногенно-минеральные ресурсы золоторудного месторождения Воронцовское (Свердловская область). Часть 1. Геологические особенности и техногенез // *Научный обозреватель*. 2020. № 8 (116). С. 37-42.
9. Голдырев В.Н., Наумов В.А. Техногенно-минеральные ресурсы золоторудного месторождения Воронцовское (Свердловская область). Часть 2. Техногенно-минеральные образования, техногеогенез и техногенный рудогенез // *Научный обозреватель*. 2020. № 8 (116). С. 43-53.
10. Государственный доклад «о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации» в 2018 г. М., 2019. 424 с.
11. Звездов В.С. Обстановки формирования крупных и сверхкрупных меднопорфировых месторождений // *Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции*. 2019. С. 171-173.
12. Goldyrev V.N., Naumov V.A. Technogenic-mineral resources "High Sulfidation" of the epithermal CuAu-Ag deposit Chelopech (Bulgaria). Part 1. Geological features and technogenesis // *Science. Education. Practice: proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto), July 8, 2020. Part 2. P. 151-163.*
13. Goldyrev V.N., Naumov V.A. Technogenic-mineral resources "High Sulfidation" of the

epithermal Cu-AuAg deposit Chelopech (Bulgaria). Part 2. Technogenic mineral formations, technogeogenesis and technogenic ore genesis // Science. Education. Practice: proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto), July 8, 2020. Part 2. P. 164-175.

14. Goldyrev V. N., Naumov V. A. *Technogenic-mineral resources Pb-Zn-Ag-Au of the Novo-Shirokinskoye epithermal deposit (Zabaykalsky Krai). Part 1. Geological features and technogenesis // Proceedings of the International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration". Part 2 - Reports in English (August 5, 2020. Beijing, PRC). P. 93-101.*

15. Goldyrev V. N., Naumov V. A. *Technogenic-mineral resources Pb-Zn-Ag-Au of the Novo-Shirokinskoye epithermal deposit (Zabaykalsky Krai). Part 2. Technogenic mineral formations, technogeogenesis and technogenic ore genesis // Proceedings of the International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration". Part 2 - Reports in English (August 5, 2020. Beijing, PRC). P. 102-115.*

16. Hedenquist, J.W., Arribas A., GonzalezUrien E. *Exploration for epithermal gold deposits, Gold in 2000 // SEG Shortcourse, Tahoe, Nevada, 2000. P. 245–277.*

17. Hedenquist J.W., Browne P.R. Allis R.G. *Epithermal gold mineralization. Wairakei, New Zeland. 1988. 169 p.*

18. Hedenquist J.W., Arribas, A.J., Reynolds, J.R. *Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines // Econ. Geol. 1998. Vol. 93. P. 373-404.*

19. Highland Gold Mining Limited [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.russdragmet.ru (дата обращения: 03.11.2020).

20. Kinross Gold Corp. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.kinross.com (дата обращения: 03.11.2020).

21. Kovalenker V.A. *Porphyry-epithermal ore-forming systems: contours of problem // Problems of ore deposits and maximizing the prospecting efficiency. Tashkent: IMR. 2003. P. 148-14.*

22. Polymetall International plc. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.polymetalinternational.com (дата обращения: 03.11.2020).

23. Sillitoe R.H. *Porphyry-copper systems // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. P. 3-41.*

24. White N.C., Hedenquist J.W. *Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration // SEG Newsletter. 1995. V. 23. № 1. P. 9–13.*

А.В. Козлов^{1,2}, А.О. Вотинова^{1,2}, Н.С. Санникова¹, К.А. Равелев^{1,2}

¹Научно-образовательный центр Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений, г. Пермь, Россия

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, kravelev@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ НЕФТЕНАСЫЩЕННОГО ПЛАСТА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В данной работе рассмотрена одна из основных проблем разработки и транспортировки нефти – образование асфальтосмолопарафиновых отложений. Выделены основные геологические и геохимические факторы, влияющие на состав и свойства нефти. Выдвинута гипотеза о том, что с молекулярная масса нефти, содержание в ней смол, асфальтенов и парафинов увеличиваются с глубиной залегания нефтенасыщенного пласта. Для подтверждения выдвинутой гипотезы в работе были проанализированы осложненный фонд добывающих скважин южной группы месторождений Пермского края и содержание в них смол, асфальтенов и парафинов. Помимо этого, проведены лабораторные исследования с целью определения интенсивности образования асфальтосмолопарафиновых отложений на целевых объектах. На основании результатов анализа промысловой информации и лабораторных исследований определено что данная гипотеза корректна.

Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения, глубина залегания пласта, состав нефтей.

A.V. Kozlov^{1,2}, A.O. Votnova^{1,2}, N.S. Sannikova¹, K.A. Ravelev^{1,2}

¹Research and Education Center for Geology and Development of Oil and Gas Fields, Perm, Russia

²Perm Polytechnic University, Perm, Russia

A STUDY OF THE INFLUENCE OF OCCURRENCE DEPTH OF OIL FORMATION, THE INTENSITY OF FORMATION OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS

This paper considers one of the main problems of oil development and transportation – the formation of asphalt-resin-paraffin deposits. The main geological and geochemical factors affecting the composition and properties of oil are highlighted. In this paper, we hypothesize that the molecular weight of oil and the content of resins, asphaltenes and paraffins in it increase with the depth of the oil-saturated reservoir. To confirm this hypothesis, we analyzed the complicated Fund of producing wells in the southern group of Perm Krai deposits and the content of resins, asphaltenes, and paraffins in them. In addition, laboratory studies were conducted to determine the intensity of formation of asphalt-resin-paraffin deposits on target objects. Based on the results of the analysis of fishing information and laboratory studies, it was determined that this hypothesis is correct.

Keywords: asphalt-resin-paraffin deposits, reservoir depth, the composition of oils.

Большинство месторождений на территории Пермского края переходит на поздние стадии разработки. Данный процесс сопровождается увеличением обводненности продукции, снижением забойного и пластового давлений, изменением компонентного состава добываемой продукции и т.д. Переход на поздние стадии разработки также сопровождается увеличением интенсивности образования органических отложений на поверхности поровых каналов в призабойной зоне пласта (ПЗП), внутренних стенках лифтовых колонн нефтедобывающих скважин и наземных трубопроводов. Образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) при добыче и транспортировке углеводородов является одной из наиболее распространённых проблем на территории Пермского края [8]. Данное явление приводит к снижению гидравлического радиуса и, как следствие, повышению давления в колонне лифтовых труб и линейном трубопроводе, что вызывает рост нагрузки на нефтепромысловое оборудование и может быть причиной аварии [11].

На процесс образования АСПО в скважине влияют химический состав, физико-химические свойства и технологические параметры добычи пластового флюида [9]. Увеличение обводненности добываемой продукции или газового фактора способствуют повышению интенсивности образования рассматриваемых отложений, ввиду включения в их объем мелкодисперсных капель воды и пузырьков газа. С увеличением скорости движения флюида по стволу добывающей скважины или трубопроводу темп образования отложений снижается, вследствие «срывания» сформировавшихся на внутренних стенках отложений. Увеличение шероховатости внутренней поверхности лифтовой колонны и линейного трубопровода приводит к возрастанию интенсивности образования АСПО путем создания очагов вихреобразования и, как следствие, замедления потока. Однако, наиболее важными параметрами являются содержание в пластовом флюиде смолисто-асфальтенистых веществ (САВ), закон распределения температуры по стволу добывающей скважины и начальные термобарические условия пласта. Наличие в составе пластового флюида САВ увеличивает интенсивность образования АСПО, однако, их наличие также может оказывать и депрессионный характер, ввиду значительного содержания асфальтеновой фазы. Из-за возможности асфальтенов выступать центрами кристаллизации, органические отложения не выстраиваются в ленточную структуру, кратно увеличивающую их адгезию, а образуют небольшие ассоциаты, неспособные к выделению из потока жидкости [1]. Влияние температуры заключается в способности парафина откладываться лишь при достижении температуры начала кристаллизации парафина (ТНКП), а его массовое выпадение происходит при температуре начала массовой кристаллизации парафина (ТМКП) [5]. Снижение пластового давления ниже давления насыщения нефти попутным нефтяным газом (ПНГ) также является важным фактором образования АСПО. При выделении газа происходит увеличение плотности и вязкости флюида, характеризующие снижение скорости его движения и, тем самым, повышение способности к образованию отложений. В случае наличия низких пластовых температур и давлений данные отложения могут образовываться в ПЗП [3].

При существующих технологиях можно воздействовать на все факторы, наиболее интенсивно влияющие на процесс образования органических отложений, за исключением содержания САВ в пластовом флюиде. С целью корректного прогнозирования интенсивности образования АСПО и подбора необходимых, для наиболее эффективной разработки залежи, мероприятий требуется рассмотреть степень и характер влияния содержания САВ в пластовом флюиде на интенсивность образования органических отложений. Ввиду того, что на данный параметр невозможно воздействовать извне, необходимо определить наличие и степень его зависимости от глубины залегания нефтенасыщенного пласта. Следовательно, необходимо рассмотреть процессы, происходящие при образовании залежей.

На состав и свойства пластовых нефтей влияют геологические и геохимические условия. Под данными условиями понимается изменения давления, температуры, физико-химических свойства воды, пород, газов, наличие микроорганизмов [10].

Под воздействием вышеперечисленных факторов флюид в пластовых условиях претерпевал сложные преобразования с изменением как химического состава, так и физических свойств.

Факторами, влияющими на состав и свойства пластовой нефти, являются:

- возраст отложений;
- глубина залегания пласта-коллектора;
- дифференциация внутри залежи;
- фациально-литологические условия;
- гидрогеологические условия;
- тектонические условия и миграционные процессы;
- содержание газа [4].

С увеличением возраста и глубины наблюдаются следующие изменения углеводородного состава нефтей:

1. Увеличение содержания парафинов, уменьшение нафтенов, а следовательно (при отсутствии значительных изменений в содержании ароматических углеводородов), общее снижение цикличности (для нефтей и бензинов);

2. Увеличение содержания нормальных парафинов за счет изомеров;

3. Увеличение содержания более простых нормальных парафинов за счет более сложных [6, 7].

Изменение состава нефтей в зависимости от возраста и глубины залегания почти одинаковы.

Дифференциация нефти заключается в закономерном изменении состава и свойств в пределах одной залежи. Так, плотность нефти увеличивается от кровли к подошве и по падению пласта. Причиной данного факта может быть гравитационное разделение. Оно заключается в том, что тяжёлые компоненты скапливаются в нижних частях залежи, а лёгкие - в верхних. Влияние фациально-литологических условий на свойства нефти обусловлено адсорбционными, каталитическими и реакционными свойствами пород-

коллекторов нефти. Воздействие также оказывают и гидрогеологические условия. Пластовая вода окисляет нефть за счёт содержания сульфатов в растворённом виде. Наиболее интенсивно данный процесс происходит в трещиноватых породах, где обеспечивается циркуляция воды. Боковая миграция во время образования залежи может обеспечивать быстрое движение лёгкой нефти, что приводит к изменению свойств залежи по простиранию. Газ может находиться в пределах пласта как в свободном виде (газовая шапка), так и в растворённом в нефти и пластовой воде. Увеличение содержания газа ведёт к уменьшению вязкости и плотности нефти.

Рассмотренные факторы влияют на содержание САВ комплексно, и вклад каждого оценить невозможно. Наиболее рационально установить распределение состава и свойств нефти возможно при анализе изменения физико-химических свойств нефти по глубине от залежи к залежи. В данной работе рассматривается гипотеза об увеличении молекулярной массы нефти, содержания в ней парафинов, смол и асфальтенов с глубиной залегания.

Для подтверждения данной теории был проанализирован осложненный фонд добывающих скважин южной группы месторождений Пермского края. На основании анализа осложненного фонда было выбрано одно из крупных месторождений на территории юга Пермского края – месторождение «N». На основании геолого-физической характеристики данного месторождения составлена табл. 1, отражающая основные свойства рассматриваемых объектов разработки.

Таблица 1

Свойства рассматриваемых объектов разработки

| Свойства | Объекты | | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| | КВ1 | В3-В4 | Бш | Тл-Бб | Т | Д |
| Средняя глубина залегания | 1060 | 1080 | 1160 | 1510 | 1550 | 2100 |
| Тип залежи | пласт. свод. | пласт. свод. | пласт. массивн. | пласт. свод. | пласт. массивн. | пласт. свод. |
| Тип коллектора | карб. | карб. | карб. | терриген. | карб. | терриген. |
| Пористость | 16 | 16 | 14 | 20 | 11 | 19 |
| Проницаемость по ГДИ | 0.066 | 0.115 | 0.17 | 0.31 | 0.178 | 0.075 |

Так же, по результатам анализа данного месторождения, была построена гистограмма, представленная на рис. 1. В данной гистограмме отражается процент скважин, выделенных для каждого разрабатываемого объекта, включенных в осложненный фонд добычи по причине интенсивного образования АСПО.

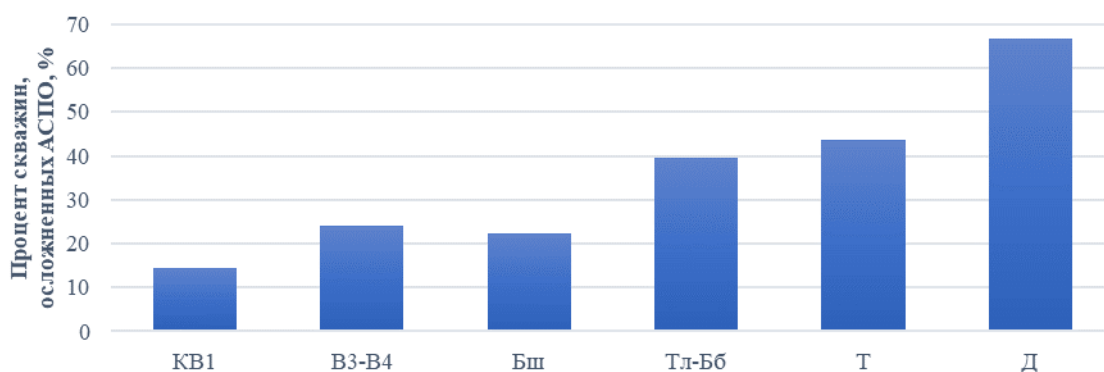


Рис. 1. Доля скважин, осложненных АСПО на разрабатываемых объектах месторождения «N»

На диаграмме отражается тенденция к увеличению доли скважин, в которых образование АСПО является основной проблемой при разработке, добыче и транспортировке добываемого флюида, с глубиной залегания продуктивного пласта. Также стоит отметить, что при составлении данной гистограммы не учитывались скважины, разрабатывающие нестандартные комбинации пластов или пропластков. Однако, данные приведенной выше гистограммы могут оказаться ошибочными ввиду некорректности выборки и неравномерного распределения добывающих скважин на данных объектах разработки. Для дальнейшего рассмотрения заявленного утверждения была проведена оценка результатов лабораторных исследований, целью которых являлось определение содержания в пластовом флюиде асфальтенов, смол и парафинов (рис. 2). Причем, ввиду невозможности отбора проб с множества точек в пределах одной залежи свойства пластового флюида принимаются идентичными в каждой точке каждой залежи.

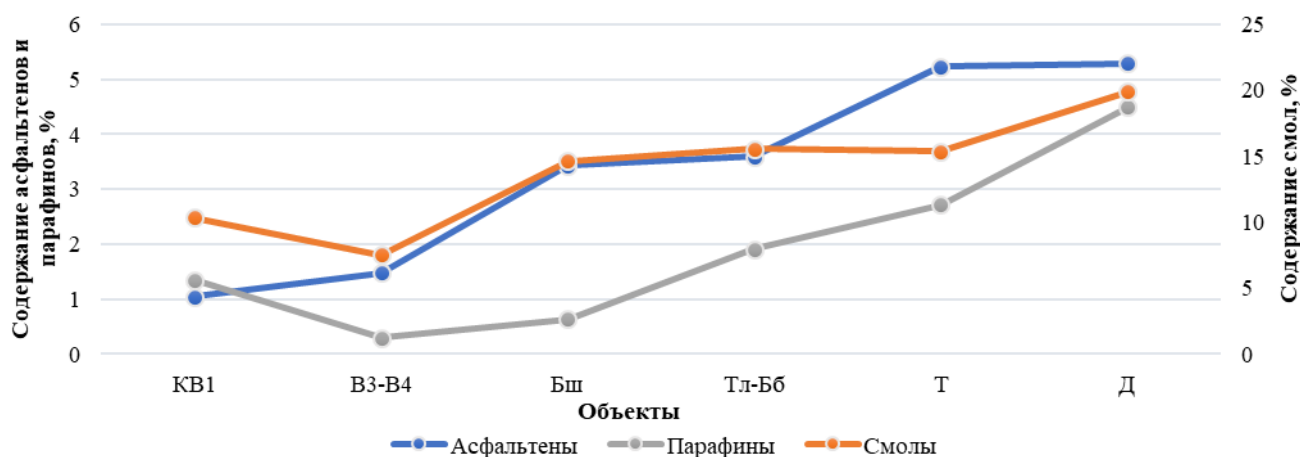


Рис. 2. Содержание асфальтенов, смол и парафинов в разрабатываемых объектах месторождения «N»

Анализируя данный график, можно отметить тенденцию увеличения процентного содержания тяжелых компонентов нефти с увеличением глубины залегания разрабатываемых объектов. Так при рассмотрении кривой

содержания асфальтенов в пластовом флюиде от ее начала (объект «КВ1») до ее окончания (объект «Д») происходит увеличение данного параметра в 5,0 раза.

Однако, на рис. 2 можно заметить некую несогласованность роста процентного содержания парафинов и смол на объекте «В3-В4» и парафинов на «Бш». Также при детальном рассмотрении диаграммы на рисунке 1, можно отметить незначительное снижение процентного количества осложненных образованием органических отложений скважин на объекте «Бш». Данный факт может быть объяснен тем, что в разрезе рассматриваемого месторождения наблюдается аномалия нормального распределения свойств и состава флюида. Также возможно, что данные несогласованности объясняются некорректными результатами определения содержания асфальтенов, смол и парафинов в нефти, ошибочным включением/исключением добывающих скважин из осложненного фонда или неравномерным распределением этих скважин по объектам разработки. С целью определения причин появления несогласованности были отобраны пробы пластовой жидкости на добывающих скважинах, эксплуатирующих рассматриваемые объекты разработки, для проведения лабораторных исследований. Изменение характера и скорости образования органических отложений принято оценивать по величине интенсивности их образования.

С целью определения интенсивности образования АСПО на каждом из рассматриваемых объектов были проведены лабораторные исследования на установке «Холодного стержня» CF-4, представленной на рис. 3.

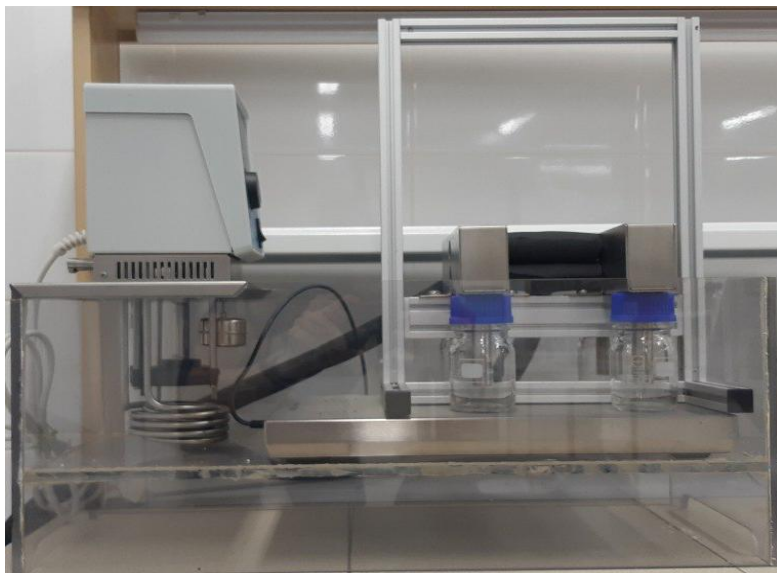


Рис. 3 – Лабораторная установка «Холодный стержень» CF-4

Лабораторные исследования проводились по методике, представленной в работе [2]. При проведении лабораторных исследований величина интенсивности оценивалась по выражению 1 и представляла собой отношение масс образовавшихся отложений и исследуемого флюида.

$$И = \frac{m_{отл}}{m_{пробы}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где $m_{отл}$ — масса образовавшихся отложений, г; $m_{пробы}$ — масса исследуемой пробы, г.

При проведении лабораторных исследований одновременно использовались 4 стержня на установке «Холодного стержня», что способствует предотвращению искажения получаемых результатов и минимизации получаемых погрешностей. Результаты проведения лабораторных исследований представлены на рис. 4.

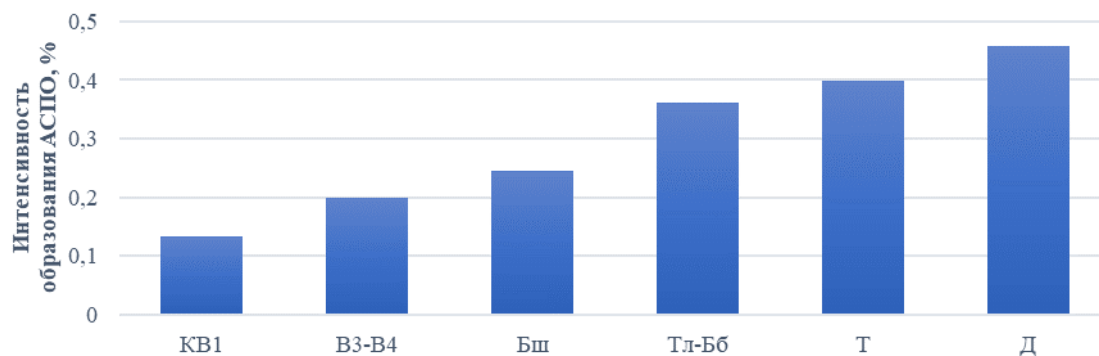


Рис. 4. Результаты проведения лабораторных исследований

На основании результатов лабораторных исследований можно заключить, что существует стабильная тенденция роста интенсивности образования органических отложений с увеличением глубины залегания продуктивного пласта. Причем, можно отметить значительный рост интенсивности в диапазоне от объекта «Бш» до «Тл-Бб», что объясняется значительным ростом средней глубины залегания данных объектов.

На рис. 5 представлены примеры холодных стержней до и после проведения приведенных лабораторных исследований.

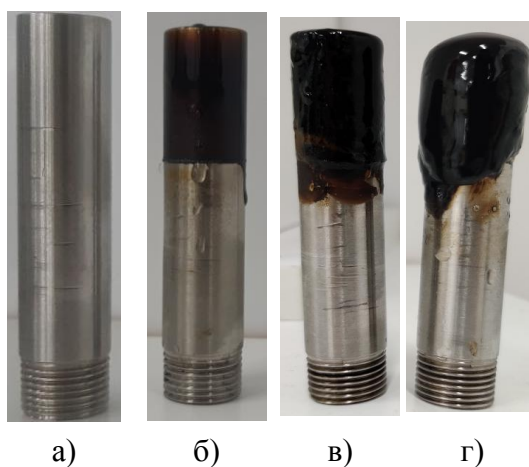


Рис. 5. Результаты исследования нефтей на установке «Холодный стержень»: а) «холодный» стержень до проведения исследования; б) объект KB1 после проведения исследования; в) объект Бш после проведения исследования; г) объект Т после проведения исследования

На данных фотографиях отчетливо видно, что объем отложений на поверхности «холодных» стержней значительно возрастает при сравнении образцов, полученных при исследовании нефтей с объектов «КВ1», «БШ» и «Т».

В данной работе подтверждается наличие прямой зависимости между глубиной залегания объекта разработки и интенсивностью образования АСПО. Данный факт является корректным и подтверждается не только результатами анализа промысловых данных, статистического анализа, но и результатами лабораторных исследований. Данная зависимость может позволить корректно подбирать и прогнозировать необходимые геолого-технические мероприятия как на разрабатываемых месторождениях, включающих в разработку новые объекты, так и на новых месторождениях.

Библиографический список

1. Аксёнов А.В. Анализ методов борьбы с асфальто-смолисто-парафиновыми отложениями (АСПО) на стенках НКТ и оборудования // 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. Т. 2. Томск, 2016. Т. 2. С. 819-821.

2. Вяткин К.А., Козлов А.В. Изучение влияющих на интенсивность парафинообразования факторов в лабораторных условиях // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2019. Т. 1. С. 96-98.

3. Коробов Г.Ю., Рогачев М.К. Предупреждение образования асфальтосмолопарафиновых отложений в системе "пласт-скважина" // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 163-170.

4. Леворсен А. И. Геология нефти: Пер. с англ. Гостоптехиздат, 1958.

5. Ляпин А.Ю., Астахов А.В., Михалёв Ю.П. Исследование температуры кристаллизации парафинов в нефти с целью уменьшения образования асфальтосмолопарафиновых отложений // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Т. 7. № 6. С. 28-35

6. Радченко О.А., Успенский В.А. Об основах классификации органического вещества сапропелевого типа (в аспекте проблемы нефтеобразования) // Докл. АН СССР, 1972, Т. 207, № 4, с. 962-965

7. Успенский В.Л. Классификация рассеянного органического вещества пород под углом зрения диагностики нефтематеринских отложений // Материалы методич. совещ. работников научно-исслед. лабор. геол.-разв. организ. Л.: ВНИГРИ. 1957. С. 229-249

8. Устькачкинцев Е.Н., Мелехин С.В. Определение эффективности методов предупреждения асфальтосмолопарафиновых отложений / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. 2016. Т. 15. № 18.

9. Huang Z. et al. The effect of operating temperatures on wax deposition // Energy & Fuels. 2011. Т. 25. № 11. С. 5180-5188.

10. Ribulleau A., Baudin F., Deconinc J.-F., Derenne S., Largeau C., Tribovillard N. Depositional conditions and organic matter preservation pathways in an epicontinental environment: the Upper Jurassic Kashpir Oil Shales (Volga Basin, Russia) // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 2003, v. 197, p. 171-197.

11. Sousa A.L., Matos H. A., Guerreiro L.P. Preventing and removing wax deposition inside vertical wells: a review // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2019. Т. 9. № 3. С. 2091-2107.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЖУКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (БАШКИРСКИЙ СВОД)

В статье рассматриваются геологическое строение северной части Башкирского свода в пределах Пермского Приуралья на Жуковской площади в связи с нефтегазоносностью. Рассмотрены региональные структурно-тектонические условия территории. Приводится характеристика локальных положительных структур. Всего на Жуковской площади пробурено 54 глубоких поисковых и разведочных скважин. Изучено 28 локальных положительных структур, из которых 14 поднятий оказались продуктивными и вошли в состав 7 месторождений нефти (Судановское, Трифоновское, Камышловское, Одиновское, Павловское, Новосеминское, Пospelовское).

Ключевые слова: месторождения нефти, тектоника, локальные положительные структуры, поисковые и разведочные скважины, Башкирский свод, Пермский край

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

GEOLOGICAL STRUCTURE OF ZHUKOVSKY SQUARE (BASHKIRSKY ARCH)

The article discusses the geological structure of the northern part of the Bashkir arch within the Perm Urals on the Zhukovskaya area in connection with the oil and gas content. The regional structural-tectonic conditions of the territory are considered. The characteristic of local positive structures is given. A total of 54 deep prospecting and exploration wells have been drilled in the Zhukovskaya area. 28 local positive structures were studied, of which 14 uplifts turned out to be productive and were included in the composition of 7 oil fields (Sudanovskoe, Trifonovskoe, Kamyshlovskoe, Odinovskoe, Pavlovskoe, Novoseminskoe, Pospelovskoe).

Key words: oil fields, tectonics, local positive structures, prospecting and exploratory wells, Bashkir arch, Perm Territory.

Введение

Территория Жуковской площади (Жуковский лицензионный участок) является высокоперспективной нефтегазоносной территорией. В административном отношении находится на юго-востоке Пермского края, в Чернушинском (западная половина) и в Октябрьском (восточная половина) районах, в 40 км к востоку от районного центра г. Чернушка. В геологическом отношении территория изучена достаточно хорошо, она охвачена среднемасштабными геологической, структурно-геологической, гидрогеологической съемками, комплексом геофизических и аэрокосмогеологических исследований, структурно-геологическим бурением.

Бурение глубоких поисковых скважин на Жуковской площади было начато в 1985 г. Чернушинским УБР. В настоящее время пробурено 54 скважины (34 поисковых и 20 разведочных) общим метражом 110 383 м. Всего на Жуковской площади было разбурено 28 структур, 24 структуры подтвердились, 6 из них оказались непродуктивными. 4 структуры дали непромышленные скопления нефти. 14 поднятий оказались продуктивными и вошли в состав месторождений нефти: 5 (Судановское, Мосягинское, Анастасьинское, Евдокимовское, Гординское) – в Судановское, 1 (Ново-Атерское) – в Трифоновское, 1 (Западно-Камышловское) – в Камышловское, 2 (Южно-Одиновское, Северо-Одиновское) – в Одиновское, 2 (Самсоновское, Труновское) – в Павловское, 2 (Новосеминское, Борниельское) – в Новосеминское, 1 (Мало-Атерское) – в Поспеловское. Отчет о результатах поисково-разведочного бурения на Жуковской площади составлен сотрудниками ООО «ПермНИПИнефть» при участии АО КамНИИКИГС. Автор статьи был ответственным исполнителем геологического отчета [11].

Региональные структурно-тектонические условия

В региональном тектоническом плане Жуковская площадь расположена в восточной части Восточно-Европейской (Русской) платформы, в пределах Волго-Уральской антеклизы, в северной части Башкирского свода. Западная половина площади охватывает приосевую часть свода, включает северо-восточную часть Чернушинской валообразной зоны. Восточная половина площади находится на восточном склоне Башкирского свода, на участке между этой зоной и Дороховским валом (рис. 1).

В строении верхней части земной коры выделено несколько структурных комплексов. Наиболее древней структурной поверхностью является глубоко эродированная поверхность дорифейского фундамента. Представления о ее строении основаны на геологической интерпретации данных геофизических исследований. Они отражены в схемах различных авторов (Проворов, Новоселицкий, 1978ф; Жуков, 1980ф, 1985ф; Кассин, 1978ф, 1985ф; Шершнева, Кассин, 1990ф и др.).

Современный рельеф дорифейского фундамента территории является резко расчлененным, строение его определяется развитием рифтовых зон (авлакогенов) и выступов. По поверхности кристаллического фундамента рассматриваемая территория находится в пограничной зоне между Калтасинским авлакогеном (где ей соответствуют восточный – Чернушинский ступенчатый склон авлакогена) и Кунгурско-Красноуфимским выступом. Согласно геофизическим данным, в центральной части площади наблюдается разлом фундамента северо-западного простирания (юго-западное крыло опущено на 1-1,5 км) который делит территорию условно на две части. В западной части происходит погружение фундамента на север от отметок -7,0 до -9,0 км, где выделяется грабен. В восточной части фундамент моноклинально погружается с северо-востока на юго-запад от отметок -4,0 до -7,0 км (Кассин, 1985ф; Жуков и др., 1980ф, 1985ф).

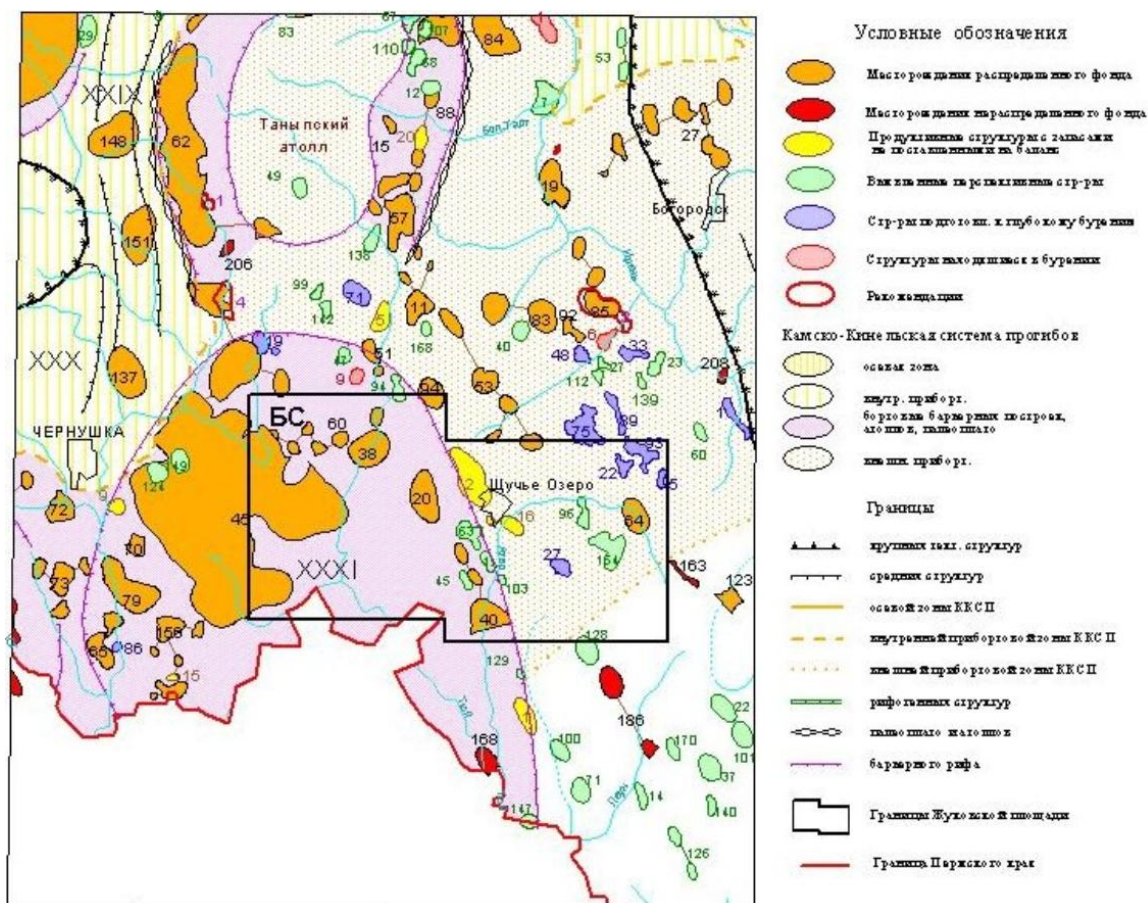


Рис. 1. Обзорная тектоническая схема (по материалам ООО ПермНИПИнефть) [17]

На карте рельефа поверхности дорифейского фундамента (Шершнева, Кассин, 1990ф) показано погружение фундамента до -11,0 км. В целом, кристаллический фундамент характеризуется сложным блоковым строением, в различной степени влияющим на структуру осадочного чехла.

Осадочный чехол на площади работ представлен рифейскими, вендскими, верхнепалеозойскими и кайнозойскими отложениями. Толщина его изменяется от 4 до 10 км в соответствии с глубиной залегания поверхности фундамента. Неоднократно повторявшиеся в ходе геологического развития территории подвижки тех или иных блоков фундамента, изменявшие палеогеографические и палеофациальные обстановки, условия осадконакопления, характер залегания ранее сформировавшихся толщ, предопределили появление в разрезе осадочного чехла ряда обособленных структурных этажей и ярусов. В разрезе описываемой территории выделяется четыре структурных этажа: рифейский, вендский, палеозойский и кайнозойский (Неганов и др., 2000ф; Хурсик и др., 2007ф) [19].

На эродированной поверхности фундамента с угловым и стратиграфическим несогласием залегают верхнепротерозойские (рифейские) терригенные и карбонатные образования, которые составляют значительную часть осадочного чехла, толщина их достигает 7-8 км. Рифейские отложения в значительной степени нивелируют резко расчлененный рельеф поверхности кристаллического фундамента. По карте рельефа поверхности рифейского

комплекса (Шершнева и др., 1990ф) поверхность рифейских отложений на рассматриваемой территории находится на отметках минус 2000 - 2250 м с общим погружением на северо-восток. В скв. 4 Щучьеозерской площади рифей вскрыт на глубине 2201 м (абс. отм. -2008,3 м). Результаты современной сейсморазведки свидетельствуют о том, что поверхность рифейских отложений осложнена многочисленными небольшими малоамплитудными поднятиями, прогибами, мульдами (Жданов и др., 1995ф; Винокурова и др., 2000ф, 2002ф).

Вендский структурный этаж представлен только верхним вендом, породы которого перекрывают рифейские отложения со значительным стратиграфическим и местами угловым несогласием. Толщина вендского терригенного комплекса 120-150 м. По данным сейсморазведки, вендские отложения залегают на абсолютных отметках минус 1800-1950 м. По данным глубокого бурения в скважинах Жуковской площади поверхность венда отмечается на отметках от -1814,4 м (скв. 538) до -1928,4 м (скв. 548). В плане строения вендского структурного этажа территория расположена в зоне субширотной Шумовско-Чернушинской седловины (Жуков и др., 1980ф), которая в вышележащих горизонтах осадочного чехла не прослеживается. В строении венда начинают проявляться крупные платформенные структуры или их фрагменты, в т.ч. Башкирский свод, а также некоторые более мелкие структурные элементы, получившие отражение и дальнейшее развитие в строении терригенной толщи верхнего девона. Вендскими отложениями унаследован также ряд структурных форм рифея, однако конфигурация, размеры, амплитуды и местоположение этих форм несколько видоизменяются.

Палеозойский структурный этаж – главный объект в осадочном чехле. С ним связаны все выявленные промышленные скопления нефти. На площади исследований этаж подразделяется на пять структурных ярусов.

Эйфельско-нижнефранский структурный ярус трансгрессивно перекрывает эродированную поверхность вендского комплекса. Палеозойский разрез начинается девонскими терригенными отложениями с довольно выдержанной толщиной (40-60 м). В их объеме выделяются породы тиманского, пашийского и живетского возрастов.

По наиболее изученной опорной поверхности нижней части палеозоя - кровле терригенной пачки тиманского горизонта (ОГ III), которая в основных чертах повторяет структурный план вендского комплекса установлено общее погружение с юго-запада, от абсолютных отметок -1825 на север до отметок минус 1900 м и северо-восток до отметок -1955 м. Детали строения площади показаны на структурной карте по кровле терригенной пачки тиманского горизонта (рис. 2).

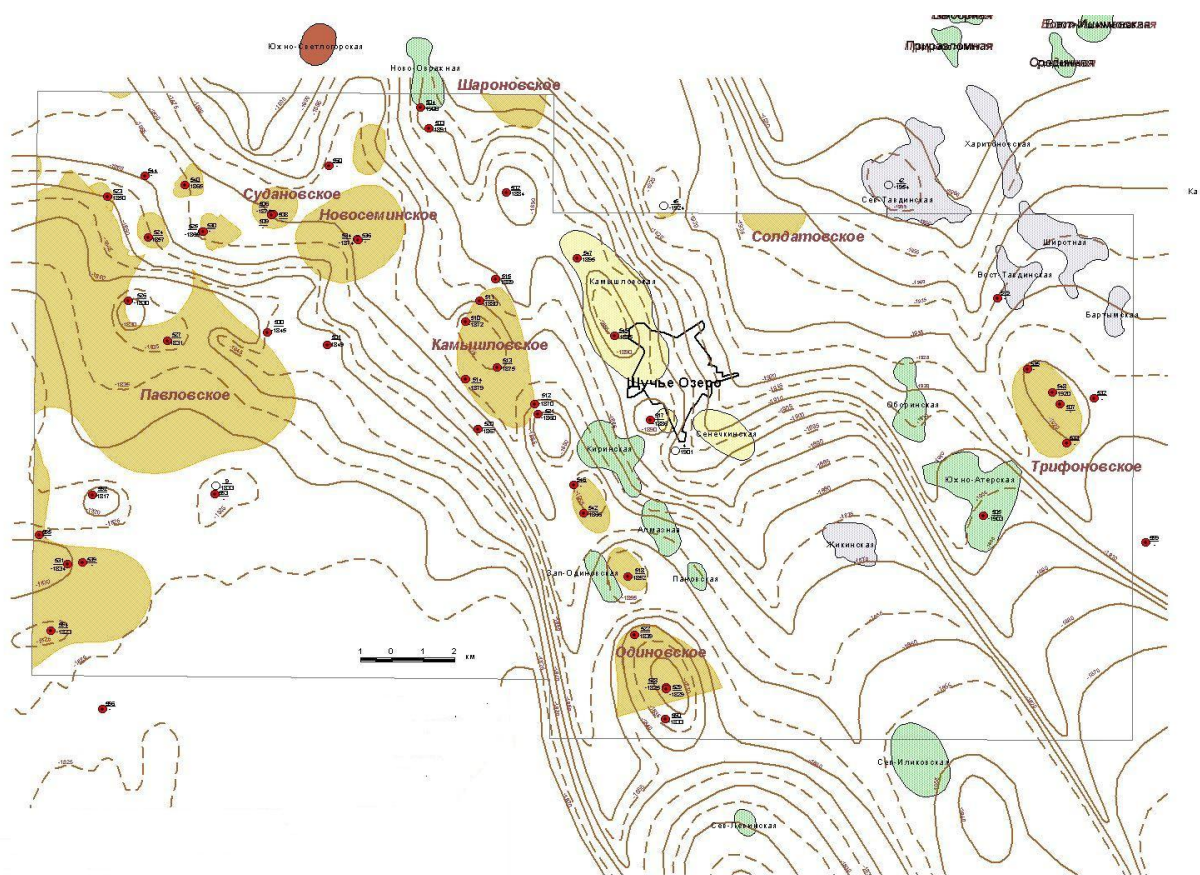


Рис. 2. Структурная карта по кровле терригенных отложений тиманского горизонта ОГ III (уменьшение с масштаба 1:50 000)

Из крупных структурных элементов находит отражение восточная часть Чернушинской валообразной зоны (по отметкам -1850) – в западной части площади. Моноклиальное погружение кровли терригенной пачки тиманского горизонта осложнено системой малоамплитудных структурных мысов субмеридионального простирания, разделенных пологими флексурами и структурными заливами. Особенно они проявляются в восточной части площади, где также проявляется ступенчатое строение этой поверхности, а тектонические ступени имеют северо-западную ориентировку (Ильиных и др., 1996ф, 1998ф; Голдырева и др., 1999ф). Сейсморазведкой и данными поисково-разведочного бурения по ОГ III установлено, что осевые зоны структурных мысов и их склоны иногда осложнены локальными куполовидными поднятиями, а в осевых зонах структурных заливов выявлены неглубокие замкнутые мульды. Локальные поднятия имеют плановые размеры от 1,7x0,25км (Тюйская структура) - 2,0x1,0км (Нижнегригорьевская структура) до 4,0x2,0 км (Южно-Одиновская структура) – 6,0x3,5 км (Западно-Тураевская). Амплитуды оцениваются от менее 5м до 15м.

Отложения терригенного девона на изучаемой территории представляют поисковый интерес, так как на Одиновском (Южно-Одиновская структура) и Камышловском (Зап-Камышловская структура) месторождениях, открыты залежи нефти в пласте До, на нескольких структурах, расположенных в пределах площади, отмечены обильные нефтепроявления в пласте Д₁.

В строении верхнедевонско-турнейского структурного яруса проявляются основные черты тектоники живетско-нижнефранской осадочной толщи, однако строение яруса значительно усложняется. В позднедевонскую эпоху, начиная с конца франского века, доминирующими процессами на описываемой территории становятся рифообразующие и седиментационные. За счёт широкого развития процессов рифообразования, произошла резкая перестройка структурного плана. Существовавшие ранее пологие структурные формы по периферии усиливаются мощными рифогенными постройками, разделёнными системой некомпенсированных впадин, рукавов, протоков. В строении яруса участвуют также многочисленные шельфовые биогермы и клиноформы (Хурсик и др., 2007ф). Произошло формирование сложного расчлененного рельефа, покрывающего биогермные массивы отложений, в том числе и над отдельными биогермными постройками вблизи бортовой зоны. Ядром всех рассматриваемых локальных поднятий являются рифогенные образования позднедевонского возраста, над которыми в вышележащих горизонтах палеозоя сформировались структуры облекания, обычно постепенно затухающие (нивелирующиеся) вверх по разрезу (Сулима и др., 2005ф) [22, 24]. На одних участках под рифогенным ядром в плане девонских терригенных отложений установлены замкнутые структурные положительные формы с максимальными амплитудами до 15 м. На других участках контрастным поднятиям по карбону в плане ОГ III (кровля терригенного девона) соответствуют локальные структурные выступы, либо такого соответствия не наблюдается ввиду моноклиналиного залегания слоев или даже локальных понижений поверхности терригенного девона. Согласно данным глубокого бурения и сейсморазведки (Клестов и др., 1988ф) в подавляющем большинстве случаев наблюдается двухъярусное строение позднедевонских биогермов. Это связано с двухэтапным рифообразованием, максимумы которого приходились на конец позднефранского и начало среднефаменского времени. Облекание биогермных ядер, в основном, начиналось с позднефаменского времени, о чем свидетельствуют результаты биостратиграфических исследований (Сташкова и др., 1997ф).

Основной маркирующей поверхностью, отражающей перестройку структурного плана терригенного девона в результате позднедевонско-турнейского рифообразования, является отражающий горизонт II^к, отождествленный с кровлей тульских терригенных отложений. Данная поверхность имеет наиболее сложный и расчлененный вид (рис. 3).

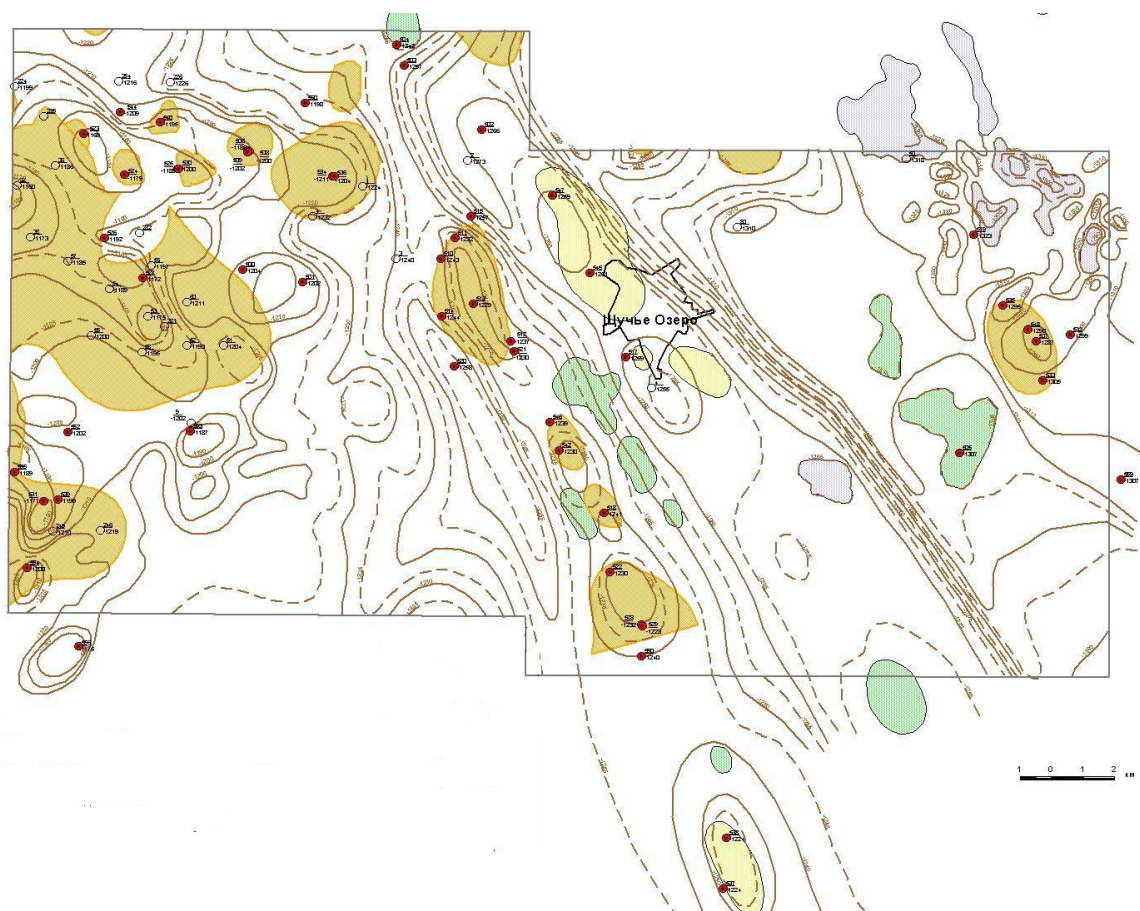


Рис. 3. Структурная карта по кровле тульских терригенных отложений ОГ II к (уменьшение с масштаба 1:50 000)

В региональном плане наблюдается восточное и северо-восточное погружение слоев в сторону Предуральяского прогиба, причем это погружение имеет ступенчатый характер. Основными и наиболее характерными структурными формами, определяющими общий план района (как и в целом по горизонтам палеозоя), являются тектонические ступени, разделенными узкими линейными прогибами северо-западного простирания. Морфологию рельефа поверхности тульских терригенных отложений определяют структуры облекания биогермных построек позднедевонского возраста. Вместе с тем, сохраняются, а иногда даже усиливаются по сравнению со структурным планом по ОГ III, такие структурные элементы Жуковской площади, как зона Камышловских и Одиновских поднятий. Склоновые части структур облекания рифогенных массивов имеют уступообразный вид и выделяются по сгущению изогипс. Происходит обособление Чернушинской валообразной зоны.

На структурном плане по кровле тульских терригенных отложений довольно отчетливо выделяется восточный склон Чернушинской валообразной зоны в виде уступа. Здесь, в интервале изогипс -1250 – -1260 м наблюдается переход от расчлененного рельефа к уступообразному слабонаклоненному в восточном и северо-восточном направлении. В восточной половине площади исследований отчетливо выделяется восточный ступенчатый склон Башкирского свода.

Тектонические ступени по результатам аэрокосмогеологических исследований масштаба 1:25 000-1:500 000 (Пономарева и др., 1985ф; Гацков и др., 1990ф; Ильиных и др., 1996ф, 1998ф; Копылов, 2004ф, 2007ф) [2-16] отображены в ландшафте земной поверхности морфоструктурными зонами. В границах исследуемой территории выделено 4 морфоструктурные зоны (или псевдовалы). С запада на восток выделены: Марьевская, Тесякская или Атерская, Иликовская, Адилевская и далее за пределами площади – Токаревская, Дороховская др. Морфоструктурные зоны вытянуты в северо-западном направлении, ширина их колеблется от 3 км до 12 км. Протяжённость морфоструктурных зон не установлена, т.к. прослеживаются за границы площади исследований (некоторые из них прослежены на расстояния более 100 км).

Морфоструктурные зоны разграничены линейно вытянутыми согласно северо-западного простирания узкими микродепрессиями или линейными мобильными зонами (ЛМЗ), соответствующими в осадочном чехле грабенообразным прогибам или микрограбенам. Длина микродепрессий соответствует длине морфоструктурных зон, ширина микродепрессий составляет 1,1-3,0 км. Микрограбены представляют собой отрицательные линейные деформации в осадочном чехле, по которым происходит ступенчатое понижение поверхностей опорных горизонтов палеозоя в северо-восточном направлении на фоне общего регионального погружения палеозойской толщи в сторону Предуралья прогиба. Тектонические ступени и разделяющие их линейные депрессионные зоны (микрограбены) изучены сейсморазведкой и бурением на Дороховском полигоне, где было установлено, что на многих участках депрессионные зоны сопровождаются разрывными нарушениями в толще девона. Амплитуда микрограбенов в горизонтах девона и карбона составила 20-30 м. Морфоструктурные зоны тектонических ступеней осложнены двумя, реже одной, субпараллельными ЛМЗ северо-западного простирания, которые отражают узкие зоны увеличенной трещиноватости пород осадочного чехла. Протяжённость ЛМЗ обычно соответствует длине морфоструктурных зон или несколько короче. Ширина линейных мобильных зон обычно не превышает 1-2 км. Для ЛМЗ характерна повышенная плотность линеаментов, отражающая повышенную геодинамическую активность.

Локальные поднятия Чернушинской валообразной зоны, относящиеся к площади исследований, сосредоточены в ее центральной части на западе и севере площади исследований (группы структур Павловского, Судановского, Новосеминского месторождений), и в восточной присклонной части этой зоны (группы структур Камышловского и Одиновского месторождений). Локальные поднятия в восточной половине площади исследований приурочены к восточному ступенчатому склону Башкирского свода и группируются цепочками северо-западного простирания в соответствии с направлениями тектонических ступеней и на слабонаклонных и слабосрачлененных поверхностях. Эти структуры являются нефтеперспективными. На Камышловской и Сенечкинской установлены обильные нефтепроявления, на Ново-Атерской и Мало-Атерской открыты Трифоновское и Пospelовское

месторождения нефти. Также выделяются неглубокие (5-9 м) мульдовидные понижения округлой и изометричной формы.

В строении визейско-верхнекаменноугольного структурного яруса основные изменения связаны с тем, что роль ККСП в структурообразовании ослабевает. Она постепенно теряет свои очертания вверх по разрезу, а структуры облекания позднедевонских рифогенных построек выполаживаются. В строении яруса хорошо выражены крупные тектонические элементы – Чернушинская валообразная зона, а также восточный ступенчатый склон Башкирского свода. Сохраняются практически все локальные структуры. Характерной особенностью строения яруса являются ранневизейские речные палеодолины, врезанные в карбонатные породы турнейского яруса. При заполнении их глинисто-песчаными осадками в нижне-средневизейское время образовались геологические тела, получившие название визейские «врезы», по которым в дальнейшем осуществлялась миграция углеводородов (Пахомов, 1980; Ваксман, 1984; Хурсик и др., 2007ф) [18-23].

Большая часть локальных структур на структурной карте кровли башкирского яруса и соответствующего ей ОГ I (рис. 4) прослежена без заметных плановых смещений относительно строения тульской поверхности (Голдырева и др., 1997ф).

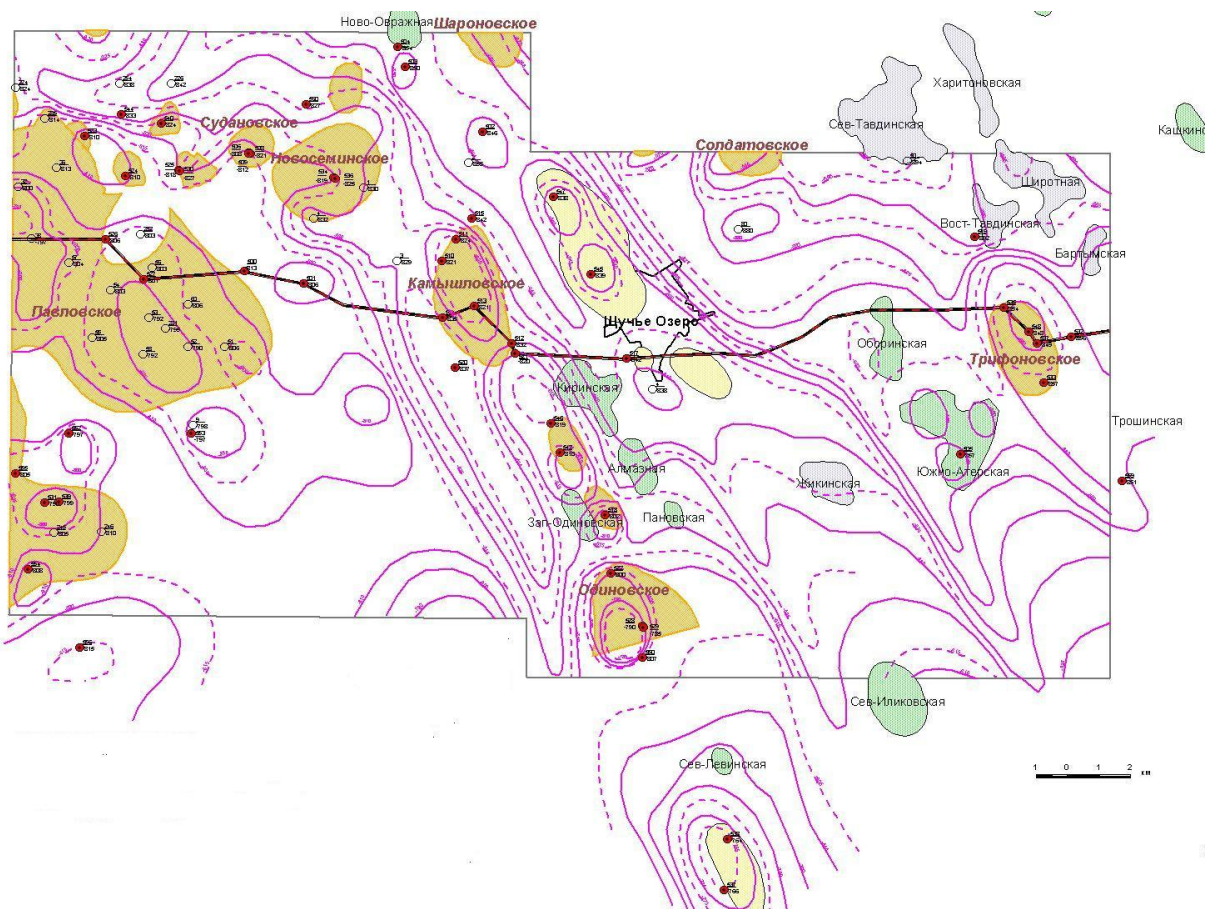


Рис. 4. Структурная карта по кровле отложений башкирского яруса ОГ I п (уменьшение с масштаба 1:50 000)

Значительные перестройки в региональном плане отмечаются в нижнепермском структурном ярусе. В платформенной части Пермского Приуралья наиболее важными структурными преобразованиями можно считать обособление краевых впадин: Висимской и Бымско-Кунгурской, дооформление Камского свода и Верхнекамской впадины, возникновение крупного Уфимского выступа («Уфимское плато»). На рассматриваемой территории расформировалась Чернушинская валообразная зона. В структурных планах маркирующих горизонтов унаследовано абсолютное большинство локальных поднятий, выделявшихся в подстилающих отложениях.

По результатам структурного бурения и обобщающих исследований (Голдырева и др., 1997ф), с уточнениями более поздними работами (Никитин и др., 1999ф, 2000ф; Шаварин и др., 2003ф; Абалмасова и др., 2004ф) построена структурная карта по кровле тюйской пачки иренского горизонта (P_{1tu}) и НГК сакмарского яруса (P_{1s}) (рис. 5).

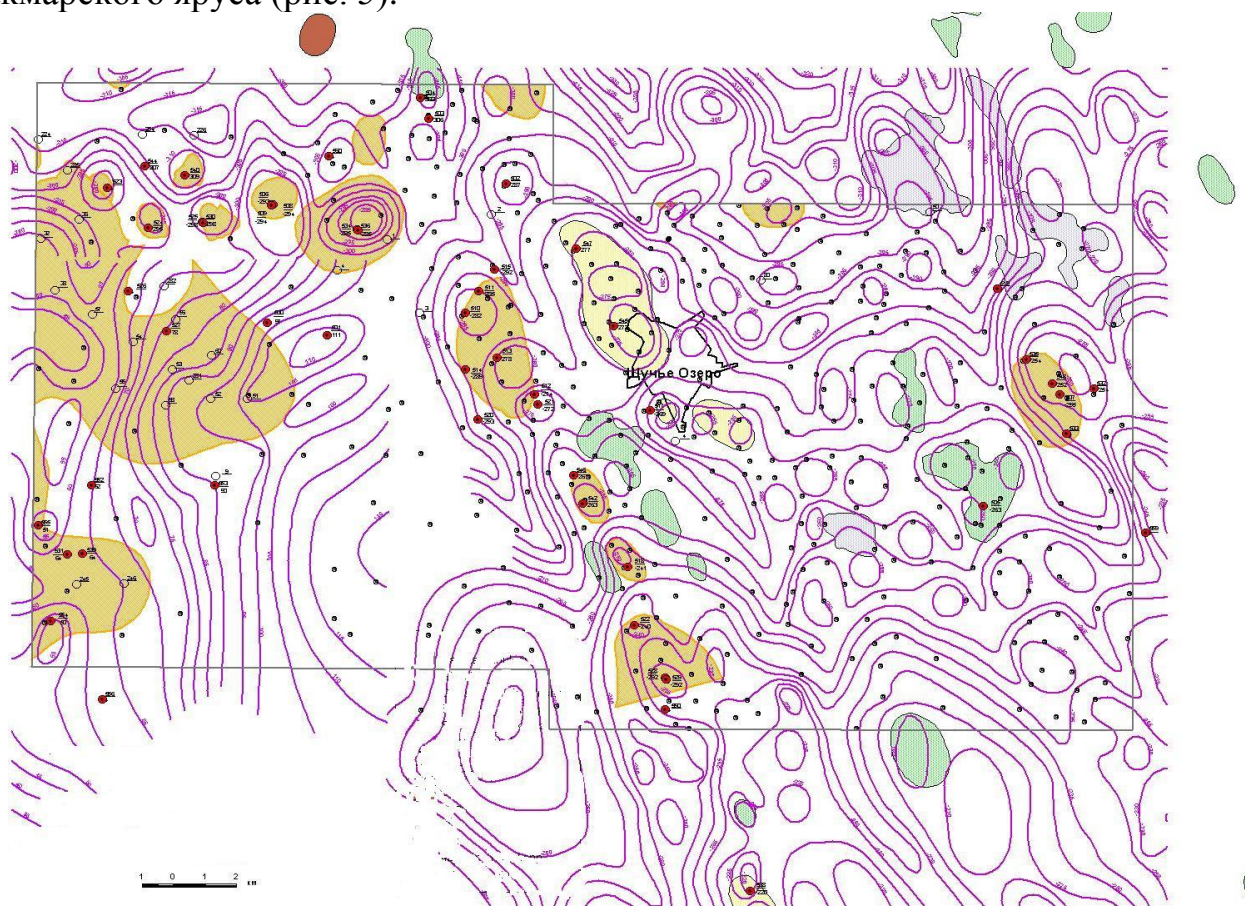


Рис. 5. Структурная карта по кровле тюйской пачки иренского горизонта (P_{1tu}) и НГК сакмарского яруса (P_{1s}) (уменьшение с масштаба 1:50 000)

Восточная часть площади характеризуется общим плановым погружением поверхности по кровле тюйской пачки в восточном направлении от отметок -50-60 до -110-120. Довольно четко выделяется ряд локальных структур (Тюйская, Юринская, Жуковская), иногда со смещением в плане относительно нижележащих маркирующих горизонтов. Некоторые структуры выражены приподнятым залеганием, значительная часть – моноклиальным залеганием. С другой стороны, выделяются некоторые малоамплитудные

поднятия, которые в нижележащих маркирующих горизонтах не прослеживаются.

Детали строения ниже- и среднекаменноугольных опорных поверхностей на восточном склоне Башкирского склона сохраняются и по реперу НГК P_{1s} . Выделяются все вышеописанные тектонические ступени и разделяющие их линейные прогибы. Их глубина уменьшается до 5-20 м. в некоторых случаях отмечается плановое смещение осевых частей прогибов относительно их положения в толще карбона. Локальные структуры, выявленные по реперу НГК P_{1s} в целом, на Жуковской площади представлены в виде цепочек или групп изометричных или слабо вытянутых куполов с амплитудами 3-5, редко более 10 м. Они служили надежными объектами для поисково-разведочного бурения на нефть и газ в центральной, северной и восточной частях площади (Овражная, Западно-Камышловская, Северо-Камышловская, Камышловская, Сенечкинская, Южно-Одиновская, Северо-Одиновская, Одиновская, Западно-Тураевская, Ново-Атерская, Южно-Атерская структуры).

Региональный план самого верхнего в пределах Жуковской площади верхнепермско-триасового структурного яруса (который выделяется только в западной половине площади) отличается сменой направления падения слоёв: если породы нижележащих структурных ярусов палеозоя характеризуются общим падением пластов на восток, то в верхнепермско-триасовом структурном ярусе оно меняется на западное. В региональном плане яруса наблюдается практически полное сливание в единый крупный элемент Башкирского и Пермского сводов и Уфимского выступа (Хурсик и др., 2007ф). На структурных картах по кровле артинского и кунгурского ярусов (Ширинкина и др., 1987ф) на месте Башкирского свода закартирована слабо дислоцированная моноклиналь, воздымающаяся к востоку.

Разрывные нарушения в пределах Жуковской площади закартированы по данным сейсморазведки, в основном в толще венда и терригенного девона. Большая часть закартированных нарушений может рассматриваться как, сбросы ограничивающие борта отрезков микрограбенов шириной от 0,5 до 1,0 км, протяженность выявленных отрезков от 1,5 до 3,5 км (Ильиных и др., 1998ф). В приосевой части Башкирского свода выделены два отрезка микрограбенов, вблизи западной границы площади: один – восточнее района Новотруновской структуры, ориентирован на северо-северо-восток, другой – западнее Самсоновской структуры в нижнем карбоне (Жданов и др., 1995ф). По данным детализационной сейсморазведки 3D (Винокурова и др., 2000ф) установлены тектоническое нарушение в западных крыльях Ново-Атерской и Мало-Атерской структур в венде, девоне и нижнем карбоне. По кровле башкирского яруса оно прослеживается на Мало-Атерской структуре.

Локальные структуры Жуковской площади

В пределах Жуковской площади было подготовлено сейсморазведкой и структурным бурением 28 локальных структур (рис. 6). Практически все они (за исключением Новотруновской структуры) подтверждены поисково-

разведочным бурением. По характеру образования большинство структур относится к комбинированному тектоно-седиментационному типу.

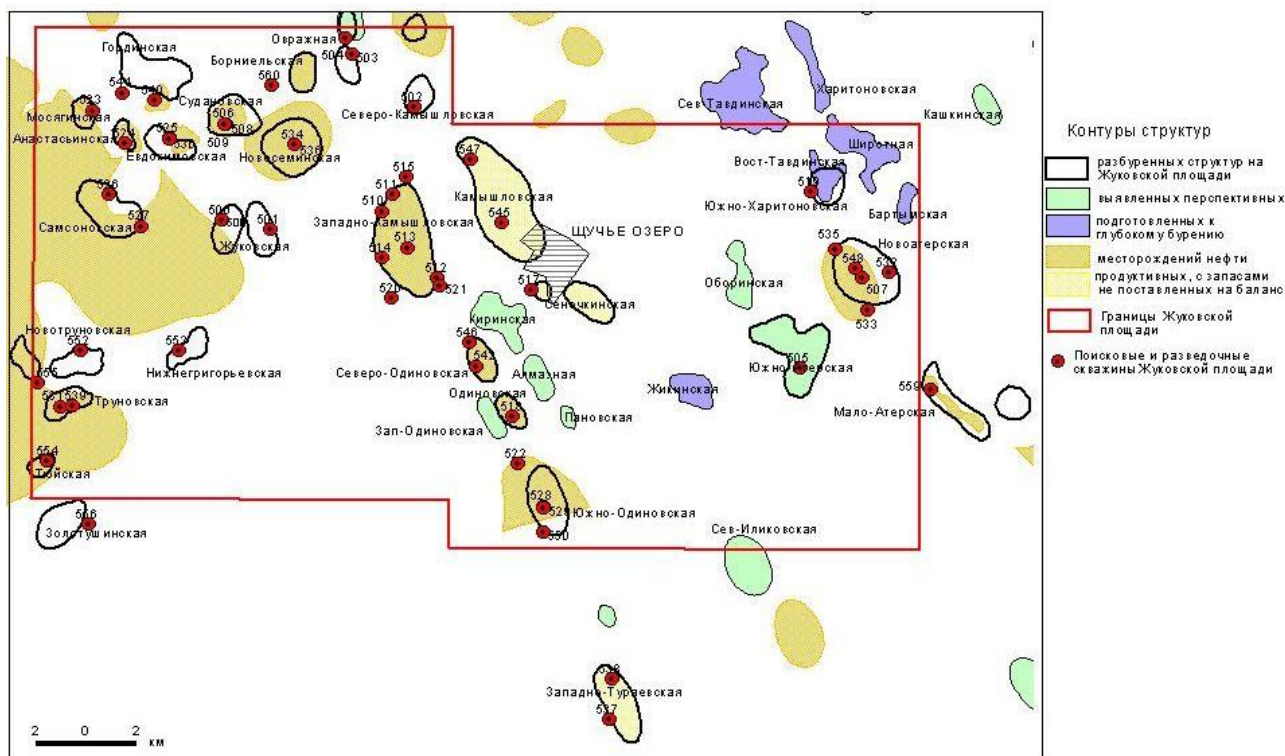


Рис. 6. Схема изученных локальных структур Жуковской площади

По своей тектонической приуроченности к крупным и средним (II порядка) структурным элементам и по положению относительно главной нефтегазоконтролирующей структуры Пермского края – Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) локальные поднятия Жуковской площади сгруппированы следующим образом.

1). Приосевая часть Башкирского свода (область бортовых барьерных построек, атоллов, палеоплато), Чернушинская валообразная зона: Самсоновская, Труновская, Жуковская, Новотруновская, Ниже-Григорьевская, Тюйская, Юринская, Золотушинская, Анастасьинская, Гординка, Евдокимовская, Мосягинская, Судановская, Борниельская, Новосеминская, Овражная, Северо-Камышловская, Западно-Камышловская, Южно-Одиновская, Северо, Одиновская, Одиновская, Западно-Тураевская.

2). Восточный склон Башкирского свода (внешняя прибортовая зона между Чернушинской валообразной зоной и Дороховским валом): Камышловская, Сенечкинская, Ново-Атерская, Южно-Атерская, Южно-Харитоновская, Мало-Атерская.

Кроме того, выявлен и подготовлен еще ряд структур. В 1 группе: Западно-Одиновская, Кириновская, Алмазная, Пановская. Во 2 группе: Оборинская, Восточно-Тавдинская, Широкая, Бартымская и др.

Основные характеристики локальных структур Жуковской площади приведены в табл. 1. Ниже приведено краткое описание структур.

Основные характеристики структур Жуковской площади

| Название структуры | Отражающий горизонт, марк. кровля | Оконтуривающая изогипса, м | Размеры структуры, км | Амплитуда, м | Генезис структуры |
|---------------------------|---|----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Самсоновская | К (P ₁ kg _{tu}) | моноклираль | | - | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | приподнятое залегание | | - | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1180 | 1,6x0,75 | 10 | |
| | III (D ₃ tm) | -1835 | 2,5x1,5 | 5 | |
| Труновская | К (P ₁ kg _{tu}) | приподнятое залегание | | - | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -800 | 0,5x0,5 | 4 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1190 | 1,5x0,75 | 13 | |
| | III (D ₃ tm) | локальное понижение | | | |
| Жуковская | К (P ₁ kg _{tu}) | +100 | 4,5x3,5 | 10 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -760 | 2,5x2,2 | 20 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1210 | 1,8x1,0 | 9 | |
| | III (D ₃ tm) | -1225 | 3,6x2,5 | 30 | |
| Новотруновская | К (P ₁ kg _{tu}) | моноклираль | | - | структура не подтверждается |
| | I ^{II} (C2b) | -800 | 0,75x0,75 | 3 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | локальное понижение | | - | |
| | III (D ₃ tm) | структурный мыс | | - | |
| Ниже-Григорьевская | К (P ₁ kg _{tu}) | моноклираль | | - | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -800 | 2,5x1,5 | 5 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1200 | 2,0x0,7 | 18 | |
| | III (D ₃ tm) | -1825 | 2,0x1,0 | 11 | |
| Тюйская | К (P ₁ kg _{tu}) | +50 | 1,2x0,8 | 1 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -810 | 1,5x0,8 | 2 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1220 | 1,5x0,8 | 12 | |
| | III (D ₃ tm) | -1830 | 1,7x0,25 | 6 | |
| Юринская | К (P ₁ kg _{tu}) | +55 | 0,9x0,7 | 4 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | приподнятое залегание | | - | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1190 | 1,5x0,9 | 13 | |
| | III (D ₃ tm) | структурный мыс | | - | |
| Золотушинская | К (P ₁ kg _{tu}) | моноклираль | | - | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -815 | 2,0x1,0 | 1 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1205 | 1,7x1,3 | 23 | |
| | III (D ₃ tm) | приподнятое залегание | | - | |
| Анастасьинская | НГК (P1s) | -295 | 0,9x0,7 | 1 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -810 | 2,0x1,0 | 1 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1175 | 0,75x0,5 | 6 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------------------|---|-----------------------|--------------|------|----------------------------------|
| Гординская | НГК (P1s) | приподнятое залегание | | - | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -825 | 0,6x0,25 | 1 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1200 | 1,2x1,1 | 30 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |
| Евдокимовская | НГК (P1s) | -300 | 1,2x1,2 | 7 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -820 | 0,8x0,3 | 2 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1200 | 1,5x0,8 | 30 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |
| Мосягинская | НГК (P1s) | приподнятое залегание | | - | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | приподнятое залегание | | - | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1175 | 0,75x0,5 | 6 | |
| | III (D ₃ tm) | приподнятое залегание | | - | |
| Судановская | НГК (P1s) | -295 | 2,7x1,7 | 3 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -820 | 1,1x0,9 | 11 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1200 | 1,1x0,9 | 33 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |
| Борниельская | НГК (P1s) | -300 | 1,0x0,5 | 8 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -780 | 2,0x1,5 | 9 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1215 | 1,5x1,0 | 5 | |
| | III (D ₃ tm) | -1875 | 2,5x1,0 | 5 | |
| Новосеминская | НГК (P1s) | -300 | 2,5x2,0 | 25 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -830 | 2,0x1,1 | 6 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1220 | 2,1x1,6 | 10 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |
| Овражная | НГК (P1s) | -310 | 3,5x1,5 | 10 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -850 | 1,0x0,7 | 2 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1250 | 1,2x0,8 | 8 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |
| Западно- Камышловская | НГК (P1s) | -285 | 1к. 1,5x1,5 | 5 | тектоно- седиментационны й |
| | | -280 | 2к. 1,0x0,7 | | |
| | I ^{II} (C2b) | -830 | 4,0x1,8 | 9 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1240 | 3,0x1,0 | 8 | |
| Северо- Камышловская | НГК (P1s) | -290 | 1,2x1,1 | 3 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -850 | 1,5x1,2 | 4 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1270 | 1,0x0,7 | 8 | |
| | III (D ₃ tm) | -1890 | 2,0x1,2 | 6 | |
| Камышловская | НГК (P1s) | -280 | 5,0x2,0 | 7 | тектоно- седиментационны й |
| | I ^{II} (C2b) | -845 | 4,0x1,2 | 7 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1260 | 1к. 1,5x0,5 | 7 | |
| | | | 2к. 1,5x1,5 | 7 | |
| | 3к. 4,0x1,0 | | 7 | | |
| III (D ₃ tm) | -1890 | 3,0x1,0 | 5 | | |
| Сенечкинская | НГК (P1s) | -265 | 1к. 1,2x0,9 | до 5 | тектоно- седиментационны й |
| | | | 2к. 2,25x1,4 | | |
| | I ^{II} (C2b) | -840 | 1,5x1,0 | 2 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1260 | 3,0x1,8 | 5 | |
| III (D ₃ tm) | структурный выступ | | - | | |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|---|--------------------|-------------------|----|--------------------------|
| Южно-Одиновская | НГК (P1s) | -245 | 3,0x1,7 | 5 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -800 | 3,0x2,0 | 15 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1235 | 3,1x2,0 | 12 | |
| | III (D ₃ tm) | -1840 | 4,0x2,0 | 15 | |
| Северо-Одиновская | НГК (P1s) | -265 | 1,2x0,7 | 2 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -815 | 1,5x1,2 | 5 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1235 | 2,5x1,2 | 5 | |
| | III (D ₃ tm) | -1865 | 1,7x0,7 | 5 | |
| Одиновская | НГК (P1s) | -255 | 1,3x0,75 | 14 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -815 | 1,3x1,0 | 13 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1240 | 1,1x0,7 | 2 | |
| | III (D ₃ tm) | -1855 | 1,7x0,7 | 2 | |
| Западно-Тураевская | НГК (P1s) | -225 | 2,0x1,0 | 5 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -770 | 1,1x0,7 | 6 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1230 | 1,1x0,5 | 6 | |
| | III (D ₃ tm) | -1820 | 6,0x3,5 | 11 | |
| Ново-Атерская | НГК (P1s) | -255 | 2,65x1,95 | 5 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -855 | 3,0x2,0 | 7 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1290 | 1,2x0,8 | 3 | |
| | III (D ₃ tm) | -1920 | 2,8x1,5 | 1 | |
| Южно-Атерская | НГК (P1s) | -260 | 2,75x1,9-1,4 | 5 | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -860 | 3 куп. 1,1x1,0 | 3 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1305 | 3,0x2,0 | <3 | |
| | III (D ₃ tm) | моноклираль | | - | |
| Южно-Харитоновская | НГК (P1s) | моноклираль | | - | тектоно-сидиментационный |
| | I ^K (C ₂ vr) | -825 | 1,4 x 0,6 | 3 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1385 | 1,6 x 1,8 | 23 | |
| | III (D ₃ tm _T) | -1925 | 1,1 x 0,6 | 7 | |
| Мало-Атерская | НГК (P1s) | моноклираль | | - | тектоно-сидиментационный |
| | I ^{II} (C2b) | -850 | 3,0x0,5 | 8 | |
| | II ^K (C ₁ tl _T) | -1300 | 3,1x0,5-0,2 | 10 | |
| | III (D ₃ tm) | структурный выступ | | - | |

Самсоновская структура была подготовлена СП 31/85-86 сейсморазведкой в 1987г. По ОГ II и I она представляет собой брахиантиклиналь северо-западного простирания, осложненную двумя вершинами. ОГ III в пределах структуры моноклиально погружается в западном направлении. По генезису она является тектоно седиментационной структурой облекания верхнедевонского биогерма. На поднятии пробурены поисковая скв. № 526 и разведочная скв. 527. Притоки нефти получены из башкирских, турнейских, девонских отложений. Вошла в состав Павловского месторождения нефти.

Труновская структура была подготовлена СП 11/89 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1991г (Жданов и др., 1990ф). Структура представляет

собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (IIⁿ и II). По горизонтам III, I и поверхности туюйской пачки структура не выражается. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонского шельфового биогерма. В пределах структуры пробурены поисковая скв. № 531 и разведочная скв. 539. Притоки нефти были получены из тульских, турнейских, фаменских отложений. Вошла в состав Павловского месторождения нефти.

Жуковская структура выявлена в 1981 г. и подготовлена в 1982 г. сейсморазведкой. Прослеживается по ОГ I, II, IIⁿ. Поднятие имеет очертание купола, неправильной формы, осложненной двумя вершинами. По ОГ III на месте западной вершины прослеживается структурный мыс меридионального простирания, на месте восточной – прогиб, срезанный разрывным нарушением северо-восточного простирания. По морфологическим признакам относится к структурам тектоно-седиментационного типа. На Жуковском поднятии в 1986-1987 гг. были пробурены две поисковые скважины – 500 и 501 на обеих вершинах купола. По результатам бурения - структура подтвердилась, но является не продуктивной.

Новотруновская структура была подготовлена СП 11/89 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1994 г (Жданов и др., 1990ф). Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (I, IIⁿ и II). По ОГ III представляет собой структурный нос, ограниченный нарушением субмеридионального простирания. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонского шельфового биогерма. В контуре структуры пробурена поисковая скв. 552, давшая притоки нефти из верейских и башкирских отложений.

Ниже-Григорьевская структура была подготовлена СП 11/89 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1993 г (Жданов и др., 1990ф). Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (I, IIⁿ и II). По ОГ III не выражена. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонского рифа. В контуре структуры пробурена поисковая скв. 553, давшая непромышленные притоки нефти из верейских отложений. По результатам бурения - структура подтвердилась, но является не продуктивной.

Туюйская структура была подготовлена СП 11/89 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1993 г (Жданов и др., 1990ф). Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (I, IIⁿ и II). По ОГ III не выражена. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонского рифа. В контуре структуры пробурена поисковая скв. 554, в которой зафиксированы обильные нефтепроявления в верейских, башкирских, турнейских, фаменских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, но является не продуктивной.

Юринская структура была подготовлена СП 11/89 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1994 г (Жданов и др., 1990ф). Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (IIⁿ и II). По ОГ I не выражена. По ОГ III представляет собой структурный нос, ограниченный нарушением субширотного простирания. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонского биогерма. В контуре структуры пробурена поисковая скв. 555, в которой зафиксированы притоки нефти в верейских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, установлена залежь с непромышленными запасами.

Золотушинская структура была подготовлена СП 11/86 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1994 г (Чирков и др., 1988ф). Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (IIⁿ и II). По ОГ I слабо выражена. По ОГ III соответствует структурный выступ. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонского рифа. В северо-восточном крыле структуры пробурена поисковая скв. 556, в которой зафиксированы обильные нефтепроявления в верейских, башкирских и турнейских отложениях. Структура не доразведана, не продуктивная.

Мосягинская структура подготовлена сейсморазведкой в 1987 г., расположена на западе Судановского месторождения, имеет субмеридиональное простирание. По кровле турнейского яруса (ОГ IIⁿ) размеры Мосягинского поднятия в пределах замкнутой изогипсы -1255 м равны 1.2x0.9 км, амплитуда поднятия 30 м, углы наклона крыльев структуры изменяются в пределах 6°03' - 0°57'. По кровле терригенной части тульского горизонта (ОГ II) размеры Мосягинского поднятия в пределах замкнутой изогипсы -1185 м равны 1.2x0.8 км, амплитуда поднятия 25 м, углы наклона крыльев структуры изменяются в пределах 5°08' - 0°19'. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контуре структуры пробурена поисковая скв. 523, в которой получены промышленные притоки нефти из тульских, бобриковских, турнейских отложений. Вошла в состав Судановского месторождения нефти.

Анастасьинская структура подготовлена сейсморазведкой в 1987 г., расположена восточнее Мосягинского поднятия, отделяется от него небольшим прогибом и имеет простирание с северо-запада на юго-восток. По кровле турнейского яруса (ОГ IIⁿ) размеры поднятия равны 1.2x0.9 в пределах последней замкнутой изогипсы -1265, амплитуда поднятия 30 м, углы наклона крыльев колеблются в пределах 6°15' - 0°51'. По кровле терригенной части тульского горизонта (ОГ II) размеры поднятия равны 1.8x0.9 в пределах последней замкнутой изогипсы -1205, амплитуда поднятия 15 м, углы наклона крыльев колеблются в пределах 6°07' - 0°6'. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контуре структуры пробурена поисковая скв. 524, в которой получены промышленные притоки нефти из тульских и турнейских отложений. Вошла в состав Судановского месторождения нефти.

Гординская структура подготовлена СП 31/81-82 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1984 г (Шварц и др., 1982ф). Расположена на севере Судановского месторождения и имеет субширотное простирание. По кровле турнейского яруса (ОГ IIⁿ) размеры Гординского поднятия в пределах последней замкнутой изогипсы -1275 м равны 3.0 x 0.9 км, амплитуда поднятия 27 м, углы наклона крыльев структуры изменяются в пределах 5°38′-0°15′. По кровле терригенной части тульского горизонта (ОГ II) размеры Гординского поднятия в пределах последней замкнутой изогипсы -1215 м равны 3.0x0.9 км, амплитуда поднятия 25 м, углы наклона крыльев структуры изменяются в пределах 3°32′-0°71′. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В южной части структуры пробурена поисковая скв. 524, в которой получены промышленные притоки нефти из тульских и турнейских отложений. Вошла в состав Судановского месторождения нефти.

Евдокимовская структура подготовлена сейсморазведкой в 1987 г. расположена в центре Судановского месторождения, и осложнено двумя положительными структурами с простиранием от субмеридионального до субширотного. По кровле турнейского яруса (ОГ IIⁿ) размеры Евдокимовского поднятия в пределах последней замкнутой изогипсы -1280 м равны 1.7x0.9 км, амплитуда поднятия 20 м, углы наклона крыльев структуры изменяются в пределах 6°11′-0°27′. По кровле терригенной части тульского горизонта (ОГ II) размеры Евдокимовского поднятия в пределах последней замкнутой изогипсы -1210 м равны 1.3x0.8 км, амплитуда поднятия 20 м, углы наклона крыльев структуры изменяются в пределах 4°83′-0°49′. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контурах структуры пробурены поисковая скв. 525 и разведочная скв. 530, в которых получены промышленные притоки нефти из бобриковских и малиновских отложений. Вошла в состав Судановского месторождения нефти.

Судановская структура подготовлена сейсморазведкой в 1982 г. Судановское поднятие расположено северо-восточнее Евдокимовского поднятия, отделяется от него прогибом и имеет широтное простирание. По кровле турнейского яруса (ОГ IIⁿ) размеры поднятия равны 1.75x2.0 в пределах последней замкнутой изогипсы -1290, амплитуда поднятия 35 м, углы наклона крыльев колеблются в пределах 3°17′-0°18′. По кровле терригенной части тульского горизонта (ОГ II) размеры поднятия равны 2.0x1.6 в пределах последней замкнутой изогипсы -1232, амплитуда поднятия 35 м, углы наклона крыльев колеблются в пределах 4°23′-0°57′. В контурах структуры пробурена поисковая скв. 506 и разведочные скв. 508 и 509, в которых получены промышленные притоки нефти из тульских, бобриковских и турнейских отложений. Открыто Судановское месторождения нефти.

Борниельская структура была подготовлена СП 11/00 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 2001 г (Жданов и др., 1990ф). Структура представляет собой купол. Характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (I^k IIⁿ и II^k) и НГК. По ОГ III не выражена. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонской органогенной постройки. В контуре структуры пробурена

поисковая скв. 560, в которой получены промышленные притоки нефти из турнейских и фаменских отложений. Вошла в состав Новосеминского месторождения нефти.

Новосеминская структура была подготовлена СП 11/88 сейсморазведкой МОВ методикой ОГТ в 1989 г (Жданов и др., 1988ф). По кровле турнейского яруса (ОГ II^П) структура, четко выделяется в виде купола округлой формы, северо-восточного простирания. Размер ее в пределах замкнутой изогипсы -1225 м – 2,5х1,8 км, амплитудой 42 м, углы наклона крыльев 4° 57' – 0° 54'. В кровле терригенной части тульского горизонта (ОГ II^К) наблюдается уменьшение амплитуды структуры и уменьшение углов наклона крыльев. Размер структуры составляет 2,6х1,9 км, амплитуда 37 м, углы наклона крыльев 3°50' – 0°50'. По маркирующей поверхности башкирского яруса (ОГ I) поднятие хорошо прослеживается. Отмечается смещение структур по сравнению с нижележащими планами, а также уменьшение углов и амплитуды. Размер структуры 2,5х2,0 км, амплитуда 10 м, углы падения крыльев 2°17' - 0°37'. По ОГ III наблюдается структурный мыс. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания шельфового биогерма. В контуре структуры пробурены разведочные скв. 534 и 536, в которых получены промышленные притоки нефти из тульских, малиновских, турнейских и фаменских отложений. Открыто Новосеминское месторождение нефти.

Овражная структура была подготовлена структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» в 1988 г. по реперу НГК P_{1s}. Представляет собой структурный выступ субмеридионального простирания размерами 3,5х1,5 и амплитудой до 10 м. Осевая часть выступа осложнена двумя малоамплитудными куполами. По материалам сейсморазведки 3D (Колчанова и др., 2001ф) оба купола прослеживаются по ОГ I^К и II^К, с несколько иным положением. По ОГ III – структура не выражена. В контуре структуры в 1989 г. были пробурены поисковые скв. 503 и 504, в которых зафиксированы обильные нефтепроявления в фаменских отложениях. Структура не доразведана, не продуктивна.

Северо-Камышловская структура была подготовлена структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» в 1988 г. по реперу НГК P_{1s}. Структура представляет собой купол 1,2х1,1 км амплитудой 3 м. По материалам сейсморазведки 3D (Колчанова и др., 2001ф) наблюдается соответствие структурных планов по ОГ I^К и II^К, По ОГ III – структура слабо выражена. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис, являясь структурой облекания позднедевонской органогенной постройки. В контуре структуры в 1989 г. была пробурена поисковая скв. 502, в которой нефтепроявлений не установлено и притоков нефти не было получено. По результатам бурения - структура подтвердилась, не продуктивная.

Западно-Камышловская структура была подготовлена структурным бурением в 1982 г. (в 1976 г. сейсморазведкой по отражающему горизонту II был установлен приподнятый участок). В 2001-2002 гг. СП 12 ОАО «Пермнефтегеофизика» проведены детальные сейсморазведочные работы

методикой 3D. По поверхности ОГ Ш, приуроченного к кровле терригенных отложений тиманского горизонта, наблюдается обширный структурный выступ, погружающийся в северо-западном направлении, ограниченный с северо-востока разрывными нарушениями типа сброса амплитудой порядка 20 м. По поверхности ОГ II^П, приуроченного к кровле карбонатных отложений турнейского яруса, в пределах участка работ закартирован ряд локальных поднятий, осложненных тектоническими нарушениями типа сброса амплитудой 5-7 м в центральной части. По поверхности ОГ II^К, приуроченного к кровле терригенных отложений тульского горизонта также выделяется ряд локальных поднятий. По поверхности ОГ I^П отмечается общее выполаживание структурных форм, сокращается амплитуда поднятий. В период 1985-1990 гг. на поднятии были пробурены 3 поисковые и 5 разведочные скважины: №№ 510п, 511п, 512п, 513р, 514р, 515р, 520р, 521р. В результате бурения была установлена промышленная нефтеносность этого поднятия в нижне-средневизейском терригенном (пласты Тл₂, Бб₂) и верхнедевонско-турнейском карбонатном (пласты Т, Фм₁, Фм₂, Фм₃) комплексе. Западно-Камышловская структура включена в Камышловское месторождение нефти.

Южно-Одиновская структура была подготовлена в 1990 г. структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» на Куклянской площади (Желнин и др., 1991ф). По реперу НГК Р_{1s} представляет брахиантиклинальную складку северо-западного простирания, с размерами по замкнутой стратозогипсе минус 237,5 м – 2,95x1,2 км, амплитуда 5 м. Углы падения крыльев: северо-восточного – 0°38', юго-западного – 0°44'. Площадь – 2,8 км². Имеет близкое соответствие структурных планов по ОГ I, II, III. Тип структуры – тектоно-седиментационный. В контуре структуры в 1991-1992 гг. были пробурены поисковая скв. 542 и разведочная скв.546, в которых были установлены промышленные притоки нефти в турнейских отложениях, а также непромышленные – в фаменских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, вошла в Одиновское месторождение нефти.

Северо-Одиновская структура была подготовлена в 1990 г. структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» на Куклянской площади (Желнин и др., 1991ф). По реперу НГК Р_{1s} представляет собой структурный нос, осложненный куполовидным поднятием, размерами по замкнутой стратозогипсе минус 267,5 м – 2,2x1,2 км, при амплитуде 5 м. Углы падения крыльев: северо-восточного – 0°10', юго-западного – 0°51'. Имеет близкое соответствие структурных планов по ОГ I, II, III. Тип структуры – тектоно-седиментационный. В контуре структуры в 1991-1992 гг. были пробурены поисковая скв. 542 и разведочная скв.546, в которых были установлены промышленные притоки нефти в турнейских отложениях, а также непромышленные – в фаменских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, вошла в Одиновское месторождение нефти.

Одиновская структура была подготовлена в 1993 г. структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» на Южно-Куклянской площади (Желнин и др., 1992ф) по реперу НГК Р_{1s}. По реперу НГК Р_{1s} представляет собой малоамплитудное куполовидное поднятие, осложняющее северную

периклиналь Южно-Одиновской продуктивной структуры., размерами 1,3x0,75 км, с амплитудой 5-15 м. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контуре структуры в 1993-1994 гг. была пробурена поисковая скв. 518, в которой были установлены непромышленные притоки нефти в верейских и девонских отложениях, а также обильные нефтепроявления в каширских и бобриковских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, имеет непромышленные скопления нефти.

Западно-Тураевская структура была подготовлена в 1993 г. структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» на Южно-Куклянской площади (Желнин и др., 1992ф) по реперу НГК Р_{1s}. Западно-Тураевская структура находится в 8 км юго-восточнее Южно-Одиновской структуры. По реперу НГК Р_{1s} представляет собой брахиантиклинальную складку северо-западного простирания, размерами 3,5x1,6 км. Сводовая часть структуры осложнена двумя малоамплитудными куполами. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контуре структуры в 1993-1994 гг. были пробурены поисковые скв. 537 и 538, в которых были отмечены обильные нефтепроявления в тульских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, имеет непромышленные скопления нефти.

Камышловская структура была подготовлена в 1983 г. структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» по реперу НГК Р_{1s}. Камышловское поднятие находится в 2,3 км восточнее Западно-Камышловского, отделяется от него неглубоким прогибом. По поверхности репера НГК имеет размеры 4,0x2,5 км, амплитуду 15 м. По результатам сейсморазведочных работ, проведенных в 2001 г. (Колчанова и др., 2001ф) в структурных планах по ОГ I^к и II^к выражена двумя малоамплитудными куполами и структурным носом. По ОГ III не выражена. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контуре структуры в 1988-1989 гг. были пробурены поисковые скв. 545 и 547, в которой были отмечены непромышленные притоки нефти в бобриковских и фаменских отложениях, а также нефтепроявления в каширских, верейских, башкирских, тульских, девонских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, имеет непромышленные скопления нефти.

Сенечкинская структура была подготовлена в 1991 г. структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» на Куклянской площади (Желнин и др., 1992ф) по реперу НГК Р_{1s}. Расположена в 6 км юго-восточнее Камышловского месторождения. По реперу НГК₂ (ассельский ярус) представляет собой структурный выступ северо-западного простирания, в осевой части осложненной двумя поднятиями, размерами 1,2x0,9 и 2,25x1,4 км, амплитудой - до 5 м. Структура имеет тектоно-седиментационный генезис. В контуре структуры в 1992 г. была пробурена поисковые скв. 517, в которой были отмечены непромышленные притоки нефти в девонских отложениях, а также нефтепроявления в башкирских, турнейских и фаменских отложениях. По результатам бурения - структура подтвердилась, имеет непромышленные скопления нефти.

Ново-Атерская структура подготовлена структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» в 1990 г. (Желнин и др., 1991ф). Представлялась ранее, как

брахиантиклинальная структура северо-западного простирания. Полученные данные по результатам интерпретации сейсморазведки методом 3D ОАО «Пермнефтегеофизика» и данные глубокого бурения позволили уточнить геологическое строение структуры по реперу НГК (P_{1s}) и отражающим горизонтам I^{II} , II^{K} , II^{II} . По кровле турнейских карбонатов, ОГ II^{II} , структурный план месторождения включает два купола. Купола отделяются друг от друга неглубоким прогибом. Обе складки имеют форму брахиантиклиналей, ориентированных на северо-восток. Размеры северного купола по оконтуривающей изогипсе -1370 м составляют 1,6×1,0 км, амплитуда 7 м, южного - 3,1×2,2 км, амплитуда 23 м. Оконтуривающая обе складки изолиния раскрывается на северо-восток. Структурный план по ОГ II^{K} определяется размещением погребенных бароподобных песчаных тел, т.е. имеет, как тектонический, так и седиментационный генезис. По оконтуривающей изогипсе -1305 м поднятие характеризуется изометричностью форм, осложнено двумя куполами и имеет размеры 3,8 × 3,6 км, амплитуду 27,5 м. На Ново-Атерском поднятии в период с 1994 по 1996 гг. пробурено 5 поисково-разведочных скважин, №№ 507р, 532р, 533р, 535р, 548п. Получены промышленные притоки нефти в тульских, бобриковских, малиновских, турнейских горизонтах. Открыто Трифоновское месторождение нефти.

Южно-Атерская структура подготовлена структурным бурением ГПК ПО «Пермнефть» в 1990 г. (Желнин и др., 1991ф). По реперу НГК P_{1s} представляет собой купол размерами 2,75×1,9-1,4 км с амплитудой 5 м. По ОГ II^{K} ей соответствует купол с размерами 3,0×2,0, амплитудой менее 3 м. По ОГ I^{II} – 3 небольших малоамплитудных купола, по ОГ III - не выражена. В 1993 г. в контуре структуры была пробурена поисковая скв. 505. В процессе бурения притоков нефти и нефтепроявлений не установлено. По результатам бурения - структура подтвердилась, является не продуктивной. Южно-Атерская структура после проведения дополнительных геофизических работ введена в разряд выявленных.

Южно-Харитоновская структура была подготовлена сейсморазведкой в 2002 г СП 11/01 (Винокурова и др., 2002ф). Южно-Харитоновское поднятие расположено к северу от Трифоновского месторождения в пределах Тавдинской тектонической ступени. Тип ловушки тектоно-седиментационный. Поднятие представляет собой структуру облекания верхнедевонского биогерма. По горизонтам палеозоя западное крыло структуры осложняет разрывное нарушение северного простирания, которое по аналогии с Ново-Атерской структурой может играть роль экрана для УВ. Структура характеризуется соответствием структурных планов по ОГ I^{K} (1,4 x 0,6 км, амплитуда 3 м), II^{K} (1,6 x 1,8, амплитуда 23 м), II^{II} (2,1 x 1,1, амплитуда 23 м), III (1,1 x 0,6, амплитуда 7 м), V (1,6 x 1,0, амплитуда 13 м), по реперу НГК (S) представляет собой структурный нос. По результатам аэрокосмических исследований Южно-Харитоновской структуре соответствует в плане ландшафтная аномалия Северный Атер. В июне-сентябре 2003 г. в юго-западной части структуры была пробурена поисковая скв. 519 (которая является в настоящее время последней скважиной пробуренной на Жуковской площади). В процессе бурения ее

притоков нефти и нефтепроявлений не установлено. По результатам бурения - структура подтвердилась, является не продуктивной.

Мало-Атерская структура подготовлена СП 15/2000 методом сейсморазведки 3D (Винокурова и др., 2000ф). Структура является двухкупольной. Западный купол имеет форму приразломной брахиантиклинальной складки вытянутой в северо-западном направлении вдоль тектонического нарушения типа сброса с амплитудой смещения от 15-17 м по ОГ Iⁿ, IIⁿ, II^k, уменьшающейся вниз по разрезу по ОГ III, V - до 4-6 м. Описываемая локальная структурная форма приурочена к лежащему блоку. Восточный купол характеризуется изометричностью форм по всем структурным планам. Мало-Атерская структура характеризуется плановым соответствием отражающих горизонтов карбона (Iⁿ, IIⁿ, II^k). По ОГ III выражен структурный выступ ограниченный с запада тектоническим нарушением. Структура имеет тектоно седиментационный генезис, являясь структурой облекания верхнедевонского биогерма. В пределах данного поднятия была пробурена поисковая скв. №559, давшая промышленный приток нефти из малиновского горизонта. В 2004 г. открыто Поспеловское месторождение.

Заключение

Таким образом, для геологического строения территории Жуковской площади характерно следующее:

1). Территория охватывает разнофациальные зоны верхнедевонского мелководного шельфа, характеризующиеся бортовым и внешним прибортовым типами разрезов. Строение ее во многом обусловлено положением относительно структурно-фациальных зон ККСП, структурно-фациальными особенностями верхнедевонско-турнейского комплекса осадков. Западная половина территории расположена в пределах юго-восточного борта ККСП, восточная половина - во внешней прибортовой ее части.

2). Большинство локальных поднятий площади приурочено к верхнедевонским биогермным массивам и отдельным биогермам, выполняющим бортовую зону ККСП.

3). Анализ строения локальных поднятий показывает, что наибольшим распространением характеризуются поднятия комбинированного тектоно-седиментационного происхождения, меньше – поднятия седиментационного генезиса и являются структурами облекания верхнедевонских биогермов.

4). По данным сейсморазведки и глубокого бурения отмечается двухъярусное строение позднедевонских рифов, свидетельствующее о двух этапах рифообразования – позднефранском и среднефаменском.

5). На поднятиях тектоно-седиментационного типа наблюдается частичное соответствие структурных планов терригенного девона и горизонтов карбона, на поднятиях седиментационного типа – их несоответствие. По горизонтам пермских отложений на контрастных поднятиях отмечается их соответствие структурным планам карбона, на менее выраженных – частичное соответствие. Отмечается постепенное выполаживание поднятий вверх по разрезу.

6). На основе комплексных данных сейсморазведки и глубокого бурения в отложениях визейского и московского ярусов фиксируются эрозионные формы погребённого палеорельефа (речные палеодолины) в виде полос песчаников увеличенной мощности (визейские и каширские врезы).

7). Для рассматриваемой территории характерно в целом, ступенчатое строение, особенно – в восточной части площади, где тектонические ступени имеют северо-западную ориентировку.

8). Большинство локальных структур, выявленных по горизонтам верхнего девона и карбона отражены в строении нижнепермских горизонтов. Относительно структур нижележащих горизонтов они иногда планомерно совпадают, чаще имеет место некоторое смещение, изменение морфологии, размерности, ориентировки длинной оси. Наличие положительной структурной формы по нижнепермским маркирующим горизонтам может рассматриваться как один из важных признаков наличия их на глубине.

9). Все локальные положительные структуры, выявленные и подготовленные методами сейсморазведки и структурного бурения нашли отражение на поверхности земли и соответственно – на современных космических снимках в виде ландшафтных аномалий [5]. Тектонические ступени по результатам АКГИ отображены в ландшафте земной поверхности морфоструктурными зонами с повышенной геодинамической активностью.

Библиографический список

1. Бычков С.Г., Неганов В.М., Мичурин А.В. Нефтегазогеологическое районирование территории Пермского края // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2010. № 2.

2. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

3. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

4. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. С. 14-19.

5. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Riga*, 2018. 210 с.

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 Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.

8. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 66-94.

9. Копылов И.С. *Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 25-37.
10. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография*. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
11. Копылов И.С. *Поиски и разведка залежей нефти на Жуковской площади / Геологический отчет о результатах поисково-разведочного бурения на Жуковской площади по договору № 3401 с ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь». ООО «ПермНИПИнефть». Пермь, 2008. 300 с.*
12. Копылов И.С. *Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 38-47.
13. Копылов И.С. *Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение* // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 321-328.
14. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах* // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
15. Копылов И.С., Козлов С.В. *Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон* // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
16. Копылов И.С., Козлов С.В. *О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности* // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2013. № 13. С. 68-73.
17. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края* // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
18. Неганов В.М., Морошкин А.Н., Жданов А.И., Ваксман С.И., Курасова М.С. *Нетрадиционные ловушки нефти - резерв повышения эффективности геологоразведочных работ* // *Геофизика*. 2000. № 5. С. 39-43.
19. Неганов В.М., Родионовский В.И., Зотеев М.С. *Геологическое строение Пермского Прикамья по данным геолого-геофизических исследований* // *Геофизика*. 2000. № 5. С. 11-22.
20. Пахомов В.И., Пахомов И.В. *Визейская угленосная формация западного склона Среднего Урала и Приуралья*. М., Недра, 1980. 152 с.
21. Плюснин А.В., Сулима А.И., Тимофеев В.Д., Коваль Д.В., Дементьева К.В. *Литолого-фациальное строение уфимских отложений центральной части Пермского края* // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021. Т. 332. № 3. С. 29-50.
22. Путилов И.С., Соловьев С.И., Климовских М.А., Сулима А.И., Винокурова Е.Е., Габнасыров А.В., Корякин С.Ю., Львовская Я.Л., Варушкин С.В. *Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности девонских карбонатных отложений юга и юго-востока Пермского края* // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2019. № 6. С. 29-35.
23. Пятунина Е.В., Хакимова Ж.А., Неганов В.М. *Особенности развития коллекторов визейской терригенной толщи и перспективы их обнаружения на юго-востоке Пермского Прикамья* // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2007. № 10. С. 27-32.
24. Сулима А.И. *Геология и нефтегазоносность верхнедевонско-турнейского карбонатного комплекса юго-востока Пермского края* // *Нефтяное хозяйство*. 2011. № 10. С. 44-48.

I.S. Kopylov¹, M.D. Ali²

¹Perm State National Research University, Perm, Russia

²Republic of Somalia

AEROSPACE ANALYSIS OF EAST AFRICA AND NORTHERN SOMALIA (FOR GEODYNAMIC ASSESSMENT AND SEARCHING FOR OIL AND GAS)

The study of geological conditions and modern geodynamics by aerospace methods of the Republic of Somalia has been carried out. Based on the interpretation of modern space images of the East Africa, 1153 lineaments were identified, which were divided into ranks in length: regional (100-400 km or more) - 143 lineaments, zonal (15-100 km) - 537 lineaments, local (5-15 or less) - 523 lineaments. Three areas with increased geodynamic activity, promising for prospecting for oil and gas, have been identified in the North Somalia.

Key words: geological conditions, aerospace methods, structural-tectonic interpretation of space images, lineaments, ring structures, prospecting for oil and gas, the Republic of Somalia.

И.С. Копылов¹, М.Д. Али²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

²Республика Сомали

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОСТОЧНОЙ АФРИКИ И СЕВЕРНОГО СОМАЛИ (ДЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И ПОИСКОВ НЕФТИ И ГАЗА)

Проведено изучение геологических условий и современной геодинамики аэрокосмическими методами Республики Сомали. На основе дешифрирования современных космических снимков в Восточной Африке были выделены 1153 линеаментов, которые разделены на ранги по протяженности: региональные (100-400 и более км) – 143 линеаментов, зональные (15-100 км) – 537 линеаментов, локальные (5-15 и менее) – 523 линеаментов. В Северном Сомали выделены 3 участка с повышенной геодинамической активностью перспективные на поиски нефти и газа.

Ключевые слова: геологические условия, аэрокосмические методы, структурно-тектоническое дешифрирование космических снимков, линеаменты, кольцевые структуры, поиски нефти и газа, Республика Сомали.

Introduction

Aerospace methods have long been used in the search for minerals (especially oil and gas, gold, diamonds, polymetals, etc.), revealing indirect signs of their deposits. In geological mapping, remote sensing methods of the Earth (ERS) are widely used, which, in combination with other methods, give positive results.

The study of the Earth from space plays a special role in the geodynamic assessment of territories, knowledge of which is necessary in engineering geology during the construction of various engineering structures.

Aerospace analysis is extremely relevant in the geological study of Africa, incl. - in the Republic of Somalia (a promising territory for oil and gas), since it allows, in conditions of poor geological knowledge, to identify promising objects for prospecting for oil and gas with the lowest economic costs.

The aim of the work is aerospace geological analysis of the territory of the Republic of Somalia and forecast of oil and gas promising zones. The following tasks were set: analysis of geological materials of the territory; decoding of space images; highlighting lineaments, ring and arc structures; lineament geodynamic analysis; complex aerospace geological analysis of the territory and identification of oil and gas promising zones.

The objects of research are the eastern part of Africa (at the overview-regional level), the northern part of Somalia (at the regional-zonal level).

Geographic conditions

Somalia, officially the Federal Republic of Somalia, is a country located on the Horn of Africa in eastern Africa. It is bordered by Ethiopia in the west, Djibouti in the northwest and Kenya in the southwest, washed by the Gulf of Aden in the north and the Indian Ocean in the east. Somalia has the longest coastline on mainland Africa, with a coastline that stretches for 3,025 kilometers (1,880 miles). Area - 637.7 thousand km², population 15 893 219 people. (2020) [26]. The capital is Mogadishu (900 thousand people) (Fig. 1).

Relief of the Earth. Most of the territory of Somalia is occupied by the vast Ogaden plateau with a height of 500-1500 m with an average altitude of about 900 m above sea level. It gradually rises to the north, forming the waterless Houd Plateau. Along the northern coast of the country, from the city of Hargeisa to Cape Guardafui (Ras Aseir), stretches the raised edge of the plateau, which abruptly drops off in rocky ledges to the coastal plain. The highest point of the country is Mount Shimbiris (2407 m), located in the Surud Ad massif within the Sanag region. The southern provinces of Somalia are flat, arid plains. The coastal plains are composed mainly of limestones, the inner plateaus and plateaus are crystalline rocks (with a predominance of granites), in the northern mountains they are overlain by sandstones and limestones [27]. In the valleys of the Jubba and Webi-Shabelle rivers, alluvial, periodically flooded lowlands are developed.

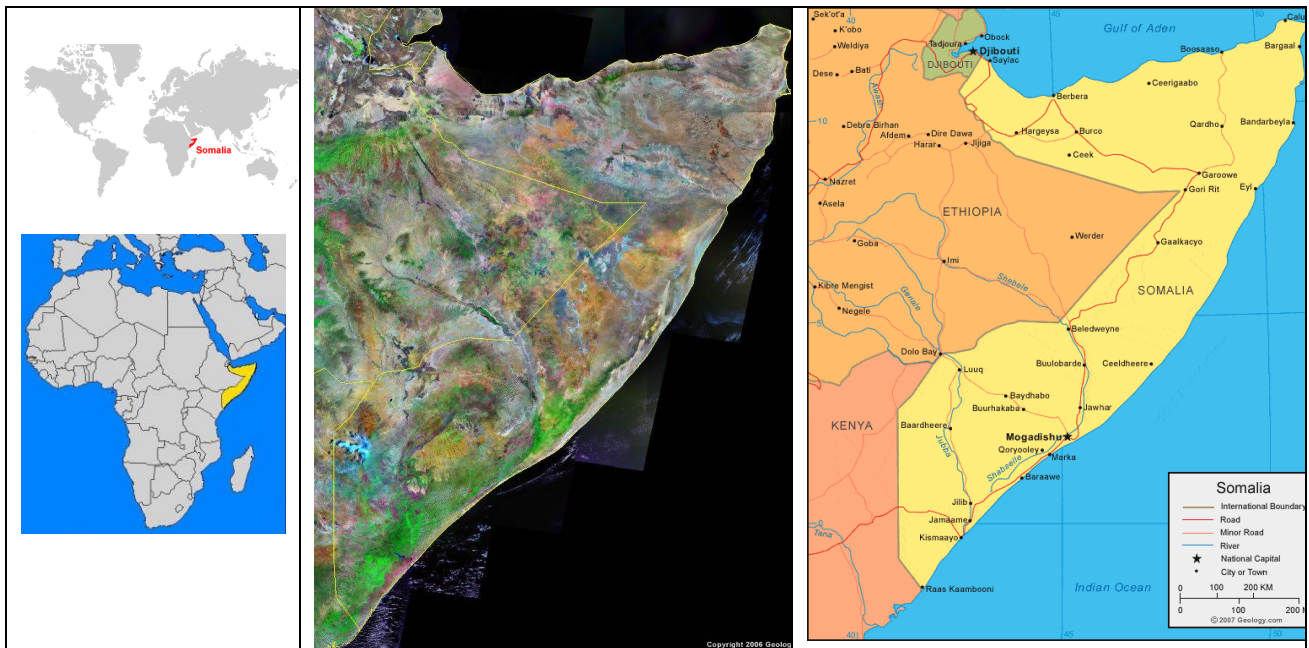


Fig. 1. Somalia Map and Satellite Image [25]

The climate of Somalia is subequatorial monsoon, in the north it is tropical desert and semi-desert. Average temperatures range from about 24 to 31 ° C. Precipitation ranges from 50 mm in the north and east to 600 mm per year in the south and west. Heavy rains in the Ethiopian Highlands often cause catastrophic flooding. The plain in the lower reaches of the Jubba is most severely affected.

Hydrography. Dry channels predominate, filling with water only during rainy periods. Two rivers have a constant flow - the Jubba and its tributary Uebi-Shabelle; 90% of their river flow is formed in the Ethiopian Highlands. The flow of the Uebi-Shabelle falls sharply downstream, and the river does not reach Jubba for most of the year, ending in the Sablaale swamps.

Regional geology and minerals

Somalia is located in the eastern part of the Precambrian African Platform. The foundation of the platform protrudes to the surface along the Cenozoic rift in the Gulf of Aden and in the southern part of the country. It is formed mainly by the Early Precambrian complexes of the Mozambican granulite-gneiss belt - Archean gneisses, charnockites and other rocks, in places overlapped by Lower Proterozoic quartzites and marbles. The formations of the belt are broken through by Late Proterozoic granites, incl. - rare metal and crystal-bearing pegmatites; in the south of the country, Mesozoic alkaline intrusions have been introduced into them. The sedimentary cover is composed of Jurassic, Cretaceous, and Cenozoic shallow-water marine deposits of the vast shelf paleo-margin of Africa [2, 3, 24] (Fig. 2, 3).

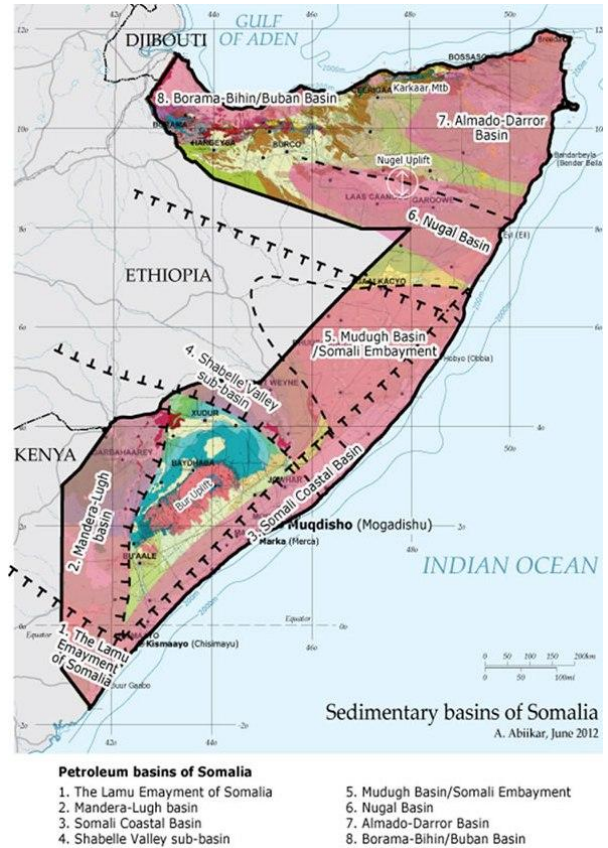
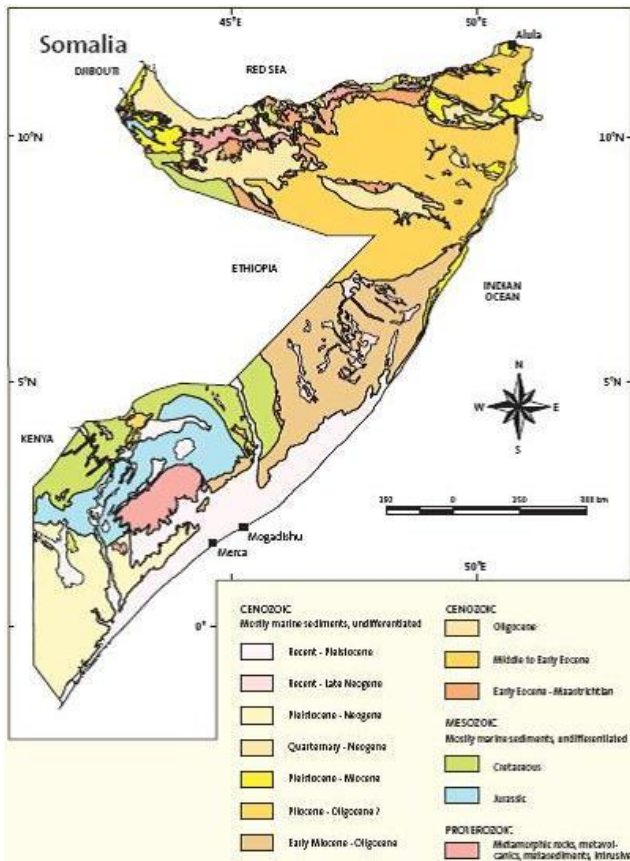


Fig. 2. Geological conditions of Somalia [24, 27]

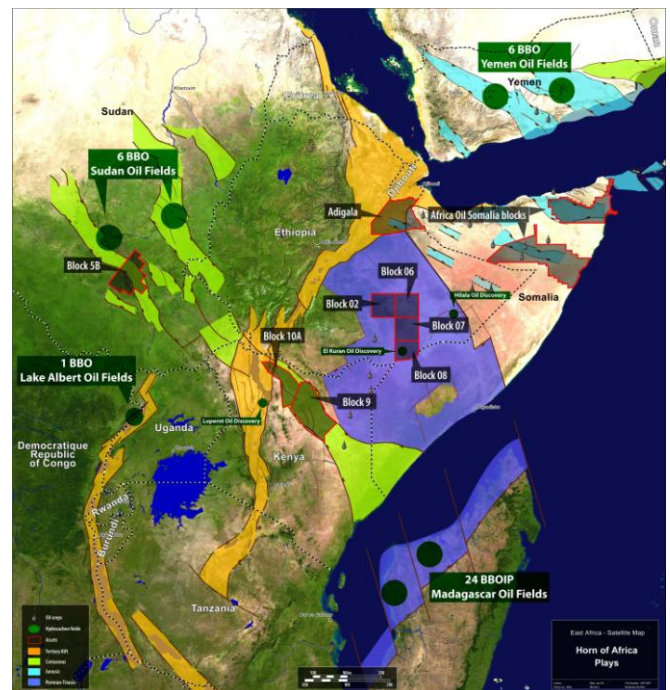
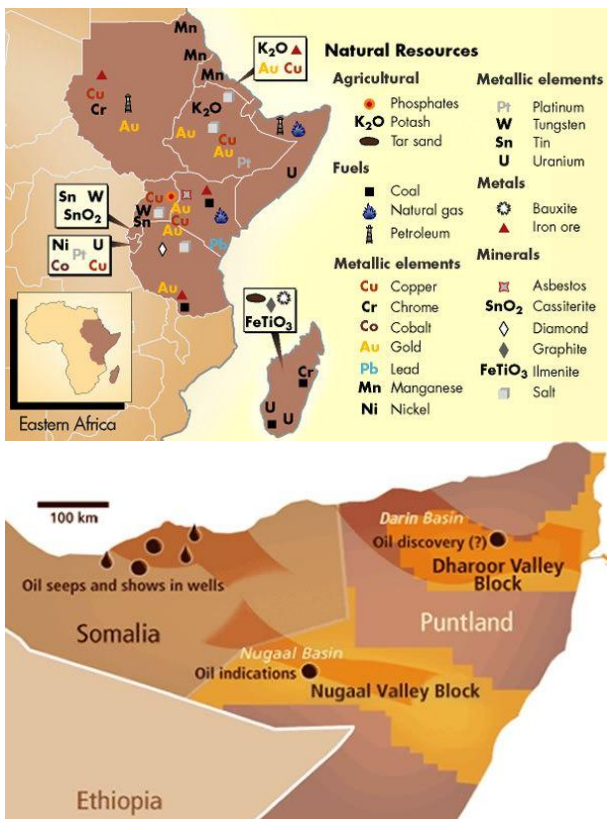


Fig. 3. Minerals of East Africa and Northern Somalia [2, 28]

On the territory of Somalia there are deposits of ores of iron, uranium, vanadium, thorium, tin, tantalum and niobium, titanium (offshore ilmenite placers);

precious stones, granites, marbles, rock salt, gypsum, limestone, kaolin, quartz, feldspar, brown coal, etc. The territory of Somalia is highly promising in terms of oil and gas content, where oil and gas deposits are established in the southeast and north of the country (Fig. 3).

Somalia's geological formation bears important parallels to that of Yemen, which holds some 9 billion barrels of proven oil reserves. According to petroleum geologists, the South Yemeni Marib-Shabwa and Sayun-Masila basins are associated with the Nugaal and Dharoor blocks in northern Somalia respectively. Petroleum experts remain optimistic that both the Dharoor and Nugaal blocks, with acreages of 14,384 km² and 21,784 km² respectively, contain commercially viable hydrocarbon fields in the range of about 20 billion barrels of oil (Currie, 2012) [2].

Materials and methods

Tectonic lineaments, ring structures and geodynamic active zones are one of the main objects of aerospace geological research in the course of geodynamic assessment and predictive-mineragenic research. Many of them are associated with various types of minerals, incl. - oil and gas. Extended through systems of dislocations are of great importance. These end-to-end systems are often oil and gas, mainly at the intersections of meridional and latitudinal end-to-end systems. They contain large oil and gas fields. Such nodes are often accompanied by ring faults. Revealing the connection of oil - gas of an object with certain lineaments and their zones allows expanding the search area within all these zones [8-10, 13, 19, 20, 22-24].

Sequence of work:

1). Selection of satellite images for the territory of East Africa and Somalia. Landsat-8 satellite images (Google Earth service) were taken for the study (Fig. 4).

2). Interpretation of satellite images and their processing:

- highlighting lineaments, arc and ring structures,
- carrying out lineament-geodynamic analysis and identification of geodynamic active zones (with a high density of lineaments).

Computer structural interpretation was chosen as the main method for interpreting space images (Fig. 5), during which linear formations were identified on the images, identified with tectonic dislocations of the sedimentary cover, corresponding to different stages of aerospace geological studies (survey, regional, regional-zonal, etc.). Lineaments were indicated by linearly elongated watersheds, straightened sections of river channels, and boundaries of landscape structures [5, 11, 14-16, 18].

3). Comprehensive analysis and identification of promising areas for oil and gas prospecting.

Geoinformation mapping at all stages was carried out using Arc View GIS and Arc GIS software. The processing was carried out using the Spatial Analyst module (Fig. 5).



Fig. 4. Multi-scale satellite images of East Africa and North Somalia

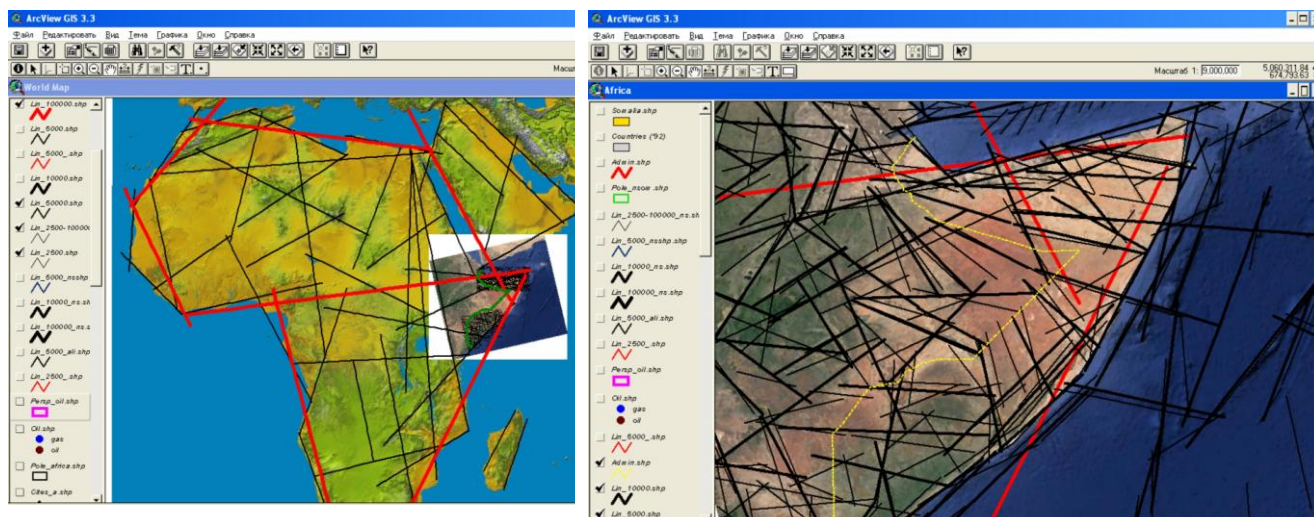


Fig. 5. Window of the working program and computer decryption

Results and discussion

As a result of the research carried out on the basis of interpretation of modern satellite images, 1153 lineaments were identified, which were divided into ranks in terms of length. By size, they are subdivided into the following taxonomic ranks: regional (100-400 km or more) - 143 lineaments, zonal (15-100 km) - 537 lineaments, local (5-15 or less) - 523 lineaments.

The results of studies of the structural interpretation of lineaments are summarized in the table (Table 1).

Table 1

Results of decoding lineaments

| Stage (research level) | Scale works | Ranks of lineaments | Length of lineaments, km | Number of lineaments |
|------------------------|--|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| Continental-regional | 1:10 000 000, 1:5 000 000, 1:2 500 000 | Regional | 200-400 and more 100-200 | 143 |
| Regional | 1:1 000 000, 1:500 000 | Zonal | 50-100 15-50 | 537 |
| Regional-zonal | 1:200 000 1:100 000 | Local | 5-15 or less | 523 |

The lineament field of Somalia on the interpretation of satellite images of different scales is shown in Fig. 6, 7.

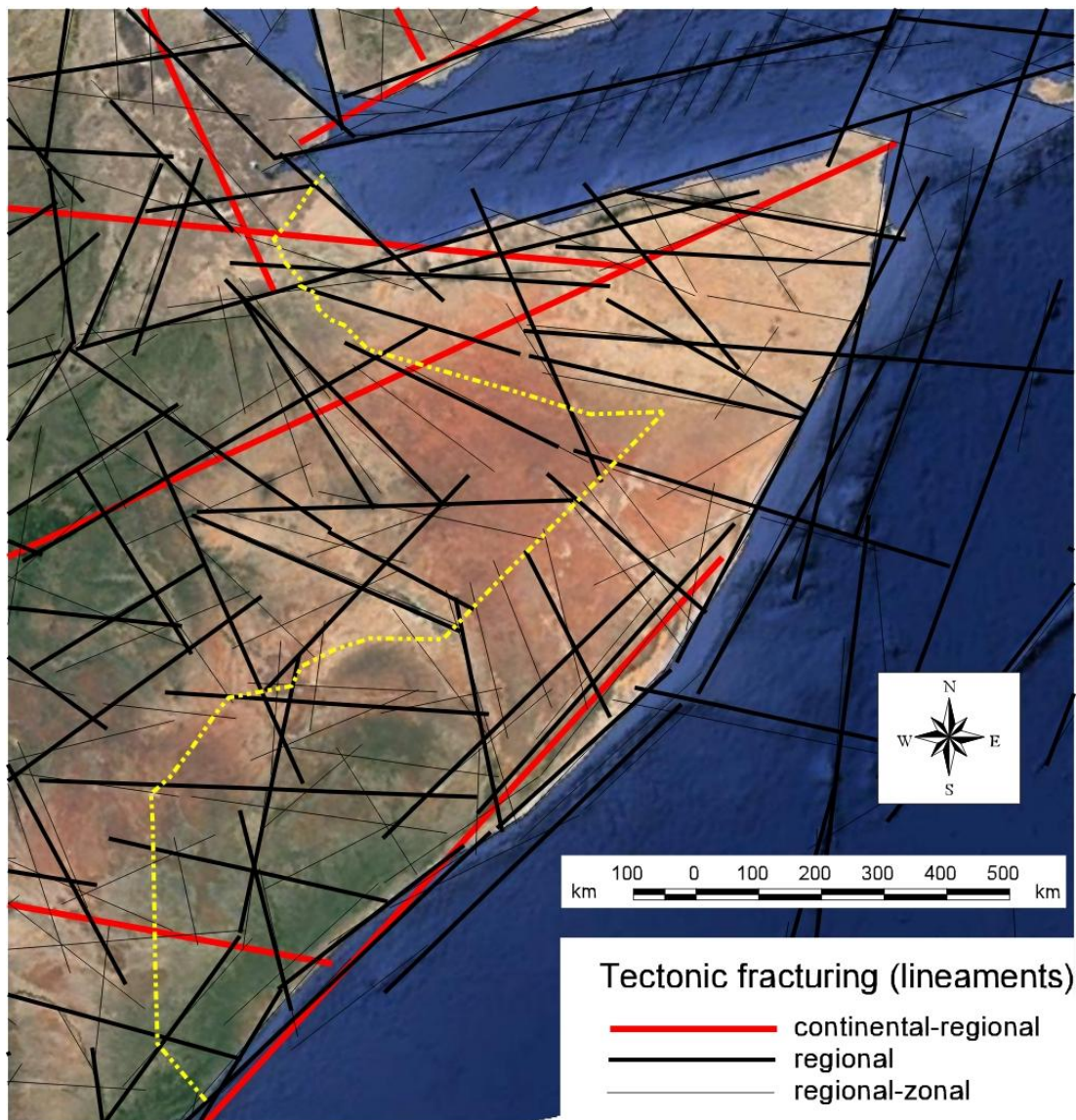


Fig. 6. Map of large lineaments for deciphering space images of the Somali Peninsula

Lineament geodynamic analysis

Lineament geodynamic analysis was carried out according to the methods [9-11, 13].

The most reliable indicator of geodynamic activity of territories is the density of lineaments (especially in combination with indicators of relief dissection). The density of lineaments (calculated in units of length per unit area) was calculated for the area of Northern Somalia by regional, zonal and local lineaments, varies widely.

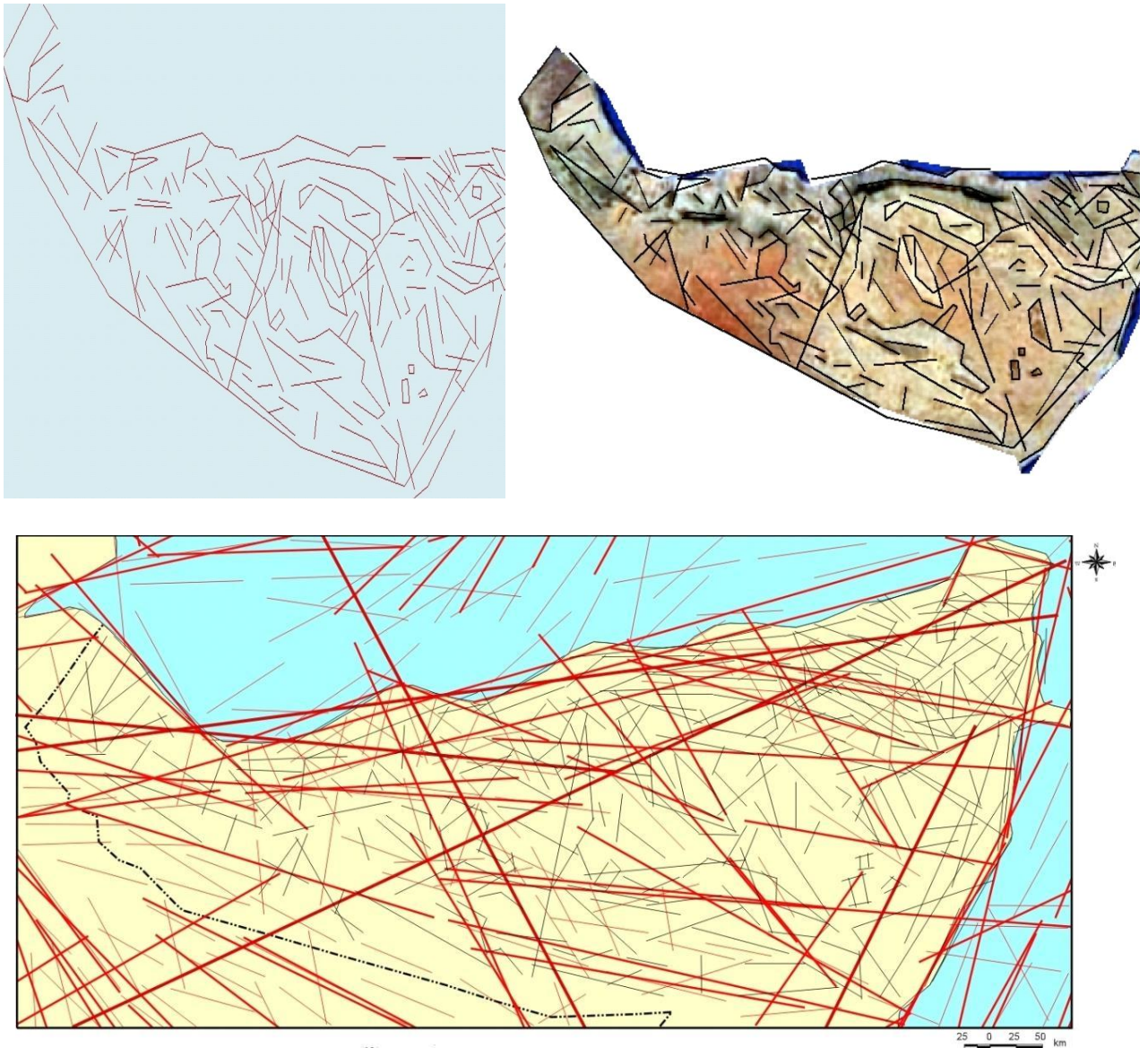


Fig. 7. Lineament field and lineament-geodynamic analysis of Northern Somalia

An assessment of the geodynamic activity of the region has been carried out. Areas were identified: with low and medium geodynamic activity (with low and medium density of lineaments), constituting the background of the region and areas with high, very high and extremely high geodynamic activity (with high, very high and extremely high density of lineaments), which prevail in the north Somalia. The highest values of geodynamic activity and lineament density were found in three areas (Fig. 8).

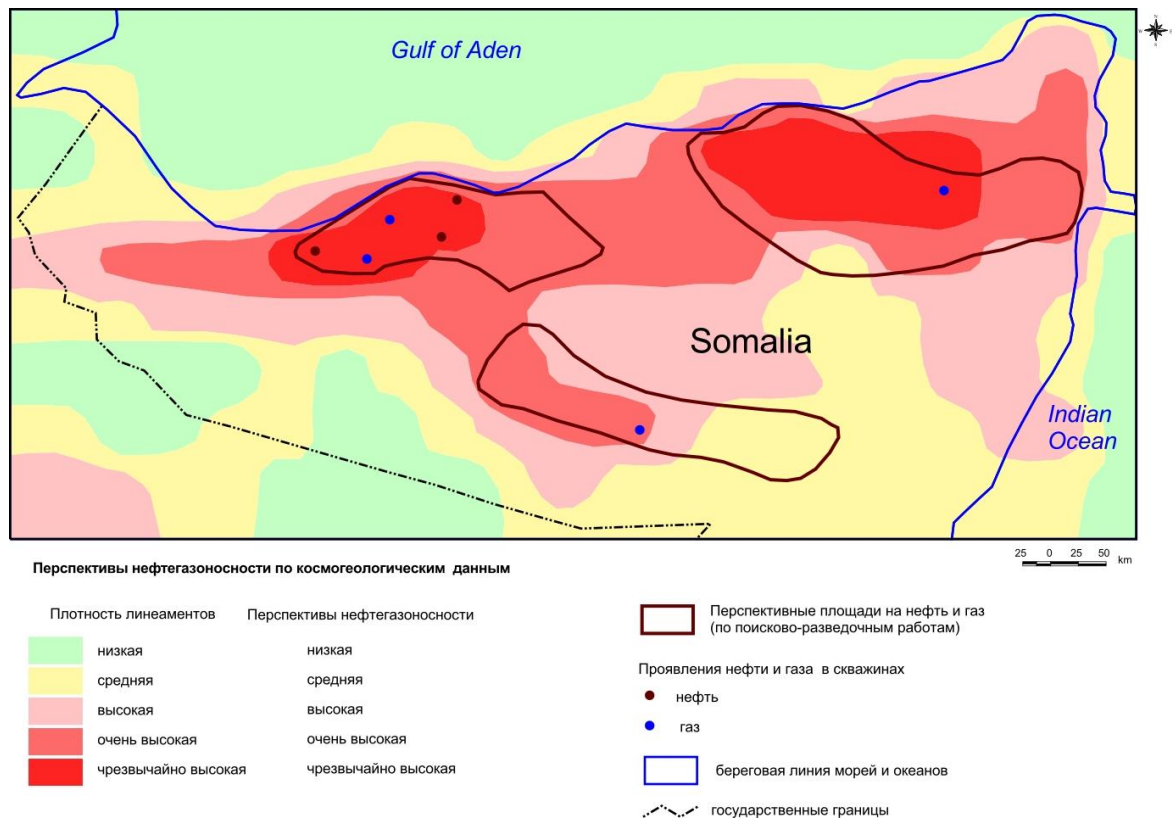


Fig. 8. Map of geodynamic activity with an assessment of the oil and gas potential of Northern Somalia

Areas with an increased density of lineaments form zones of increased geodynamic activity - geodynamic active zones. Earlier aerospace geological studies in various regions of the world have established that geodynamic active zones, as a rule, are well manifested in geophysical, geochemical, hydrogeological fields; such areas are characterized by an increase in the intensity of dangerous geological processes, a deterioration in the physical and mechanical properties of soils [7, 17, 21]; they are zones of engineering-geological and geocological risk. On the other hand, many mineral deposits are confined to them - incl. - oil and gas. [1, 4-6, 11, 23, 24].

Analysis of the data of oil and gas showings in boreholes in Northern Somalia showed that within all three areas, where very, extremely high geodynamic activity (in terms of lineament density) is established, there are oil or gas fields or facts about the presence of oil and gas showings in boreholes. Therefore, such areas may be promising for expanding oil and gas exploration.

Conclusion

When studying the territory of Somalia and its northern part, aerospace methods were used to study the geological-geomorphological, neotectonic and structural-tectonic conditions for the formation of oil and gas fields. During the interpretation of space images, the main attention was paid to faults (lineaments) and geodynamic active zones. Highlighted areas with high, very high and extremely high density of lineaments, which prevail in the north of Somalia. The 3 most promising

zones for prospecting and exploration of oil and gas have been identified (where there are established deposits or manifestations of oil or gas).

The results indicate that there are good prospects for prospecting and exploration for oil and gas using aerospace methods. The data obtained require clarification by detailed aerospace-geological methods and confirmation by additional studies using geophysical and geochemical methods.

References

1. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Seytekov T.T. Prospects for oil and gas exploration in the Caspian oil and gas province of Kazakhstan using remote sensing methods // *Geology and minerals of the Western Urals*. 2017. № 17. 75-79 pp. (in Russian).

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. Balthasar D. Oil in Somalia Adding Fuel to the Fire? Heritage Institute for Policy Studies. Mogadishu, Somalia. https://heritageinstitute.org/wp-content/uploads/2014/06/HIPS-Oil_in_Somalia-ENGLISH.pdf.

3. Kassim A.M., Carmignani L., Conti P., Fantozzi P.L. Geology of the Mesozoic-Tertiary sedimentary basins in southwestern Somalia // *Journal of African Earth Sciences*. V. 34, Is. 1-2, 2002, 3-20 pp.

4. Kozlov S.V., Kopylov I.S. Regularities of Occurrence of Unique and Large Oil and Gas Deposits in the Earth Crust. Deep Zones of Hydrocarbons Generation and Primary Asthenosphere Earthquakes as a Uniform Planetary Process // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2019. Vol. 18. № 1. 64-72 pp. (in Russian).

Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

5. Kopylov I.S. Analysis of the results and prospects of oil and gas exploration aerospace studies of the Perm Urals // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2015. № 4 (29). 70-81 pp.

Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

6. Kopylov I.S. Geocology of oil and gas regions of the southwest Siberian platform. Perm, 2013. 166 pp. (in Russian).

Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.

7. Kopylov I.S. Engineering-geological role of geodynamic active zones // *Successes of modern natural science*. 2014. № 5-2. 110-114 pp. (in Russian).

Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

8. Kopylov I.S. Landscape-geodynamic analysis in the search for oil and gas. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 pp. (in Russian).

Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.

9. Kopylov I.S. Methodological bases of aerospace and geological research when searching oil and gas // *Aerospace methods in geology*. Perm, 2019. 25-37 pp. (in Russian).

Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии* Пермь, 2019. С. 25-37.

10. Kopylov I.S. *Methodology of landscape-geodynamic analysis and estimates of oil and gas perspectives by aero-space geological research (on the example of Grigorievskaya square) // Aerospace methods in geology. Perm, 2020. 66-94 pp. (in Russian).*

Копылов И.С. *Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.*

11. Kopylov I.S. *Morphoneotectonic system for assessing geodynamic activity. Perm, 2019. 131 pp. (in Russian).*

Копылов И. С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.*

12. Kopylov I.S. *Results of detailed decoding of space images for assessment of geodynamic activity and identification of potentially hazardous karst areas of Kentau city (South Kazakhstan) // Aerospace methods in geology. Perm, 2020. 284-291 pp. (in Russian).*

Копылов И.С. *Результаты детального дешифрирования космических снимков для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков города Кентау (Южный Казахстан) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 284-291.*

13. Kopylov I.S. *Theoretical and applied aspects of the doctrine about geodynamic active zones // Modern problems of science and education. 2011. № 4. (in Russian).*

Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*

14. Kopylov I.S., Bakytzhanova B.N., Dal L.I., Seytekov T.T. *Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // Aerospace methods in geology. Perm, 2019. 48-54 pp. (in Russian).*

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 Пермь, 2019. С. 48-54.*

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. Kopylov I.S., Kovin O.N., Nahesbik S. *Regional engineering-aerospace analysis for the design of large linear structures of Western China // Aerospace methods in geology. Perm, 2019. 55-62 pp. (in Russian).*

Kopylov I.S., Kovin O.N., Nahesbik S. *Regional engineering-aerospace analysis for the design of large linear structures of Western China // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Пермь, 2019. С. 55-62.*

17. Kopylov I.S., Konoplev A.V. *Rating geodynamic state of Talitsky area of Upper Kama potassium salt deposit based on GIS and remote sensing data // Geoinformatika. 2013. № 2. 20-23 pp. (in Russian).*

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.*

18. Kopylov I.S., Konoplev A.V., Iblaminov R.G. *The latest tectonics and modern geodynamics of Western Kazakhstan at the Zhilyansk potash salt deposit // Modern problems of science and education. 2014. № 5. (in Russian).*

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. Kopylov I.S., Kozlov S.V. *Neotectonic model of formation of oil and gas fields and mineragenic role of geodynamic active zones // Bulletin of Perm University. Geology. 2014. № 1 (22). 78-88 pp. (in Russian).*

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.

20. Koronovskiy N.V., Bryantseva G.V., Goncharov M.A., Neymark A.A., Kopaev A.V. Lineaments, fractures and regmatic network: core and terminology. *Geotektonika. Geotectonics*. 2014, 2: 75-88. (in Russian).

Короновский Н.В., Брянцева Г.В., Гончаров М.А., Неймарк А.А., Копяев А.В. Линеаменты, планетарная трещиноватость и регматическая сеть: суть явлений и терминология // Геотектоника. 2014. №2. С.75–88.

21. Mikhalev V.V., Kopylov I.S., Bykov N.Ya. Assessment of geological risks and techno-natural hazards in the development of oil and gas regions based on aero-cosmological studies // *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2005. № 5-6. 76-77 pp. (in Russian).

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

22. Nechaev YU.V. Lineaments and tectonic break: Remote studying of internal structure of sial. Ed. by. academitian A.O. Gliko. Moscow: IFZ RAN, 2010: 215. (in Russian).

Нечаев Ю.В. Линеаменты и тектоническая раздробленность: Дистанционное изучение внутреннего строения литосферы / Под. ред. академика А.О. Глико. М.: ИФЗ РАН, 2010. 215 с.

23. Zverev A.T., Zverev A.V., Salimon E.A. Forecast of oil and gas deposits with the use of lineamental analysis of space images data. *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka». Izvestia vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying»*. 2018, 62 (3): 337-345. (in Russian).

Зверев А.Т., Зверев А.В., Салимон Э.А. Прогноз нефтегазовых месторождений на основе линеаментного анализа космоснимков // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62. № 3. С. 33-345.

24. Zverev A.V., Zverev A.T. Search of the gas- and oil deposits using lineament analysis of space images. *Sbornik statej po itogam nauchno-tehnicheskikh konferencij. Proceedings of science and practical conferences. In 2 parts. 2014, Issue 7. 1: 160-163. (in Russian)*.

Зверев А.В., Зверев А.Т. Методика поиска нефтегазовых месторождений с использованием линеаментного анализа космических снимков // Сб. статей по итогам научно-технических конференций. Вып. 7. В 2-х частях. Ч.1. 2014. С.160-163.

25. <https://geology.com/world/somalia-satellite-image.shtml>.

26. <https://wikichi.ru/wiki/Somalia>.

27. <https://tarantulas.su>.

28. <http://www.hornpetroleum.com>.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЖИЛЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (ЗАПАДНЫЙ КАЗАХСТАН)

В статье рассматриваются геологические и геодинамические условия Жилианского месторождения в Западном Казахстане. Приводится характеристика и строение соленосных толщ. Рассмотрено тектоническое строение и геодинамическая активность, знания о которых необходимы для его разработки, геологической и экологической безопасности.

Ключевые слова: калийные соли, литология, тектоника и геодинамика, Жилианское месторождение.

I.S. Kopylov¹, A.K. Aitkaliyeva²

¹Perm State University, Perm, Russia

²Republic of Kazakhstan, Uralsk

GEOLOGICAL AND GEODYNAMIC CONDITIONS OF THE ZHILYANSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT (WESTERN KAZAKHSTAN)

The article examines the geological and geodynamic conditions of the Zhilyanskoye field in Western Kazakhstan. The characteristics and structure of salt-bearing strata are given. The tectonic structure and geodynamic activity are considered, knowledge about which is necessary for its development, geological and environmental safety

Key words: potassium salts, lithology, tectonics and geodynamics, Zhilyanskoe deposit.

Введение

В последнее время вопросы геологического изучения Жилианского месторождения калийных солей стали чрезвычайно актуальными в связи с планированием его разработки в ближайшее время и строительством завода калийных минеральных удобрений.

Жилианское месторождение расположено в юго-западной части Актюбинского Приуралья. В административном отношении территория входит в состав Актюбинской области Республики Казахстан и удалена от юго-восточной окраины г.Актобе на расстояние 5-10 км.

Геологическая изученность

Первые сведения о геологии «Актюбинского округа» даются в 1857 г. Н. Северцевым и И. Борщевым, которыми указывается, что близ г. Актюбинска (ныне Актобе) развиты отложения нижнепермского возраста. В составе нижней перми они выделили лишь артинский ярус, куда включались и собственно кунгурские отложения.

С 1936 по 1947 гг. территория обследовалась многими геологами как с целью поисков бурых углей и фосфоритов, так и для выявления нефтеносности района. Работы, проводившиеся трестом «Актюбнефтеразведка», охватывали широкий комплекс исследований, начиная с геофизических методов и кончая проведением крелиусного и роторного бурения, по данным которых для ряда антиклиналей были составлены геологические карты масштаба 1:50000.

Жилянское месторождение открыто летом 1951 г. старшим научным сотрудником ГИНа Академии Наук СССР – академиком А.Л. Яншиным совместно с бывшим главным геологом треста «Актюбнефтеразведка» П.Я. Авровым. При просмотре керна роторной скважины 18 треста «Актюбнефтеразведка», пробуренной на Жилянской структуре, они обратили внимание на наличие в этой скважине пестрых солей с кристаллами сильвина, залегающих на глубине 525 м. В 1952-1958 годах на Жилянском месторождении проведена детальная разведка буровыми скважинами глубиной до 700 м. Скважины располагались на профилях вкрест простирания месторождения, образуя прямоугольную сеть с параметрами 200x200 м, 1000x200 м, 500x200 м, редко 500x100 м. Отдельные структурные скважины на месторождении пройдены до глубины 1200 м. В результате произведенных работ все залежи калийных солей Жилянского месторождения полностью оконтурены. По результатам выполненных работ Сахно С.С., Агаджанян В.Г. и др. составлен «Отчет по разведке Жилянского месторождения калийных солей». Запасы калийных солей апробированы ГКЗ СССР. В 2010 г. ТОО «GeoMineProject» была проведена работа по составлению геолого-математической модели на Жилянском месторождении калийных солей в Актюбинской области. В ходе этих работ были уточнены государственные балансовые и забалансовые запасы Жилянского месторождения.

В 2012 г. ЕНИ ПГНИУ в результате сбора и анализа имеющихся геологических материалов прошлых лет были составлены обобщающий отчет и электронная база данных [2, 18]. В настоящее время, с использованием этой базы данных в программной среде Micromine было произведено оконтуривание рудных тел и подсчет запасов полигалитовых, сильвинитовых и сильвинит-карналлитовых руд.

Стратиграфия и литология.

В строении Жилянского месторождения принимают участие осадки нижней и верхней перми, триаса, средней юры и четвертичные отложения (рис. 1).

Нижнепермский комплекс пород наиболее дислоцирован; здесь, помимо древних подвижек, смявших артинский фундамент, довольно четко выражены процессы вторичной соляной тектоники, давшей своеобразные структуры течения в гидрохимических осадках кунгура. Более молодые образования, начиная с триаса, залегают несогласно на породах кунгурского возраста, нивелируя древний рельеф. Четвертичные отложения перекрывают все более древние породы маломощным покровом, увеличивающимся близ речных долин и по овражной сети [18].

Полигалитовые залежи нижнего горизонта в виде пластов и линз залегают на глубине 235-770 м и имеют меридиональное простирание и падение на запад и восток под углами 30-60°. Пласты образуют три пачки, разделенные толщей каменной соли с прослоями ангидрита и других пород. Длины верхней, средней и нижней пачек с перерывами составляют соответственно 10, 14 и 18 км при ширине от 250 до 1000 м. Средние мощности пачек составляют 37, 23 и 75 м. Верхний горизонт калийных солей представлен сильвинитами и сильвинито-карналлитами, отделен от полигалитового горизонта толщей каменной соли мощностью от 30 до 120 м. Сильвиниты и сильвинито-карналлиты залегают в виде пластообразных линз длиной от 1 до 6 км, шириной от 150 до 500 м, вытянутых в меридиональном направлении. Глубина залегания линз изменяется от 318 до 670 м, мощность - от 1 до 70 м. Соленосная толща, заключающая продуктивные пласты, благоприятна для проходки горных и горнодобывающих выработок, так как сложена устойчивыми породами с трещинами, заполненными галитом, гипсом, ангидритом [18, 19].

Тектоника и геодинамика

Согласно тектонической схеме В.Е. Ружецева и П.И. Климова, район исследований относится к Западной подзоне Актюбинского Приуралья.

В геологическом строении принимают участие две толщи осадков, отличающиеся друг от друга как по степени дислоцированности, так и по времени образования. Наиболее древние отложения перми и нижнего триаса смяты в складки одновременно, образуя крутые антиклинали, разделенные широкими пологими синклиналями. Наряду с этим, благодаря широкому развитию эвапоритов в зоне кунгурских образований, здесь развиты диапировые структуры. Отложения мезозоя, характеризующиеся меньшими мощностями и площадями развития, залегают резко несогласно на размытой поверхности палеозоя. Они слабо дислоцированы в более позднее время.

Жилянская тектоническая линия входит в состав Западной подзоны Актюбинского Приуралья и представлена Акташской и Жилянской антиклиналями. В пределах линии Жилянская брахиантиклиналь расположена южнее и чуть западнее Акташской складки. Она находится на водоразделе рек Бутак и Жаксы-Карагала в районе возвышенности Жилян-тау, от которой и получила свое название. Впервые она была описана В.Е. Руженцевым.

В плане она имеет форму сплюснутого эллипса, ядро которого сложено артинскими грубообломочными образованиями. В осевой части складки артинские отложения характеризуются пологими углами падения (5-10°), в то время как на крыльях они увеличиваются до 45-50°. Западнее и восточнее крылья Жилянской антиклинали сложены кунгурскими отложениями, по которым отчетливо прослеживаются ее северное периклинальное замыкание.

На западном крыле антиклинали отложения кунгура перекрываются красноцветами средней и верхней перми. Восточное крыло несогласно

перекрывается юрскими образованиями, а на юге аллювиальными отложениями.

Сейсмической съемкой методом отраженных волн, а также глубоким бурением, Жилинская складка прослежена по оси на 24 км. На севере наблюдается периклинальное окончание антиклинали и относительно быстрое погружение. В южном направлении отмечается весьма пологое погружение оси складки. Здесь Жилинская антиклиналь осложнена продольным надвигом, по которому восточное крыло приподнято и надвинуто на западное. В северном направлении амплитуда надвига затухает. Угол падения надвига достигает 35-45°. По данным бурения и сейсмической съемки южная часть Жилинской антиклинали в осевой части сложена мощной толщей эвапоритов кунгура, мощность которых на восточном крыле резко падает.

В разрезе южная часть Жилинской антиклинали представляет собой типичную опрокинутую складку. Характерной её особенностью является скопление хемогенных толщ кунгура в западном крыле. В результате этого образуется вторичная антиклинальная складка, кунгурский свод которой сдвинут по отношению свода артинских отложений на 1,5-2,0 км к западу. Такое несоответствие сводов характерно для всех антиклиналей западной части Актюбинского Предуралья (рис. 1).

Вся площадь Актюбинского Приуралья покрыта аэромагнитной и гравитационной съемками. К западу от Жилинской антиклинали пройден региональный съемочный профиль методом отраженных волн протяженностью 100 км. По характеру магнитного поля Актюбинское Приуралье относится к восточной зоне, характеризующейся в целом спокойным отрицательным полем (до 150 нТ), с рядом положительных аномалий. Район месторождения приурочен к Актюбинскому гравитационному минимуму порядка 40 миллигал. Этот минимум, по мнению Ю.Д. Иванюкова, приурочен к области глубокого погружения докембрийского фундамента. В гравитационном отношении Актюбинское Приуралье характеризуется чередованием положительных и отрицательных аномалий силы тяжести меридионального или субмеридионального простирания. А.Я. Яшин считал, что собственно Уральский прогиб проходит западнее г. Актюбинска и закрыт чехлом мезозойских отложений. По его данным ось прогиба в южном направлении выполаживается, и он постепенно переходит в платформу [18].

Исходя из анализа всех тектонических процессов, основные несогласия наблюдаются между нижним и верхним триасом. Это дает основание предполагать, что окончательное формирование пермских структур произошло в нижнем триасе. По-видимому, в этот период произошли также крупные тангенциальные движения, которые привели к образованию надвигов. Наличие нескольких перерывов в осадконакоплении мезозойских отложений также указывает на тектонические подвижки не только колебательного характера. Все более поздние дислокации вызваны в основном именно этими колебательными движениями и проявлением соляной тектоники.

По схемам геоморфологического и неотектонического районирования южной конечности Урала и ее периферии (по Е.Д. Тапалову) рассматриваемая

территория расположена в пределах геоморфологической области – Подуральского плато, геоморфологического района – Актюбинской депрессии. По геоморфолого-неотектоническому районированию В.И. Бабак и Н.Н. Николаева (1984) им соответствуют таксоны уровня – мегаблока и макроблока.

Жилянская структура представляет собой антиклинальную складку, вытянутую почти в меридиональном направлении. Длина этой складки прослежена буровыми работами на расстояние 30 км. Ширина складки 3,5-4,0 км. Ядро складки сложено артинскими грубокластическими осадками – конгломератами и песчаниками, установленными в северной части структуры, выходящими на поверхность в виде возвышенности Жилян-Тау. В центральной и южной частях месторождения артинские отложения залегают на глубине и изучены бурением. Глубина залегания в сводовой части артинского поднятия непостоянна и варьирует в значительных пределах. Так, на севере артинские отложения выходят на поверхность, в 6 км на юг глубина их залегания составляет около 400 м, а еще южнее на 4 км, находятся на глубине не более 200 м. В ядре складки слои залегают, довольно полого, но на крыльях падение их равномерно увеличивается и составляет 20-25°. Артинские породы перекрываются кунгурской гидрохимической толщей, которая, в свою очередь, перекрыта красноцветами верхней перми и мезо-кайнозоя [18].

По геодинамическим условиям район Жилянского месторождения находится в сложных тектонических условиях, находясь на стыке Прикаспийской синеклизы (с запада и непосредственно на площади), Предуральского краевого (с севера) прогиба и Уральской складчатой системы (с востока). Блоково-надвиговое взаимодействие этих крупных тектонических структур осложняется соляно-купольной тектоникой, формируя сложную современную геодинамическую обстановку. Основная геодинамическая активность, по-видимому, связана с системой меридионального тектонического нарушения, проходящего через всю Жилянскую площадь с юга на север. Его пересекают многочисленные локальные субширотные и диагональные линеаменты, которые в свою очередь «оперяются» короткими линеаментами [16].

На территории Жилянского месторождения проведен морфонеотектонический и линеаментно-геодинамический анализ на основе аэрокосмогеологических исследований, по методикам, изложенным в работах [1, 3-18, 20, 21]. Было установлено, что двумя крупными линейными зонами тектонических нарушений, отраженных системой линеаментов субмеридионального и север-северо-западного простирания, Актюбинский макроблок разделен на три мезоблока, линейно-вытянутых в этом же направлении. С северо-запада и юго-востока они ограничиваются двумя зонами линеаментов северо-восточного простирания (60°). Таким образом, в рассматриваемом районе Жилянского месторождения с прилегающей территорией выделено 5 мезоблоков (рис. 2).

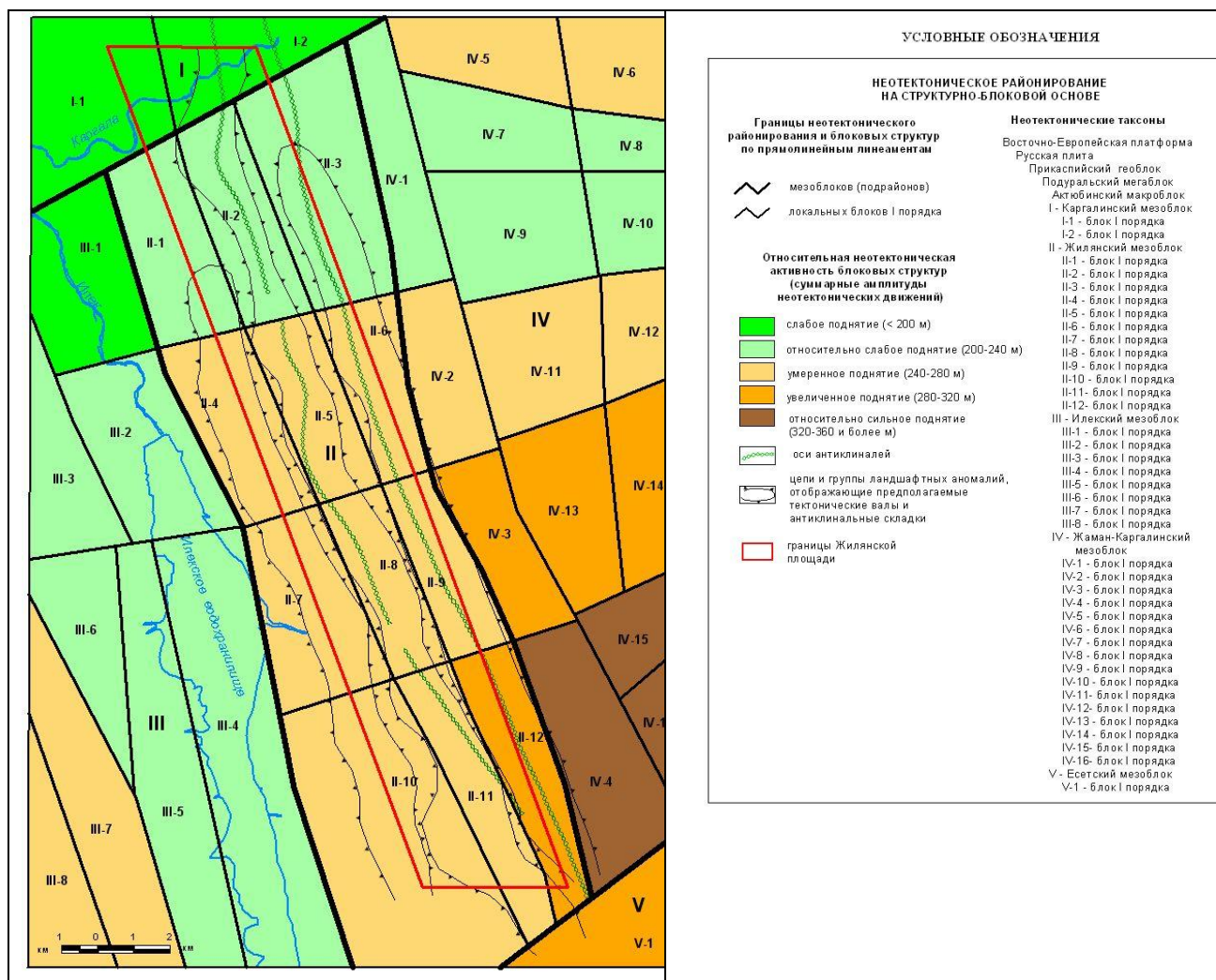


Рис. 2. Неотектоническое и геодинамическое районирование Жилианской площади [15]

Оценка геодинамической (неотектонической) активности территории проводилась по распределению плотности линейментов и мегатрещиноватости (по их протяженности на единицу площади) [3]. Всего на рассматриваемой территории (в контурах горного отвода Жилианского месторождения калийных солей) по результатам АКГИ масштаба 1:25 000 установлено 1880 линейментов, 8 локальных геодинамических активных зон (с очень высокой плотностью линейментов), их размеры составляют в длину 0,7-4,0 км, в ширину 0,3-0,8 км. В их пределах установлены 13 участков (с чрезвычайно высокой плотностью линейментов), с размерами от 0,1x0,2 до 0,6x1,5 км (рис. 3). К сожалению, отсутствие данных по геофизике, в первую очередь по гравиметрии и электроразведке не позволяет дать глубинный анализ этих аномалий. В более благоприятной геодинамической обстановке будут находиться участки с фоновыми и пониженными значениями неотектонической активности.

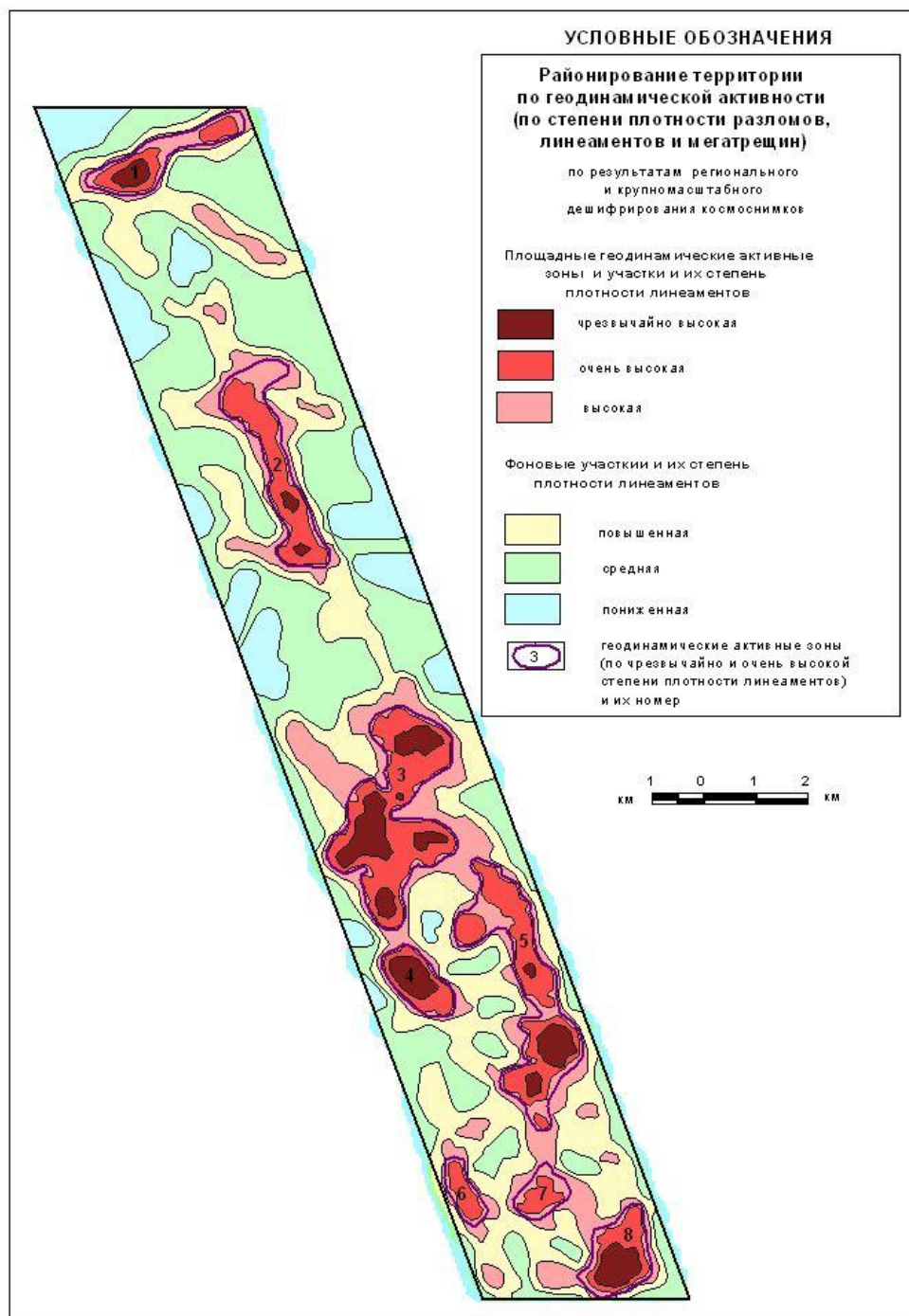


Рис. 3. Геодинамическое районирование района Жилиянского месторождения калийных солей. Масштаб 1:25 000

Аномальные зоны и участки необходимо учитывать при планировании горных работ и промышленном освоении Жилиянского месторождения. Вероятно, следует исключить локальные участки в пределах геодинамических активных зон с чрезвычайно высокой трещиноватостью из разработки месторождения, оставив целики.

Библиографический список

1. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.
2. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жилиянского калийного месторождения (Казахстан) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
3. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 5-14.
4. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 63-76.
5. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
6. 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.
7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 165-167.
8. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
9. 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.
10. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.
11. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности Тюбегатанского месторождения калийных солей (Южный Узбекистан) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. № 14. С. 36-39.
12. 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.
13. Копылов И.С. Результаты детального дешифрирования космических снимков для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков города Кентау (Южный Казахстан) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 284-291.
14. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
15. Копылов И.С., Ковин О.Н., Голдырев В.В., Малеев Э.Е., Брюхов В.Н. Основные факторы горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021.

16. 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.

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

18. Наумов В.А., Коноплев А.В., Копылов И.С. и др. Подготовка исходных геологических данных для разработки ТЭО строительства горно-обогатительного комбината на базе Жилинского месторождения калийных солей. Отчет о НИР. ЕНИ ПГНИУ, Пермь, 2012.

19. Фортунатов Г.А., Красюк Н.Ф., Земсков А.Н., Иванов О.В. Газоносность соляных пород калийных месторождений Жилинское и Сатимола (Казахстан) // *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2014. № 11. С. 88-98.

20. 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*. Пермь, 2019. С. 48-54.

21. 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 (см. в книгах)*. 2015. № 1-3. С. 305-311.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ МАРГАНЦЕВЫХ РУД НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ

Рассмотрены перспективы поисков марганца территории в пределах Североуральского марганцеворудного района вдоль границы складчатого Урала и Западно-Сибирской плиты. Изучены геологические предпосылки марганцевоносности района и прилегающей территории. Разработан концептуальный подход к проведению прогнозно-поисковых работ на Верхневольинской площади.

Ключевые слова: марганец, прогнозно-поисковые работы, перспективные участки, геологические предпосылки марганцевоносности, методика исследований, Северный Урал.

I.S. Kopylov¹, V.M. Babenyshev²

¹Perm State University, Perm, Russia

²Khanty-Mansi Autonomous Okrug - Ugra V.I. Shpilman «Scientific-Analytical Center for the Rational Use of Mineral Resources», Khanty-Mansiysk, Russia

PROSPECTS FOR SEARCHING FOR MANGANESE ORE IN THE NORTHERN URALS

Prospects for prospecting for manganese in the territory within the Severouralsky manganese ore region along the border of the folded Urals and the West Siberian plate are considered. The geological prerequisites for the manganese content of the region and the adjacent territory have been studied. A conceptual approach to forecasting and prospecting works in the Verkhnevolinskaya area has been developed.

Key words: manganese, forecasting and prospecting works, promising areas, geological prerequisites for manganese content, research methodology, Northern Urals.

Введение

Поиски и оценка ресурсов марганцевых руд является важной стратегической геологической и экономической задачей для Урала и Западной Сибири, где ресурсы их практически исчерпаны. Территория на стыке Урала и Западной Сибири до сих пор остается относительно слабо изученной территорией в виду сложного геологического строения и труднодоступности для изучения.

Цель: выявление основных геологических предпосылок марганцевоносности на Северном Урале на стыке с Западно-Сибирской плитой и разработка концептуального подхода к проведению прогнозно-поисковых работ (на примере Верхневольинской площади).

Основные геологические предпосылки марганцевоносности района и прилегающей территории

Верхневольгинская площадь проектируемых прогнозно-поисковых на марганцевые руды работ по минерагеническому районированию [7] располагается в западной части Западно-Сибирской минерагенической провинции, в Марсятско-Ляпинской фосфорито-марганцеворудной минерагенической зоне.

Основные перспективы прилегающей территории связаны с осадочными месторождениями марганца в пределах Североуральского марганцеворудного района, который протягивается почти на 200 км субмеридиональной полосой вдоль границы складчатого Урала и Западно-Сибирской плиты. Район характеризуется довольно значительными запасами разведанных марганцевых руд, сконцентрированных в пределах Полуночного и Марсятского марганцеворудных узлов.

В Североуральском марганцеворудном районе известно 12 промышленных месторождений марганца – Полуночное, Марсятское, Тыньинское, Лозьвинское, Юркинское, Березовское, Новоберезовское, Южно-Березовское, Ивдельское, Южно-Ивдельское, Екатерининское, Собянинское.

Основной марганцеворудный горизонт относится к основанию палеогеновых отложений, хотя иногда встречается в других отложениях – более древних и более молодых. Главный марганцеворудный горизонт промышленного значения представлен палеоценовыми отложениями полуночной пачки марсятской свиты с пластообразными рудными залежами, полого погружающимися в восточном направлении до полного выклинивания. На Тыньинском месторождении вскрыт также горизонт марганцевых руд (средняя мощность 0,92 м), приуроченный к поздне меловым отложениям усть-маньинской свиты. К востоку от Екатерининского месторождения пласт руд (0,3 м) установлен в основании ганькинской свиты маастрихта.

По падению рудные залежи прослеживаются иногда на 1,5-2,5 км, мощность колеблется от 0,1 до 3,8 м. С.Д. Рабинович [22] дополнительно разделяет полуночную пачку на 3 горизонта – диатомитовый, бейделлитовый и монтмориллонитовый. Для пачки характерна большая фациальная изменчивость, горизонты не являются выдержанными. Тем не менее, в основании каждого горизонта выделяется базальный слой, слагаемый гравийно-галечным материалом, далее следуют пески, алевриты, глауконит-кварцевые песчаники, кварц-глауконитовые алевролиты, с прослоями песчаных глин и карбонатных марганцевых руд. Все три горизонта развиты далеко не повсеместно, в южной части района обычно присутствует один из них (средний). Соответственно, на месторождениях присутствует от одного (Колинское месторождение) до трех (Тыньинское месторождение) ритмов рудоносного осадконакопления, в связи с чем, мощность рудоносного слоя к югу от района изменяется от 0,5 до 9 м. Мощность полуночной пачки – до 30 м. Подавляющую часть запасов составляет карбонатный тип руд, представленный несколькими разновидностями: песчаной, песчано-глинистой, кремнистой, конкреционно-глинистой, глинистой. Преобладают песчано-глинистые и

песчаные руды. Наиболее распространенными минералами в карбонатных марганцевых рудах являются манганокальцит и кальциевый родохрозит, а в окисленных – пиролюзит, псиломелан и манганит. Средний химический состав карбонатных руд (вес.%): Mn 17, 5-23; Fe 3, 3-6, 6; SiO₂ 20, 4-35; P 0, 1-0, 3; CaO 2, 4-6, 7. Для окисленных руд средние содержания (вес.%): Mn 20-34, 6; SiO₂ 19, 8-41, 6; FeO 2, 1-7, 5; P 0, 1-0, 5. По размерности месторождения относятся к малым и средним. Их суммарные запасы составляют 41, 7 млн.т руды. Часть месторождений отработаны (Полуночное, Южно-Ивдельское). Месторождения Тыньинское, Березовское и Южно-Березовское числятся как эксплуатируемые, хотя добыча на них не производится. Остальные месторождения являются резервными [7, 8, 22].

Юркинское месторождение расположено в 2,2 км к северо-востоку от пос. Полуночное. Открыто в 1949 году, разведано в 1954 году по сети 100 x 50 м до глубины 250 м. Марганцевые руды приурочены к полуночной пачке мощностью до 30 м, залегающей в основании марсятской свиты. Мощность полуночной пачки на Юркинском месторождении – 6 - 30 м. Пласт марганцевых руд имеет размеры 5,0 x 0,1 - 1,0 км, мощность по С.Д. Рабинович [20] от 0,5 до 13 м, средняя – 5,75 м, а промышленного пласта – 3,15 м. Глубина залегания кровли 117–323 м, падение восточное под углом 3-4°. Руды конкреционно-глинистые и песчано-глинистые, состоят из кальциевого родохрознита, реже манганита, пиролюзнита и псиломелана. Содержание в рудах (%): Mn – 16,68; Fe – 4,21; Si – 33,99; P – 0,14; Ca – 4,38. Месторождение резервное.

Березовское месторождение расположено в 2,5 км к юго-востоку от пос. Полуночное. Открыто К.Б. Вейнбергом в 1932 году. Разведывалось в 1950 году по сети 75 x 25 и 100 x 50 м. Разрабатывалось в 1946-1956 гг. Рудный пласт залегает в нижней части марсятской свиты (полуночная пачка) имеет выходы на поверхность, размеры его 1,5 x 0,3 км, мощность от 0,5 до 11 м; обычно 3 - 6 м. Минимальная мощность для промышленных руд принята 1 м, средняя по месторождению – 3 м [22]. Складчатость рудного пласта интенсивная, антиклинальная складка осложнена на юге флексурой. Падение крыльев антиклинали под углами 30-90°. Руды карбонатные (песчано-глинистые), сложены кальциевым родохрозитом и манганосидеритом. Состав руд (%): Mn – 20,41; Fe – 3,26; Si – 27,98; P – 0,18; Ca – 5,26. Месторождение числится как эксплуатируемое, хотя добыча на нем не производится.

Ивдельское месторождение расположено в 3 км к северу от г.Ивдель. Открыто в 1941 году при прокладке железной дороги. Разведано в 1956 году по сети 75 x 50 м до глубины 200 м. Размеры месторождения 3 x 5 км. Как и на других объектах, марганцевые руды приурочены к нижней части разреза марсятской свиты – полуночной пачке. В северной части месторождения пласт марганцевых руд смят в антиклинальную складку (падении оси западное под углами 40-70°), на юге он погружается на восток под углами 10-20°. Рудоносный горизонт мощностью до 22 м, чаще 3-6 м состоит из раздвоенного рудного пласта, содержащего линзу диатомита от 2 до 7 м в поперечнике. Глубина залегания кровли 0-264 м. Руды карбонатные песчано-глинистые и

песчанистые с конкрециями кремнистых, состоят из кальциевого родохрозита. Химический состав (%): Mn – 18,61; Fe – 4,34; Si – 27,24; P – 0,14; Ca – 5,68. Месторождение резервное.

На основании вышесказанного, основными геологическими предпосылками перспективности территории Верхневольинской площади являются:

1) наличие на рассматриваемой площади потенциально марганценосных прибрежно-морских осадочных отложений палеоценового и поздне мелового возраста;

2) наличие в непосредственной близости, западнее рассматриваемой площади, Североуральского марганцеворудного района с известными месторождениями марганца в сходных фациальных условиях;

3) наличие проявления марганцевых руд – Яны-Нял-Лох-Сос, непосредственно на рассматриваемой площади – в бассейне р. Волья и ее левого притока р.Томынгья (63°07'40''с.ш., 60°35'55'').

Непосредственно на территории Верхневольинской площади, еще в конце пятидесятых годов было XX века, геологосъемочными работами масштаба 1:200 000 под руководством В.А. Лидера (1960, 1963) было выявлено проявление марганца, названное по одноименному ручью Яны-Нял-Лох-Сос (рис.1).

На современных топографических картах масштаба 1:200 000 (издание 1992 г.) и др. этот ручей носит название – р. Томынгья. В 13 км выше его устья, в береговых обрывах высотой до 3 м по контакту светлых диатомитов верхнего мела и темных глинистых диатомитов нижнего палеоцена вскрыт горизонт конкреционных марганцевых руд. Размер конкреций 0,2-0,4 м в диаметре. Содержание MnO до 24,1% (первичная руда) и 26,95% (окисленная руда). Проявление не было изучено [2, 7, 20, 22].

На участке проявления Яны-Нял-Лох-Сос по геологическим предпосылкам выделен Вольинский потенциальный марганцеворудный узел (марганценосный карбонатный рудный формационный тип), где рекомендована постановка прогнозно-поисковых работ [21]. Прогнозные ресурсы категории P₃ составляют 76.5 млн. т (авт. – Кошевой В.Н., Душин В.А. и др., 2002).

Концептуальный подход к проведению прогнозно-поисковых работ на Верхневольинской площади.

Методология выполнения работ включает: цель, задачи, методы, технологии, средства.

Цель. Проведение прогнозно-поисковых работ на Верхневольинской площади с целью выявления марганцевых руд. Выделение перспективных участков на марганцевые руды в пределах площади. Обоснование и локализация прогнозных ресурсов марганцевых руд по категории P₂.

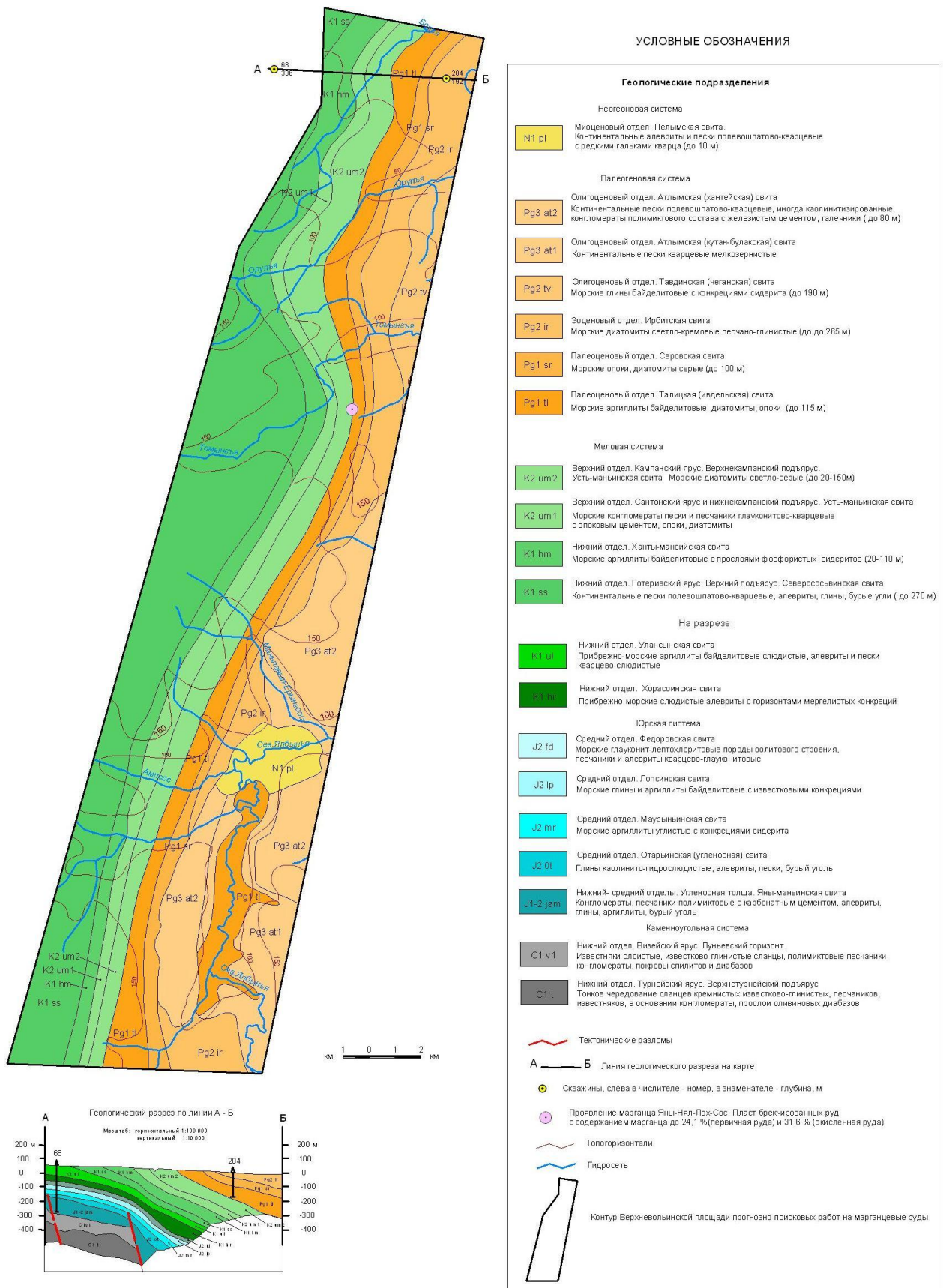


Рис. 1. Геологическая карта Верхневолынской площади (уменьшение с масштаба 1:100 000; по материалам [2] с уточнением)

Для выполнения поставленной цели определены *основные геологические задачи*:

1). Уточнение площади развития потенциально марганцевоносных верхнемеловых (компанский ярус) и нижнепалеоценовых отложений талицкой свиты с выделением рудоперспективных фаций.

2). Проведение структурно-геодинамического анализа территории с применением аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) для уточнения неотектонических критериев и рудоконтролирующих факторов марганцевоносности (по методикам АКГИ поисков полезных ископаемых [1, 9-19]).

3). Выделение участков, перспективных на марганцевые руды в пределах Верхневольинской площади.

4). Изучение параметров марганцевого проявления Яны-Нял-Лох-Сос, как базового для определения геолого-промышленного типа марганцевых руд, выявления поисковых критериев и признаков для составления геолого-поисковой модели.

5). Оценка прогнозных ресурсов марганцевых руд по категории P_2 на выделенных перспективных участках.

6). Создание банка данных геологической информации с использованием современных ГИС-технологий.

Методика работ базируется на основе методических и нормативных документов. Полнота и качество конечной продукции должны соответствовать геологическому (техническому) заданию, утвержденной проектно-сметной документации на выполнение прогнозно-поисковых работ по объекту, действующим нормативным актам и документам, используемых по соответствующим направлениям геологического (технического) задания:

- временным требованиям к организации, проведению и конечным результатам геологосъемочных работ, завершающихся созданием Госгеолкарты-200 (второе издание). МПР РФ. М., 1999. 160 с;

- инструкции о порядке, составе и формах представления в ГБЦГИ информации о результатах поисковых и разведочных работ на твердые полезные ископаемые»;

- инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений, М., 1983;

- классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., ГКЗ, 1997 г;

- методическому руководству по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., 1989;

- методическому руководству по геологической съемке масштаба 1:50 000. Л., 1978;

- методическим указаниям по оценке, апробации и учету прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. МПР РФ, М., 1997;

- петрографическому (1995) и Стратиграфическому (1992) кодексам;

- ГОСТу 7.63-90. Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению. 1992 г.

Основным методом поисков месторождений марганца на перспективных площадях, установленных в результате регионального геологического картирования масштаба 1:200 000, являются геологические съемки в масштабах 1:50 000-10 000 с применением в закрытых районах картировочного бурения, литогеохимические съемки по потокам и открытым ореолам рассеяния, биогеохимические поиски, геофизические методы (наиболее эффективны – ВЭЗ). Сложные и специфические условия природно-геологической среды Верхневольинской площади (наличие многолетнемерзлых пород островного типа; многочисленных тектонических нарушений, фиксируемых в поверхностных ландшафтах на современных космических снимках; фациально невыдержанных осадочных толщ с нечеткими разновозрастными контактами пород и др.) обуславливают применение более полного комплекса геологических работ с применением детальных АКГИ [9-19], особенно на первой – опережающей стадии работ (масштаб 1:50 000) для выделения перспективных участков, на которых, в дальнейшем будут сконцентрированы поисковые виды работ (масштаб 1:10 000).

Последовательность и технологии исследований

Для эффективного выполнения исследований, работы целесообразно провести в 4 этапа общей продолжительностью 3 года (выделив из начального этапа, проектирование и подготовительный период) в следующей последовательности:

I этап - проектирование и подготовительный период включают:

- сбор, анализ и систематизация геологических и геофизических данных, создание банков данных ретроспективной информации. Составление картограмм изученности, предварительных карт с применением ГИС-технологий. Выбор рациональной методики проведения работ, выделение опорных и первоочередных участков для проведения полевых работ.

- составление и утверждение проектно-сметной документации;

- подготовительные работы.

II этап - работы начального цикла:

Работы начального цикла проводятся по всей площади, включают: организацию полевых работ, дистанционные исследования, профильные геофизические работы масштаба 1:50 000, геологические маршруты, шлиховое опробование, литохимические работы по первичным ореолам рассеяния, проходку открытых горных выработок и бурение картировочных скважин, лабораторные исследования.

Основные виды работ на II этапе:

- дистанционные исследования – включают предполевое комплексное (геологическое, структурное, геоморфологическое) дешифрирование космических снимков для выявления сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, установление их контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных формаций, тел и месторождений; для выделения участков распространения мерзлых и талых пород (необходимых для корректировки геофизических параметров); картирования и выявления потенциально

перспективных объектов на поиски марганца; линеаментно-геодинамический анализ и структурно-геоморфологические исследования для выявления геодинамически активных участков – вероятных мест переотложенных и смещенных рудных тел.

- профильные геофизические работы масштаба 1:50 000, включающие методы магниторазведки и электроразведки – для выделения аномальных участков перспективных на марганец. Объем работ по 100 км. Работы будут проводиться по всей площади, с преимуществом в центральной и восточной части площади; по подготовленным профилям шириной 0,7 м расстояние между профилями 500 м (для чего предполагаются топографо-геодезические работы, прорубка визирок и просек). Проектируются в летний и зимний полевой сезон.

Электроразведочные работы целесообразно производить методом ВЭЗ в профильном варианте с применением симметричной установки АМNB с разносами питающей линии АВ-2000 м, и аппаратурой ЭРА-В-ЗНАК и АНЧ-3.

Магниторазведочные работы целесообразно производить с использованием аппаратуры ММП-203-М-1С и магнитовариационной станции ММПГ-1 с частотой наблюдения в 15 сек. Точность магнитных исследований 2-3 нТл.

Необходимо отметить, что геофизические работы предполагаются проводить в сложных геофизических условиях, в условиях низкого электрического сопротивления, при наличии островов мерзлоты, которые создают неучитываемые помехи, искажающие нормальную кривую ВЭЗ, так, что она не поддается интерпретации. Необходима постановка предварительных опытных работ.

- геологические маршруты масштаба 1:50000 методом геологического обследования являются одним из основных видов полевых работ. Работа проводится по готовой геологической основе, построенной в подготовительный период по материалам предшественников, путем изучения геологического строения участков, на которых установлены косвенные или прямые признаки марганца. Основные методы – прослеживание по простиранию (маркирующих горизонтов, контактов, рудных тел и др.) и метод пересечений. Формальная сеть маршрутов – вкрест простирания пород через 0,5 км составит $80 \times 8 = 640$ км. На прослеживание контактов: $80 \times 5 = 400$ км. Контроль 5% - 60 км. Объем составит $640 + 400 + 60 = 1100$ км.

Предусматривается изучение и опробование опорных разрезов вдоль рек по обоим бортам. Весь объем работ исходя из геологических условий и опыта работ составит 23 500 пм (на данном этапе примерно половина этого объема – 12 000 пм).

- шлиховое опробование включает опробование водотоков (по притокам и временным водотокам в бассейнах рек Орупья, Томынгья, Сев. Ялбынья, Кельпатасос), их длина составляет порядка 200 км, опробование через 500 м и опробование пород из скважин и горных выработок. Объем работ – 200 км, на данном этапе – 100 км;

- литохимическое опробование по вторичным ореолам и потокам рассеяния является обязательным видом работ на стадии поисков (согласно Инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений, М., 1983). Сеть опробования для масштаба 1:50 000 составляет 500x50 м. Работы целесообразно проводить в полосе распространения пород палеоцена и компанских отложений верхнего мела;

- проходка открытых горных выработок включает проходку шурфов (объем работ 500 пм, на данном этапе – 250 пм) и проходку траншей (объем работ 1500 м³, на данном этапе – 500 м³). Работы будут сосредоточены в полосе выходов палеоценовых и компанских пород в центральной части площади с севера на юг;

- бурение поисково-картировочных скважин имеет геологическую цель - изучение палеоценовых и компанских пород. Предусматривается описание и опробование керна скважин, проведение ГИС. Работы круглогодичные. Предусматривается бурение двух видов скважин различными буровыми станками по глубине проходки: до 300 м (с ГИС) и до 25 м. Поисковое бурение до глубины 300 м будет осуществляться самоходными буровыми станками УРБ-2А-2, УРБ-4 Т. Картировочное бурение скважин до 25 м будут проводиться станками УКБ-12/25. Весь объем бурения 9 000 пм, на данном этапе: бурение до 300 м – 3000 пм, до 25 м – 1000 пм.

- камеральная обработка материалов включает: создание банков данных первичной фактографической информации, составление макетов геохимических, геофизических, дистанционных основ, предварительных геолого-поисковых моделей, выделение перспективных участков для проведения более детальных работ.

III этап - работы основного цикла:

Прогнозно-поисковые работы на участках детализации, включают: – геофизические исследования масштаба 1:10 000, поисковые маршруты, составление опорных разрезов, шлиховое опробование, литохимические работы по первичным ореолам рассеяния, проходку открытых горных выработок, сгущение сети картировочных и бурение поисковых скважин, геофизические исследования скважин, камеральные и лабораторные работы.

Работы основного цикла проводятся на участках детализации с общими задачами: выявления масштабов и геолого-промышленного типа марганцевых руд, получения необходимых параметров для оценки прогнозных ресурсов марганцевых руд по категории Р₂ на выделенных перспективных участках.

Объемы основных видов работ на III этапе составят:

- магниторазведочные работы масштаба 1:10 000. Объем работ на данном этапе – 100 км;

- электроразведочные работы масштаба 1:10 000. Объем работ на данном этапе – 100 км;

- поисковые маршруты. Объем работ на данном этапе – 1000 км;

- геологические маршруты по составлению опорных разрезов - 11 500 пм.

- шлиховое опробование. Объем работ на данном этапе – 100 км;

- литохимическое опробование по первичным ореолам рассеяния (сеть

опробования для масштаба 1:10 000 составляет 100x10 м по профилям, ориентированных вкрест простирания предполагаемых рудных зон). Объем работ на данном этапе – 250 км;

- проходка шурфов. Объем работ на данном этапе – 250 пм;
- проходка траншей. Объем работ на данном этапе – 1000 м³;
- бурение картировочных скважин до 25 м. Объем работ на данном этапе – 1000 пм;
- бурение поисковых скважин до 300 м. Объем работ на данном этапе – 3000 пм;
- геофизические исследования скважин. Будут включать методы ГК, ГГК, КС, ЕПС, МЭК, инклинометрию;
- лабораторные работы. Предусматриваются следующие виды лабораторных работ: химические анализы, спектральные анализы, минералогические анализы, петрографические исследования.
- камеральная обработка материалов. Создание геолого–поисковых моделей и прогнозных карт, отображающих литолого–стратиграфические, структурные и иные особенности локализации марганцевых руд.

IV этап:

Работы завершающего цикла – включают завершение бурения поисковых скважин (объем 1000 пм) с ГИС, ликвидацию полевых работ и окончательные камеральные работы.

Предполагаемые результаты исследований включают:

- разработка и создание базы данных;
- составление результирующих карт (фактического материала площади работ масштаба 1:50 000; фактического материала участков детальных работ масштаба 1:10 000 – предположительно по 5 участкам; схематическая геологическая карта площади масштаба 1:50 000 с полезными ископаемыми и элементами прогноза; схематические геологические карты участков детальных работ с разрезами; специальные геофизические и геохимические карты) с использованием программных продуктов ArcView и ArcGis.
- оценка и апробация прогнозных ресурсов марганцевых руд по категории P₂;
- разработка рекомендаций о целесообразности и очередности проведения дальнейших работ;
- составление геологического отчета в ГИС-технологиях.

Библиографический список

1. Бабеньшев В.М., Копылов И.С. Результаты прогнозно-поисковых работ на меднополиметаллические руды на Приполярном Урале в пределах Тыкотловской площади // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 320-329.

2. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист Р-41-VII. Серия Северо-Уральская. Карта дочетвертичных отложений. Карта четвертичных отложений. Карта полезных ископаемых – 1960. Объяснительная записка. / В.А. Лидер, В.П. Мухина. Ред. А.П. Сигов. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 96 с.

3. Геологическая карта Урала. Дочетвертичные образования. Масштаб 1:200 000. Р-41-VII (Верх.Нильдино) / Гл. ред. И.Д. Соболев. М.: Главн. управл. геодезии и картографии Министерства геологии СССР. 1966.
4. Геология СССР. Том XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Часть 1. Геологическое описание. Книга 1 / Гл. ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1969. 723 с.
5. Геология СССР. Том XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Полезные ископаемые / Гл. ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1973. 632 с.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000, (новая серия). Лист Р-40, 41 – Североуральск (новая серия). Карта дочетвертичных образований. Карта четвертичных образований. Карта полезных ископаемых. Геоморфологическая карта. Объяснительная записка / Отв. ред. О.А. Кондаин. СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 1995. 240 с.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Уральская серия – Лист Р-41 (Ивдель). Объяснительная записка / Главный научный редактор Е.К. Ковригина. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2005. 297 с.
8. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2004 г. // Марганцевые руды. Уральский ФО / Т.О. Косенкова, Х.М. Валиулин, В.Н. Полуэзов. М.: РФГФ, 2004.
9. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на промышленной площадке и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, С. 148-158.
10. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
12. 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.
13. 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.
14. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.
15. Копылов И.С., Бабенышев В.М. Поиски полиметаллов и золота на Приполярном Урале с применением аэрокосмических методов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 159-166.
16. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 95-100.
17. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 77-84.
18. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131с.
19. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. 2019. С. 145-158.
20. Кошевой В.Н., Душин В.А. и др. Отчет по теме 59-202-2000 «Составление геологического атласа Урала территории Ханты-Мансийского автономного округа масштаба 1:500 000». Екатеринбург: ТГФ, 2002.
21. Кривоножков В.Г., Пономарев В.А. «Оценка марганцевоносности геологических формаций Тюменского Урала» и «Выявить закономерности размещения и формирования фосфоритов Полярного Урала на основе прогнозно-металлогенетического анализа». 1994.
22. Рабинович С.Д. Североуральский марганцеворудный бассейн. М.: Недра, 1971. 361 с.

Н.С. Санникова¹, К.А. Равелев^{1,2}, А.В. Козлов^{1,2}, А.О. Вотинова^{1,2}

¹НОЦ Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений, г. Пермь, Россия

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, Kirill.Ravelev@pstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛОВ, СЛАГАЮЩИХ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, НА ИНТЕНСИВНОСТЬ УХУДШЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА

В данной работе исследована интенсивность ухудшения коллекторских свойств призабойной зоны пласта, связанного с кольтматацией порового пространства частицами горных пород, в зависимости от их литолого-минералогического состава. В процессе исследования подобраны целевые объекты для решения поставленного вопроса, а именно бобриковский терригенный и турнейско-фаменский карбонатный пласты трех нефтяных месторождений с северной части Пермского края. Данные объекты исследования находятся в непосредственной близости друг к другу, приурочены к единой структуре I порядка, свойства и составы пластовых флюидов изменяются в незначительных пределах. Данное описание позволяет наиболее корректно оценить естественное ухудшение фильтрационных свойств околоскважинной зоны пласта за счет засорения пор частицами твердой фазы в процессе эксплуатации скважин. В ходе работы проанализированы результаты гидродинамических исследований скважин, а также базы геолого-технических мероприятий по интенсификации добычи нефти. Помимо этого, проведены исследования по определению процентного содержания компонентов, слагающих турнейско-фаменские отложения рассматриваемых объектов разработки, с целью выявления причины отличия темпов изменения скин-фактора. В результате работы определены факторы, непосредственно влияющие на интенсивность ухудшения фильтрационных характеристик в призабойной зоне пласта.

Ключевые слова: коллектора, минералы горных пород, фильтрационные свойства, скин-фактор, кольтматация порового пространства.

N.S. Sannikova¹, K.A. Ravelev^{1,2}, A.V. Kozlov^{1,2}, A.O. Votina^{1,2}

¹Research and Education Center for Geology and Development of Oil and Gas Fields, Perm, Russia

²Perm Polytechnic University, Perm, Russia

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF MINERALS FORMING ROCKS ON THE INTENSITY OF DETERIORATION OF THE COLLECTOR PROPERTIES OF THE BOTTOMHOLE ZONE

In this paper, the intensity of the deterioration of the reservoir properties of the bottomhole zone, associated with the clogging of the pore space with rock particles, depending on their lithological and mineralogical composition, is investigated. In the course of the study, target objects were selected to solve the question posed, namely, the Bobrikovsky terrigenous and Tournaisian-Famennian carbonate layers of three oil fields from the northern part of the Perm region. These objects of study are in close proximity to each other, confined to a single structure of the 1st order, the properties and compositions of reservoir fluids vary within insignificant limits. This description allows the most correct assessment of the natural deterioration of the filtration properties of the near-wellbore zone of the formation due to clogging of the pores with particles of the solid phase during the operation of wells. In the course of the work, the results of hydrodynamic studies of wells, as well as the base of geological and technical measures to stimulate oil production, were analyzed. In addition, studies were carried out to determine the percentage of components that make up the Tournaisian-Famennian deposits of the considered development objects, in order to identify the reasons for the difference in the rate of change of the skin factor. As a result of the work, the factors that directly affect the intensity of deterioration of filtration characteristics in the bottomhole zone have been determined.

Key words: reservoirs, rock minerals, filtration properties, skin factor, pore space clogging.

В настоящее время большинство месторождений нефти и газа в пределах Пермского края находится на завершающих стадиях разработки, вследствие данного факта наблюдаются низкие значения коэффициентов продуктивности добывающих скважин. Уменьшение продуктивности связано с истощением остаточных извлекаемых запасов нефти, а также с ухудшением коллекторских свойств призабойной зоны пласта (ПЗП) во время эксплуатации скважины [2, 3]. Тенденция снижения гидродинамической связи системы «пласт-скважина» обуславливается кольтматацией поровых каналов частицами горной породы при движении флюидов к забою и засорением за счет органических и неорганических отложений [6, 7].

В данном исследовании, в большей степени, затронута тема загрязнения каналов фильтрации в околоскважинной зоне пласта (ОЗП) при миграции мельчайших частиц твердой фазы. Гидравлическая сила потока пластовых флюидов по связанным каналам породы-коллектора способна отрывать частицы с поверхности пор, трещин, каверн, которые, в свою очередь, могут закупоривать наиболее суженные места по пути их движения к забою скважины. Мельчайшие частицы могут быть представлены различными минералами, слагающими горную породу, и, как отмечается в работе [8], движение данных частиц может привести к серьезным осложнениям, связанных с закупоркой поровых каналов.

Степень загрязнения ПЗП характеризуется гидродинамическим параметром, отражающим дополнительное фильтрационное сопротивление течению флюидов – скин-фактором [5]. Данный параметр демонстрирует отличие фильтрационных свойств в приближенной (призабойной) и удаленной зонах пласта, схематично изображенных на рис. 1, и оценивается по результатам гидродинамических исследований скважин (ГДИС). В случае ухудшенного состояния ПЗП применяются различные геолого-технические мероприятия с целью снижения величины скин-фактора, улучшения фильтрационных характеристик в ПЗП и, как следствие, повышения нефтеотдачи пласта [1, 4].

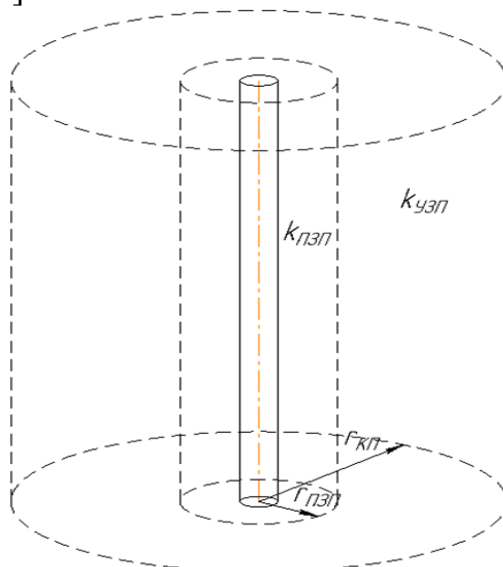


Рис. 1. Схематичное изображение приближенной и удаленной зон пласта

Исходя из проведенного анализа литературы, можно отметить, что кольтматация порового пространства вблизи ствола скважины является актуальной проблемой для изучения. Также выявлено, что по результатам ГДИС, а именно оценки скин-фактора, можно охарактеризовать состояние ПЗП. Из этого вытекает возможность анализа влияния слагающих горную породу минералов, выносимых при фильтрации флюидов, на темпы ухудшения коллекторских свойств в ПЗП. В данной работе исследована интенсивность увеличения значения скин-фактора во время непрерывной эксплуатации скважины в зависимости от литолого-минералогического состава терригенных и карбонатных пород, насыщенных углеводородными ископаемыми. По результатам данного исследования поставлена задача в определении типа коллектора, в котором процесс закупоривания поровых каналах происходит наиболее стремительно, а также минералов, ускоряющих данный процесс.

Для анализа выбрано три месторождения, приуроченных к единой структуре 1 порядка - Соликамской депрессии и находящихся в непосредственной близости друг к другу, а именно Уньвинское (Уньвинский купол), Шершнёвское и Сибирское. Данное расположение месторождений выбрано с целью корректного анализа зависимости скорости изменения скин-фактора от типа коллектора, а именно от минералов, слагающих данные коллектора. Для сравнения рассматриваемого показателя на целевых объектах выбраны бобриковский (Бб) терригенный и турнейско-фоменский (Т-Фм) карбонатный пласты, относящиеся по стратиграфической привязке к единой системе - каменноугольной, залегающие в непосредственной близости друг от друга. Краткая геолого-физическая характеристика выбранных объектов каждого месторождения приведена ниже, в таблице 1.

Таблица 1

Краткая геолого-физическая характеристика

| Показатель | Месторождение | | | | | |
|--|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|
| | Уньвинское | | Шершнёвское | | Сибирское | |
| | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм |
| Тип залежи | пластовая | пластово-массивная | пластовая сводовая | пластово-массивная | пластовая | пластово-массивная |
| Тип коллектора | терр. | карб. | терр. | карб. | терр. | карб. |
| Глубина залегания пласта в своде (абс.отм.), м | -1907,9 | -1956,3 | -1848,2 | -1873,6 | -2021,9 | -2041,1 |
| Проницаемость, мкм ² | 0,254 | 0,041 | 0,602 | 0,022 | 0,251 | 0,021 |

Как было отмечено ранее, снижение гидродинамической связи системы «пласт-скважина» связано с кольтматацией поровых каналов частицами горной породы и засорением за счет органических и неорганических отложений. Для рассмотрения только лишь влияния слагающих горную породу минералов на скорость изменения скин-фактора необходимо изучить состав пластовых

флюидов. В связи с этим в табл. 2 и 3 рассмотрены компонентный состав нефти каждого из объектов и её свойства, в таблице 4 приведены данные по свойствам и составу пластовых вод.

Таблица 2

Компонентный состав пластовой нефти

| Наименование параметра | Месторождение | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
| | Уньвинское (Уньвинский купол) | | Шершнёвское | | Сибирское | |
| | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм |
| Молярная концентрация компонентов | | | | | | |
| - сероводород | <0,01 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| - двуокись углерода | 0,06 | 0,02 | 0,13 | 0,13 | 0,23 | 0,02 |
| - азот+редкие в т,ч, гелий | 4,99 | 5,02 | 6,24 | 6,30 | 1,36 | 4,24 |
| - метан | 23,56 | 23,43 | 12,81 | 13,79 | 16,52 | 29,37 |
| - этан | 11,30 | 10,83 | 7,83 | 7,72 | 11,06 | 12,53 |
| - пропан | 9,65 | 10,49 | 9,21 | 9,01 | 12,02 | 9,35 |
| - изобутан | 1,52 | 1,70 | 1,52 | 1,30 | 1,66 | 1,42 |
| - норм, бутан | 5,38 | 6,14 | 5,89 | 5,35 | 5,23 | 4,60 |
| - изопентан | 2,41 | 3,31 | 2,97 | 2,71 | 1,90 | 1,82 |
| - норм, пентан | 3,10 | 3,60 | 3,62 | 3,29 | 2,29 | 2,24 |
| - гексаны | 4,08 | 5,24 | 4,46 | 4,44 | 2,62 | 3,13 |
| - гептаны и выше | 33,95 | 30,22 | 45,32 | 45,96 | 45,11 | 31,28 |
| Молекулярная масса | 109,2 | 111,2 | 144,52 | 149,2 | 114,22 | 92,28 |

Таблица 3

Свойства пластовой нефти

| Наименование параметра | Месторождение | | | | | |
|---|----------------------------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
| | Уньвинское (Уньвинский купол) | | Шершнёвское | | Сибирское | |
| | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм |
| Давление пластовое, МПа | 23,6 | 24,0 | 20,3 | 20,4 | 16,3 | 25,0 |
| Температура пластовая, °С | 30,8 | 30,8 | 26,5 | 27,0 | 32,0 | 31,7 |
| Давление насыщения пластовой нефти, МПа | 14,84 | 14,70 | 11,94 | 11,87 | 7,77 | 16,53 |
| Газосодержание (стандартная сепарация), м ³ /т | 143,8 | 141,1 | 64,2 | 63,6 | 101,8 | 179,4 |
| Плотность нефти в условиях пласта, кг/м ³ | 746 | 760 | 812 | 819 | 754 | 720 |
| Вязкость нефти в условиях пласта, мПа·с | 1,21 | 1,39 | 3,19 | 4,04 | 1,73 | 1,17 |
| Коэффициент сжимаемости пластовой нефти, 1/МПа·10 ⁻⁴ | 11,90 | 12,37 | 9,21 | 8,77 | 11,35 | 14,30 |

Таблица 4

Свойства и химический состав пластовых вод

| Наименование параметра | Месторождение | | | | | |
|---|----------------------------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|
| | Уньвинское (Уньвинский купол) | | Шершнёвское | | Сибирское | |
| | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм | Бб | Т-Фм |
| Газосодержание, м ³ /м ³ | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. |
| Плотность воды, кг/м ³ | | | | | | |
| - в стандартных условиях | 1168 | 1173 | 1169 | 1173 | 1172 | 1187 |
| - в условиях пласта | 1164 | 1169 | 1166 | 1170 | 1168 | 1183 |
| Вязкость в условиях пласта, мПа·с | 1,31 | 1,29 | 1,44 | 1,43 | 1,33 | 1,40 |
| Коэффициент сжимаемости, 1/МПа × 10 ⁻⁴ | 2,71 | 2,59 | 2,68 | 2,55 | 2,63 | 2,43 |
| Объемный коэффициент, доли ед. | 1,0010 | 1,0011 | 0,9979 | 0,9981 | 0,9999 | 1,0000 |
| Химический состав вод, мг/л | | | | | | |
| Na ⁺ + K ⁺ | 69079 | 71499 | 71866 | 71425 | 63615 | 75868 |
| Ca ⁺² | 19018 | 19412 | 18203,6 | 20569 | 22054 | 22736 |
| Mg ⁺² | 3699 | 4016 | 3845,9 | 4613,3 | 5921 | 4355 |
| Cl ⁻ | 150669 | 156409 | 153993 | 158775 | 153189 | 169368 |
| HCO ₃ ⁻ | 154,0 | 105,0 | 165,8 | 634,4 | 164,7 | 356,0 |
| CO ₃ ⁻² | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. |
| SO ₄ ⁻² | 279,0 | 704,0 | 217,3 | 780,1 | 262,0 | 475,0 |
| NH ₄ ⁺ | 137,0 | 155,5 | 137,0 | 216,0 | 184,0 | 266,4 |
| Br ⁻ | 781,0 | 668,4 | 676,1 | 610,4 | 1017,0 | 735,6 |
| I ⁻ | 18,5 | 17,3 | 15,6 | 24,9 | 21,2 | 25,1 |
| B ⁺³ | 17,5 | 17,6 | 17,5 | 38,0 | 17,5 | 20,7 |
| Li ⁺ | н.с. | 40,0 | н.с. | 22,8 | н.с. | н.с. |
| Sr ⁺² | н.с. | 365,0 | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. |
| Rb ⁺ | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. |
| Cs ⁺ | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. |
| Общая минерализация, г/л | 242,90 | 252,48 | 248,29 | 256,80 | 244,74 | 273,16 |
| Водородный показатель, рН | 6,00 | 5,73 | 6,04 | 5,98 | 5,66 | 5,90 |
| Жесткость общая, (мг-экв/л) | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. | н.с. |
| Химический тип воды, преимущественный (по В.А.Сулину) | хлоркальциевый | | | | | |

Состав и свойства флюидов выбранных объектов, рассмотренные в таблицах 2-4, изменяются в небольших пределах, поэтому их влияние на

дальнейший сравнительный анализ скорости изменения скин-фактора можно исключить.

С целью достижения поставленной цели проанализированы данные ГДИС с 2003 года по настоящее время. При выборе скважины просмотрены базы по реализованным геолого-техническим мероприятиям в период, заключенный между «соседними» гидродинамическими исследованиями на анализируемой скважине. Данная операция выполнена с целью исключения из анализа значений скин-фактора и сравнения естественного ухудшения фильтрационных свойств ПЗП. Результаты, полученные в ходе подборов объектов и исследования скорости изменения скин-фактора, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты по исследованию скорости изменения скин-фактора

| Месторождение | Объект | Изменение скин-фактора | Продолжительность между ГДИС, дн | Скорость изменения скин-фактора, дн ⁻¹ | Среднее значение скорости изменения скин-фактора, дн ⁻¹ |
|----------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|---|--|
| Уньвинское (Уньвинский купол) | Бб | 1,4 | 85 | 0,017 | 0,021 |
| | | 2,6 | 109 | 0,024 | |
| | | 0,8 | 37 | 0,022 | |
| | Т-Фм | 2,1 | 151 | 0,014 | 0,011 |
| | | 1,5 | 167 | 0,009 | |
| | | 2,7 | 267 | 0,010 | |
| Шершневецкое | Бб | 1,6 | 91 | 0,018 | 0,018 |
| | | 1,1 | 49 | 0,022 | |
| | | 0,9 | 62 | 0,015 | |
| | Т-Фм | 0,7 | 93 | 0,008 | 0,008 |
| | | 1,0 | 117 | 0,009 | |
| | | 1,4 | 227 | 0,006 | |
| Сибирское | Бб | 0,8 | 52 | 0,016 | 0,020 |
| | | 0,9 | 47 | 0,019 | |
| | | 2,1 | 86 | 0,024 | |
| | Т-Фм | 1,6 | 229 | 0,007 | 0,007 |
| | | 2,7 | 536 | 0,005 | |
| | | 0,5 | 63 | 0,008 | |

Исходя из результатов анализа интенсивности естественного ухудшения фильтрационных свойств ПЗП, можно отметить, что при сравнении скорости увеличения скин-фактора на объектах, эксплуатирующих терригенные и карбонатные коллектора, наблюдается существенная разница в их числовых значениях, при этом, данное явление присутствует на всех рассматриваемых месторождениях. При сравнении полученных данных, заметно, что бобриковский объект имеет ухудшенную ситуацию, поскольку процесс

кольматации происходит более интенсивно по сравнению с турнейско-фаменским пластом. Это связано с тем, что минералы, слагающие терригенный коллектор, имеют меньший абсолютный размер и склонность к незатрудненному отрыванию с поверхности поровых каналов при движении пластовых жидкостей. Кроме этого, данная ситуация наблюдается и при анализе геолого-технических мероприятий по улучшению фильтрационных свойств ПЗП на целевых объектах в период с 2016 по 2019 год. На рис. 2 представлена диаграмма, демонстрирующая отличие в отношении количества мероприятий по обработке ПЗП на скважинах к числу данных скважин. На данном рисунке заметно преобладание количества обработок на скважинах, эксплуатирующих терригенные коллектора.

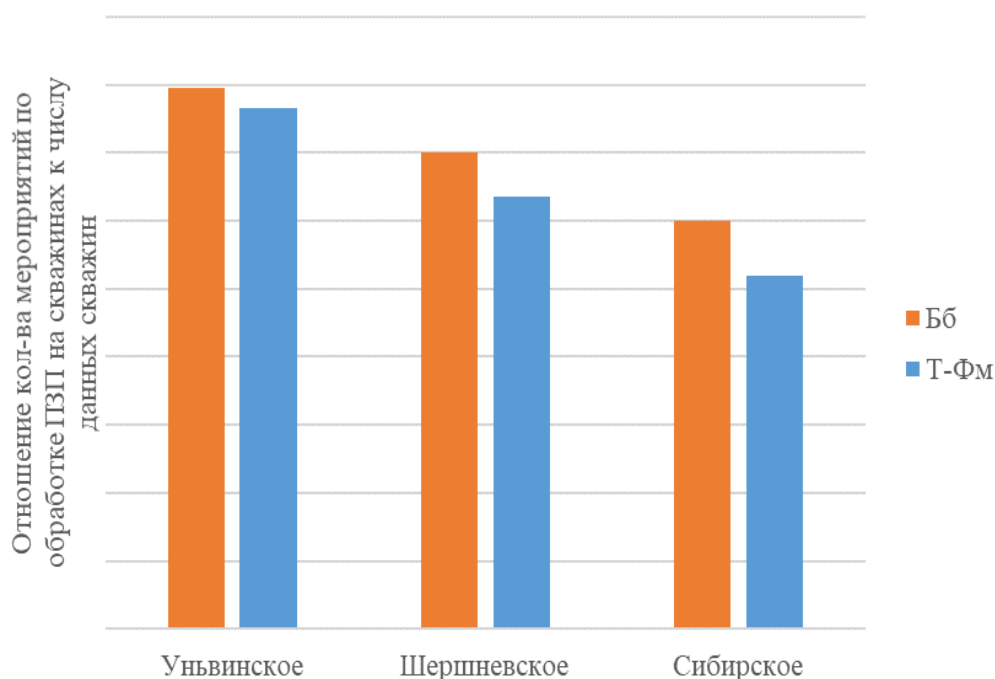


Рис. 2. Диаграмма, отражающая отношение количества мероприятий по обработке ПЗП на скважинах к числу данных скважин

Согласно полученным данным, можно сделать вывод, что ухудшение коллекторских свойств ПЗП происходит наиболее интенсивно в терригенных коллекторах, поскольку они, в основном, сложены глинистыми минералами. Данные компоненты обладают незначительными размерами и наибольшей способностью, как показал анализ, закупоривания поровых каналов. Вследствие этого, авторами выдвинуто предположение о том, что разница в интенсивности увеличения скин-фактора в карбонатных отложениях рассматриваемых месторождений обуславливается различным процентным содержанием минералов терригенной породы, т.е. глинистого материала.

С целью исследования выдвинутой идеи и обоснования отличия темпов ухудшения фильтрационных свойств ПЗП в карбонатных коллекторах Уньвинского, Шершневного и Сибирского месторождений проведены исследования по определению карбонатности горных пород и выявлению содержания глинистых минералов. Данные эксперименты выполнены с

использованием прибора – карбонатомера КМ-04М (рис. 3), позволяющего оценить процентное содержание кальцита, доломита и нерастворимого минерального осадка в измельченном образце горной породы.



Рис. 3. Карбонатомер КМ-04М

По результатам данных исследований получено, что в отложениях турнейско-фаменского возраста Уньвинского месторождения содержится большее количество нерастворимого осадка по сравнению с другими целевыми объектами, на втором месте находится Шершнево-ское месторождение, а на Сибирском отмечается незначительное содержание данного осадка. Микроскопическое исследование нерастворимых компонентов позволило выявить, что основной объем этого остатка составляют глинистые минералы. Комплексно оценивая результаты скорости изменения скин-фактора, количество проведенных геолого-технических мероприятий по интенсификации притока нефти и исследования по процентному содержанию глинистых минералов в карбонатных отложениях, можно сказать, что интенсивность ухудшения фильтрационных свойств ПЗП непосредственно зависит от количественного содержания компонентов, представленных глинистыми минералами.

В заключение данного научного исследования авторами повторно отмечено, что терригенные пласты обладают более интенсивной кольматацией поровых каналов, поскольку в содержании преобладает количество глинистых минералов, как наиболее малых по размеру и легко выносимых потоком флюидов. Данный вывод базируется на основании сравнительного анализа результатов ГДИС, а также мероприятий по обработке ПЗП на бобриковском терригенном и турнейско-фаменском карбонатном пластах трех месторождений, находящихся в непосредственной близости друг к другу и приуроченных к Соликамской депрессии. В результате исследований

определено, что в карбонатных коллекторах содержание терригенного материала играет немаловажную роль, так как, согласно данным исследований, получено, что в турнейско-фаменском пласте с повышенным содержанием глинистых минералов процесс увеличения скин-фактора характеризуется наибольшей скоростью. Интенсивность повышения скин-фактора обуславливает снижение выработки запасов нефти и, как следствие, количество геолого-технических мероприятий по интенсификации притока нефти, что отражается на рентабельности разработки месторождений.

Библиографический список

1. Авдеев И.В., Равелев К.А., Санникова Н.С. Условия осадконакопления турнейских отложений как фактор, определяющий подбор кислотного состава для проведения соляно-кислотной обработки // *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения: сборник научных статей по материалам Международной науч.-практ. конференции (г. Пермь, 14-15 нояб. 2019 г.).* 2020. С. 311-319.

2. Амиров А.М. Исследование влияния скорости закачки кислотных составов на образование высокопроницаемого канала в карбонатном керне Пермского края // *Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых.* 2014. №. 1. С. 199-202.

3. Галкин В.И. и др. Оценка эффективности воздействия кислотных составов на керны с использованием регрессионного анализа // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело.* 2014. №. 13. С. 38-48.

4. Давлетишина Л.Ф., Толстых Л.И., Михайлова П.С. О необходимости изучения особенностей поведения углеводородов для повышения эффективности кислотных обработок скважин // *Территория «НЕФТЕГАЗ».* 2016. №. 4. С. 90-97.

5. Иконникова Л.Н., Золотухин А.Б. Прогнозирование дебита скважины после соляно-кислотной обработки при забойном давлении ниже давления насыщения // *Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса.* 2013. №. 2. С. 35-37.

6. Напалков В.Н., Нурғалиева Н.Г., Плотникова И.Н. Особенности применения метода соляно-кислотной обработки в кавернозно-трещиноватых карбонатных коллекторах высоковязких нефтей // *Георесурсы.* 2009. №. 3 (31). С. 44-45.

7. Трофимов М.С., Кардопольцев А.С., Яркеева Н.Р. Интенсификация притока нефти методом закачки соляной кислоты под давлением на месторождениях нефтегазодобывающего управления «Туймазанефть» // *Сетевое издание «Нефтегазовое дело».* 2016. №. 5. С. 83-98.

8. Хай Ф.В. и др. Основные причины ухудшения проницаемости призабойной зоны пласта нижнего олигоцена месторождения «Белый тигр» // *Башкирский химический журнал.* 2008. Т. 15. №. 2. С. 135-139.

А.А. Чорпитюк

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

ЛИТОЛОГИЯ АЛЕВРО-ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ ЕН-ЯХИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО)

В работе проведено комплексное литологическое изучение песчаников и алевролитов ачимовской толщи Ен-Яхинского нефтегазоконденсатного месторождения в разрезе скважины 614. Было изучено геологическое строение месторождения, выполнено петрографическое описание пород с применением гранулометрического анализа и количественно-минералогического пересчета пород, проведен текстурный анализ, геохимический анализ данных. В результате были выделены и охарактеризованы основные петротипы пород, выявлены условия осадконакопления, подсчитаны петрохимические модули, построен спектр распределения редких земель.

Ключевые слова: ачимовская толща, алевролиты, песчаники, текстура, геохимический анализ.

A.A. Chorputyuk

Tomsk State University, Tomsk, Russia

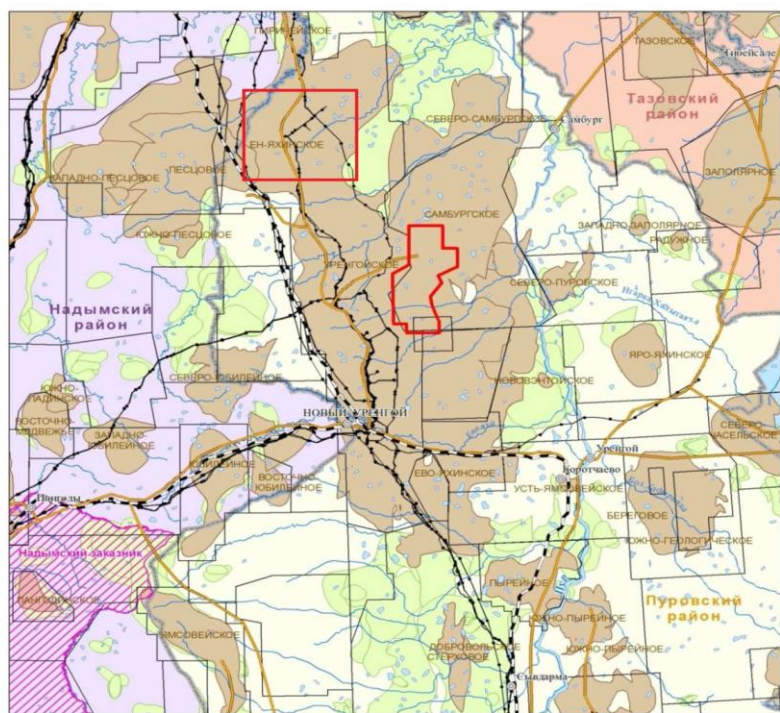
LITHOLOGY SILTY-SANDY ROCKS OF THE ACHIMOV DEPOSITS EN-YAKHINSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD (YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG)

The paper conducted a comprehensive study of lithologic sandstone and siltstone Achimov deposits En-Yakhinskoye oil and gas condensate field in the well section 614. The geological structure of the deposit has been studied, performed petrographic description of rocks with particle size analysis and quantitative mineralogical conversion of rocks, carried texture analysis and geochemical analysis. As a result, were isolated and characterized the main petrotypes breeds identified depositional conditions calculated petrochemical units, built the spectrum distribution of the rare earths.

Keywords: Achimov deposits, siltstone, sandstone, texture, geochemical analysis.

Ен-Яхинское нефтегазоконденсатное месторождение находится в Пуровском районе Ямало-Ненецком автономного округа Тюменской области, в 275 км северо-западнее районного центра пос. Тарко-Сале, 150 км Северо-западнее железнодорожной магистрали Уренгой – Тюмень (станция Тихая) (рис. 1).

В геологическом строении района принимают участие терригенные отложения различного фациального генезиса мезозойско-кайнозойского платформенного чехла и интенсивно метаморфизованные и дислоцированные образования палеозойского складчатого фундамента [15].



М 1 : 1 500 000

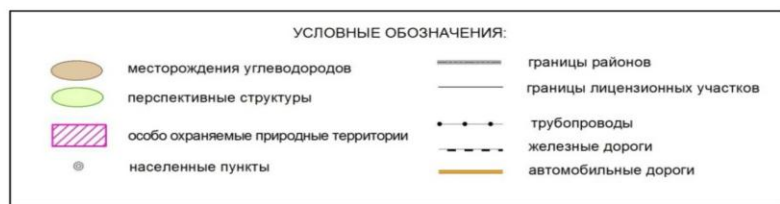


Рис. 1. Ситуационный план [13]

Тектоника Северной тектонической области, где находится непосредственно месторождение, изучена пока слабо. Здесь характерно преимущественное развитие крупных линейно вытянутых замкнутых валов и прогибов субмеридионального и северо-восточного простирания [2]. 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 [6-12, 16].

Ен-Яхинское месторождение расположено в пределах Надым-Пурской нефтегазоносной области. В Надым-Пурском нефтегазоносной области выделяют следующие комплексы: нижне-среднеюрский, ачимовский, верхне-неокомский и сеноманский.

Выделяется он в объеме одноименной толщи, залегающей в основании сортымской свиты. Ачимовские пласты по данным сейсморазведочных работ и поисково-разведочного бурения имеют линзовидно-прерывистое распространение, образовавшиеся в условиях лавинной седиментации. Ачимовский нефтегазоносный комплекс является одним из наиболее сложнопостроенных объектов разреза [13].

Ачимовская толща относится к перспективным районам нефтегазоносности. В настоящее время на территории Ямало-Ненецкого автономного округа в этих отложениях открыто 33 месторождения нефти (рис. 2).

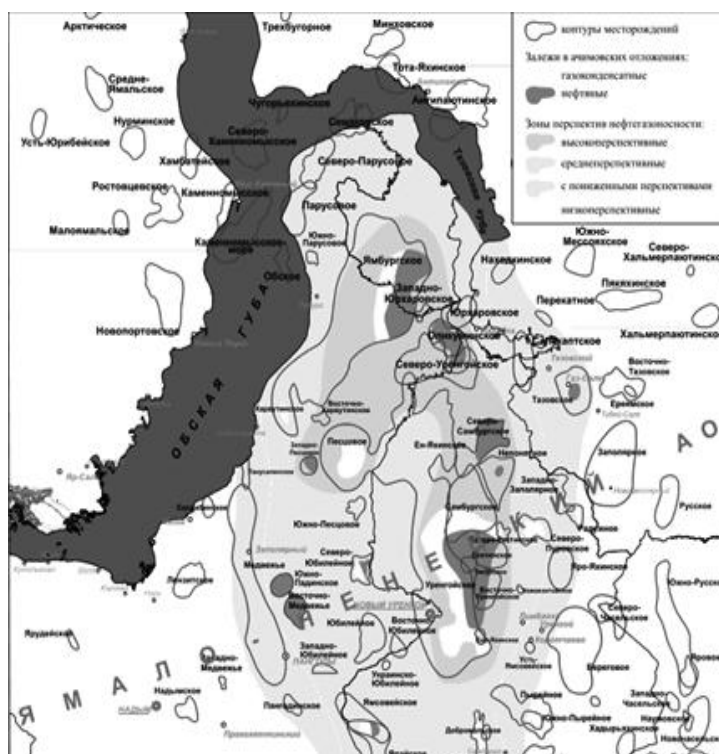


Рис. 2. Схема размещения месторождений и перспектив нефтегазоносности ачимовских отложений [3]

Большинство нефтяных залежей в ачимовской толще ЯНАО, за исключением Северо-Самбургской, имеют ограниченные запасы и характеризуются низкими, реже средними дебитами. Они приурочены к южной части рассматриваемой территории. Принципиально иной характер продуктивности имеют ачимовские отложения в северной части ЯНАО. С ними связаны крупные и гигантские по запасам залежи газа с высоким содержанием конденсата. Их конституционной чертой является наличие аномально-высокое пластовое давление (АВПД) [3]. Экономическая оценка разработки ачимовских отложений свидетельствует о ее нерентабельности в настоящее время, что определяется действующей налоговой системой и сложившейся рыночной

Для исследования литолого-петрографических характеристик было изучено 50 шлифов Ен-Яхинского НГКМ скв. 614. Было выделено и описано два типа пород: песчаники и алевролиты. По керну были изучены текстуры пород. Проведен геохимический анализ данных.

При литолого-минералогическом исследовании пород в шлифах основное внимание уделялось их вещественному составу и вторичным преобразованиям. Состав пород определялся по результатам количественного минералогического анализа: главным компонентом являются зерна кварца, в подчинении находятся

обломки пород и зерна полевых шпатов, встречаются единичные зерна биотита и мусковита.

Согласно классификационной диаграмме В.Н. Шванова песчаники отнесен к аркозовым песчаниками. В целом для аркозовых песчаников, характерны тонко-мелкозернистый и мелко-тонкозернистый состав обломочной части с алевритовой и алевритистой примесью. Во всех породах наблюдается послойная гидрослюдизация с замещением обломков, интенсивная хлоритизация биотита и обломков пород. Из акцессорных минералов встречены циркон, рутил. Циркон образует каплевидную, округлую форму зерна. Рутил встречается в виде удлинённых призматических или овальных зерен. В шлифах 27703, 27720 отмечаются единичные зерна глауконита. Так же отмечается присутствие пирита, приуроченные к зоне распространения органического вещества.

Концентрируется ОВ преимущественно в алевролитовых прослоях в виде мелкой сетки. В некоторых шлифах наблюдаются крупные линзовидные включения гелифицированного вещества буровато-красного цвета толщиной до 0,1 мм (рис. 3). Широко развиты конформные типы зерновых контактов, меньшим распространением пользуются инкорпорационные типы зерновых контактов, что свидетельствует о поздних катагенетических преобразованиях пород (рис. 4).

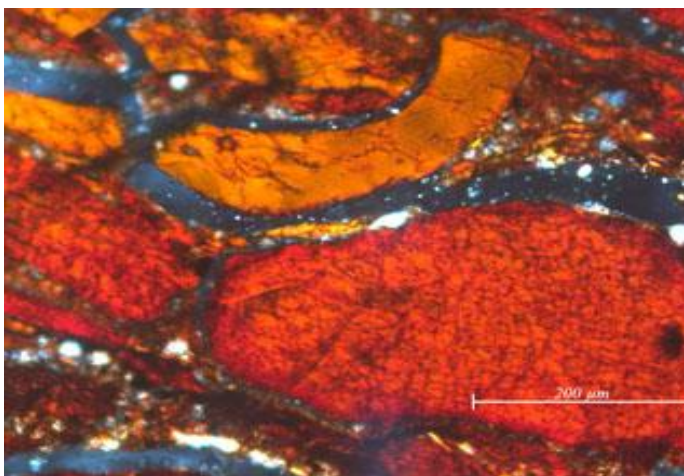


Рис. 3. Линзовидные включения гелифицированного вещества буровато-красного цвета в песчанике. Шлиф 27706. Николи +

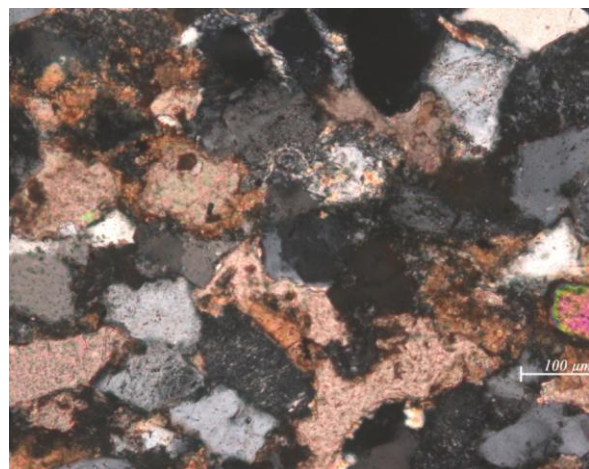


Рис. 4. Песчаник аркозовый, мелко-тонкозернистый с поровым, коррозионным карбонатным, цементом. Шлиф 27720. Николи +.

Все алевролиты массивные, с крупнозернистой и разномасштабной структурой. Порода характеризуется плохой сортировкой. Наблюдается серицитизация полевых шпатов и хлоритизация биотита. Можно отметить послойную гидрослюдизацию. Наблюдается органическое вещество в виде включений, пленок, каемок бурого и черно-бурого цвета. В шлифах отмечается рассеянные зерна пирита. Основной цемент в породе является поровый открытого и закрытого типа местами коррозионный и замещения кальцитовый

цемент. Присутствует бесцементная цементация, пользуются распространением конформные и инкорпорационные типы зерновых контактов

Исследования текстур осадочных пород имеет большое значение для определения условий и динамики образования осадка, обстановок диагенеза и постдиагенетических преобразований пород при диагностике фаций. При описании конкретных последовательностей пород, имеет дело с конечным результатом многих воздействий как седиментационного, так и тектонического плана, с суммарным эффектом влияния условий тех обстановок, в которых оказалась порода в течение своей геологической истории [1]. Часто отличить признаки этих обстановок крайне сложно.

Изучение текстур способствует также пониманию обстановок осадконакопления, выявлению закономерностей распределения литогенетических типов пород и фациальных комплексов [4].

На основании керн в отложениях ачимовской толщи выделены следующие текстуры: горизонтальная слоистость; массивная; линзовидная слоистость; пологоволнистая слоистость; косая слоистость; текстура пластической деформации за счет оползания.

В целом для отложений ачимовской толщи в разрезе скв. 614 характерно контрастное чередование мелко- и тонкозернистых песчаников с крупнозернистым и в меньшей мере мелкозернистым алевролитом, а также плохая или средняя сортировка, преобладание пологоволнистой, линзовидной и косой слоистости. Эти признаки характерны для морских условий образования.

Исследования терригенных отложений на основе петрохимических модулей дает возможность более точно проводить их классификацию, восстанавливать характер источников сноса, реконструировать физико-химические и геодинамические особенности обстановок накопления.

Методика петрохимических исследований основана на системе петрохимических модулей, то есть отношениях петрогенных оксидов. Модули вычисляются непосредственно по данным рентгенофлуоресцентного анализа породы в массовых процентах [5].

На основании результатов рентгенофлуоресцентного анализа данных были подсчитаны петрохимические модули и сделаны выводы (таб. 1).

Таблица 1

Петрохимические модули

| № проб | ГМ | АМ | ФМ | ЩМ | ТМ | ЖМ | НМ | НКМ |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 27703 | 0,48 | 0,31 | 0,22 | 0,53 | 0,06 | 0,49 | 0,09 | 0,26 |
| 27718 | 0,74 | 0,50 | 0,28 | 0,38 | 0,06 | 0,38 | 0,06 | 0,23 |
| 27724 | 0,51 | 0,34 | 0,22 | 0,49 | 0,05 | 0,44 | 0,09 | 0,28 |
| 27742 | 0,69 | 0,45 | 0,31 | 0,28 | 0,06 | 0,45 | 0,05 | 0,21 |
| 27746 | 0,55 | 0,35 | 0,27 | 0,50 | 0,05 | 0,50 | 0,10 | 0,29 |

По гидролизатному модулю пробы отнесены к типу псевдасиллитам и псевдагидролизатам. По значению титанового модуля установлено, что породы

образуются в аридной климатической обстановке. По ЖМ – нормально-железистые, по НКМ – нормально-щелочные.

С целью реконструкции условий седиментации путем анализа распределения редких земель традиционно используют следующие характеристики: сумму редких земель (ΣTR), отношения La/Yb, La/Eu, Eu/Lu (табл. 2) и морфологию спектра распределения РЗЭ (рис. 5).

Таблица 2

Результаты подсчета анализа ICP-MS

| № проб | Sr/Ba | La/Yb | La/Eu | Eu/Lu | ΣTR |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 27698 | 0,46 | 14,70 | 32,55 | 3,15 | 198,28 |
| 27702 | 0,48 | 14,07 | 35,42 | 2,71 | 171,27 |
| 27703 | 0,47 | 13,69 | 26,15 | 3,48 | 198,39 |
| 27704 | 0,47 | 13,89 | 34,14 | 2,74 | 154,22 |
| 27705 | 0,44 | 14,36 | 25,15 | 3,93 | 179,32 |
| 27706 | 0,45 | 14,12 | 29,77 | 3,25 | 173,52 |
| 27715 | 0,43 | 13,76 | 30,08 | 3,19 | 156,84 |
| 27718 | 0,34 | 10,84 | 35,21 | 2,06 | 256,89 |
| 27723 | 0,53 | 13,84 | 25,56 | 3,85 | 167,14 |
| 27724 | 0,41 | 11,14 | 23,23 | 3,28 | 166,27 |
| 27725 | 0,36 | 12,25 | 23,99 | 3,35 | 186,03 |
| 27726 | 0,38 | 12,50 | 25,65 | 3,25 | 149,57 |
| 27727 | 0,34 | 12,93 | 27,34 | 3,12 | 174,28 |
| 27728 | 0,36 | 12,00 | 25,15 | 3,10 | 157,25 |
| 27730 | 0,31 | 13,29 | 25,43 | 3,34 | 158,82 |
| 27737 | 0,29 | 16,36 | 28,66 | 3,79 | 168,48 |
| 27742 | 0,27 | 18,30 | 49,73 | 2,46 | 237,59 |
| 27743 | 0,30 | 14,74 | 28,07 | 3,40 | 175,36 |
| 27746 | 0,29 | 16,76 | 30,52 | 3,56 | 173,1 |

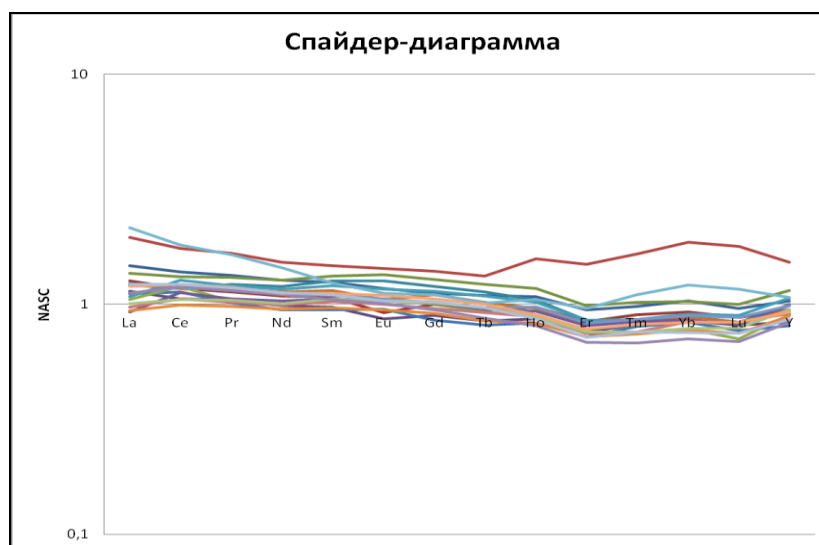


Рис. 5. Спектры распределения РЗЭ, нормированные по североамериканскому сланцу (NASC)

Морфология спектра нормированного к NASC характеризует изученные породы значительным обогащением легкими и средними редкими землями. В целом спектры пород совпадают за исключением образца 27718 и 27742, который характеризуется резким скачком суммы редких земель с 170,7 до 247,2 и отношением Sr/Ba (0,34 и 0,27 соответственно), что предполагает кратковременное обмеление бассейна. Следует отметить, что ведущую роль обогащения редкими землями имеет терригенный механизм при значительном влиянии воздействия морской воды. От подошвы к кровле пласта отмечается повышение солёности бассейна Sr/Ba (0,3-0,5).

Отношение La/Eu – фиксирует кислотно-щелочной режим бассейна седиментации. За счет повышенной растворимости Eu в щелочных средах уменьшение данного параметра будет подчеркивать возрастание pH. В целом формирование пород происходило в нейтральную среду осадконакопления, но отмечается повышение значения до 49,73 (проба 27742), что свидетельствует об изменении условий на кислую воду.

Отношение Eu/Li – выступает в роли индикатора солевых геохимических барьеров в среде осадконакопления. Из полученных данных можно сделать вывод, что солёность бассейна седиментации резко изменялось т.к. отношения *Eu/Li* в некоторых пробах достигало значение менее 2,75.

Данное месторождение является одним из перспективных объектов добычи углеводородного сырья в Западной Сибири. Отложения ачимовской толщи представлены аркозовыми песчаниками и полевошпатово-кварцевыми алевритами. Преобладающие типы цемента: поровый, коррозионный кальцитовый, гидрослюдистый, серицитовый, кварцевый. Порода были преобразованы на стадии позднего катагенеза. Об этом свидетельствуют регенерационные каемки вокруг зерен кварца, конформные и инкорпорационные типы зерновых контактов, деформированные зерна мусковита.

На основании анализа текстур сделан вывод о том, что отложения ачимовской толщи формировались в условиях морского бассейна. По результатам рентгенофлуоресцентного анализа установлено, что породы образуются в аридной климатической обстановке. По морфологии спектра сделан вывод, что изученные породы значительно обогащены легкими и средними редкими землями. Ведущую роль в обогащении редкими землями имеет терригенный механизм в нейтральной среде осадконакопления.

Библиографический список

1. Алексеев В.П. Атлас юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.
2. Габриэлянс Г.А. Геология нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 1979. 328с.
3. Давыдова Е.С., Извеков И.Б., Пятницкая Г.Р., Силантьев Ю.Б., Скоробогатов В.А., Семёнова Е.В. Проблемы изучения, оценки и освоения углеводородного потенциала ачимовской толщи Надым-Пур-Тазовского региона Западной Сибири // Вести газовой науки:

Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. № 5 (16). С. 81-90.

4. Ежова А.В. *Литология: Учебное пособие. Томск: Изд-во. ТПУ, 2005. 353 с.*

5. *Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Под ред. Е.В. Склярова. М: Интернет Инжиниринг, 2001 288 с.*

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. *Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.*

8. Копылов И.С. *Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 91-96.*

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

10. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*

11. 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.*

12. 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.*

13. Кулахметов Н.Х., Никулин Б.В. *Геология и нефтегазоносность Надым-Пур-Тазовского междуречья. Труды 1-й Пуровской геологической конференции. Тюмень. Тарко-Сале, 1995.*

14. *Отчет инженерно-геологические изыскания по объекту: «Обустройство ачимовских отложений Уренгойского месторождения Самбурского лицензионного участка на период ОПЭ». Тюмень, 2012. 570 с.*

15. *Решения 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003г. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. 114 с.*

16. 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.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО И ОТНОСИТЕЛЬНОГО БРОМХЛОРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В ХЛОРИДНЫХ СОЛЯНЫХ ПОРОДАХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СИЛЬВИНИТОВ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Проведены исследования бромхлорных коэффициентов в соляных породах продуктивного пласта «Нижний II» Тюбегатанского месторождения солей. Отмечены особенности бромхлорных коэффициентов и содержания брома в породах, позволяющие сделать выводы об условиях и путях образования сylvинитов.

Ключевые слова сylvинит, каменная соль, калийные соли, бром, бромхлорный коэффициент.

R.A. Shushakov

Perm State University, Perm State, Perm, Russia

USING THE ACTUAL AND RELATIVE BROMINECHLORINE COEFFICIENTS IN CHLORIDE SALT ROCKS TO DETERMINE THE FORMATION CONDITIONS (FOR EXAMPLE, SYLVINITE DEPOSIT TUBEGATAN)

Researches brominechlorine coefficients in salt rocks producing formation “Lower II” Tubegatan salt deposits. The features brominechlorine coefficients and content of bromine in the rocks, allow to draw conclusions about the conditions and ways of formation of sylvinite.

Key words sylvinite, salt, potassium salt, bromine, brominechlorine coefficients.

Введение

Вопрос о происхождении сylvинитов долгое время оставался дискуссионным. В настоящее время он решается индивидуально для каждого месторождения и для различных разновидностей сylvинитов. Одной из методик, способствующих решению данной задачи, является вычисление бромхлорных коэффициентов. Большинство исследователей использовался фактический показатель, а Н.А.Петровой [11] было предложено применение относительного бромхлорного коэффициента, менее зависящего от состава породы, и, следовательно, более информативного. В данной работе показано использование методики на примере пород продуктивного пласта Нижний II Тюбегатанского месторождения, по результатам бороздового опробования горных выработок в северо-восточной части первоочередной добычи.

Тюбегатанское месторождение калийных солей находится в юго-западных отрогах Гиссарского хребта, расположено на границе Узбекистана (Кашкадарьинская область) и Туркменистана (Чарджоуская область) и разделяется пограничной р. Шордаря (или Дарья) на две части. Месторождение простирается с юго-запада на северо-восток на 24 км при ширине до 7 км. В контуре подсчета запасов его площадь составляет 69,6 км² [8]. В морфологическом отношении район месторождения представляет собой горную область, представленную Гаурдак-Тюбегатанской группой возвышенностей. В структурно-тектоническом отношении район Тюбегатанского месторождения расположен в пределах мегантиклинали Юго-Западного Гиссара.

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. [2-7, 12].

Основным видом полезных ископаемых района являются соли (сильвинит и каменная соль). 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].

Среди компонентов морской воды Вг интересен тем, что в процессе сгущения и кристаллизации солей он не образует самостоятельных соединений, а переходит в твердую фазу вместе с хлоридами в виде твердых растворов.

Содержание Вг в твердом хлориде определяется содержанием Вг в растворе, из которого кристаллизуется твердая фаза. Для каждого хлорида характерен свой постоянный коэффициент распределения:

$$I = \frac{C_{тв.}}{C_{с.о.}},$$

где $C_{тв.}$ — содержание Вг в твердой фазе, %,

$C_{с.о.}$ — содержание Вг в сухом остатке жидкой фазы, %.

Если из раствора кристаллизуется одновременно 2 хлорида, Вг распределяется независимо от содержания другого хлорида.

При кристаллизации хлорида Вг в первых порциях твердой фазы мало, но по мере дальнейшей кристаллизации количество его постепенно возрастает, поскольку содержание брома в морской воде растет, а коэффициент распределения остается постоянным. Таким образом, содержание брома в

соляных породах определяется их историей и может служить показателем их образования. Зная коэффициент распределения I и содержание Br в твердых фазах, можно определить содержание Br в первичной рапе. В табл. 1 приведены значения Br/Cl -коэффициента и коэффициентов распределения для различных фаз кристаллизации морской воды [10].

Таблица 1

Br/Cl -коэффициент и коэффициент распределения для различных фаз кристаллизации морской воды

| Твердая фаза | Содержание Br , % | $Br/Cl \cdot 10^3$ | $I = \frac{C_{тв.}}{C_{р.}}$ |
|--------------|---------------------|--------------------|------------------------------|
| Галит | 0,005—0,05 | 0,1—0,4 | 0,037 |
| Сильвин | 0,13—0,20 | 2,9—4,2 | 0,20 |

Изучая распределение Br в продуктах кристаллизации морской воды, М.Г. Валяшко установил шкалу нормального содержания Br в хлоридах (рис 1).

В первых кристаллах галита Br/Cl -коэффициент равен $0,1 \times 10^3$, в галите, кристаллизующемся в эвтонической точке, - $1,0 \times 10^3$, т. е. в 10 раз больше, чем в первых кристаллах.

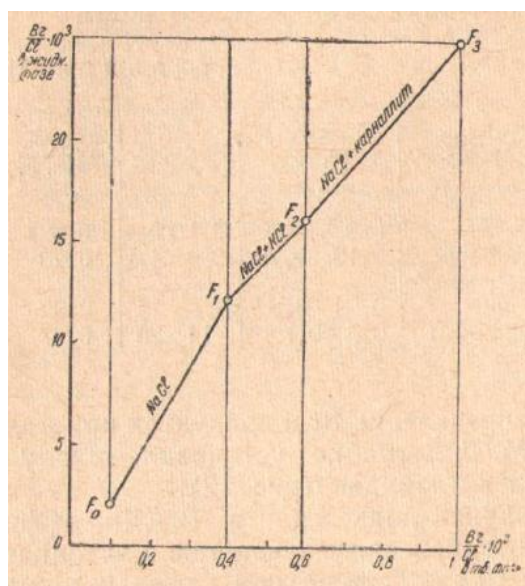


Рис. 1. Шкала нормального содержания Br в хлоридах [9]

Изломы на кривых измерения Br/Cl -коэффициента отвечают появлению твердых фаз: первый излом — началу кристаллизации сильвина, следующий — началу выделения карналлита. Таким образом, величина Br/Cl -коэффициента может служить корреляционным и поисковым признаком. Если содержание брома в галите больше 0,01 %, то, вероятно, поблизости находятся калийные соли. Увеличение содержания в галите до 0,02% свидетельствует о том, что проба взята уже из зоны калийных солей [10].

В процессе перекристаллизации происходит потеря брома твердыми хлоридами ввиду того, что коэффициент распределения брома между жидкой и твердой фазой меньше 1. Процессы, повышающие содержание брома в хлоридах, неизвестны. Отклонения в сторону понижения величины Br/Cl -

коэффициента свидетельствуют о переотложении солей. При этом для ряда месторождений, например для Верхнекамского, по этому признаку переотложенной оказалась только зона калийных солей, а зона подстилающего галита характеризуется нормальной величиной Br/Cl-коэффициента.

Методика и результаты расчета бромхлорных коэффициентов

Методика:

1. Находим процентное содержание KCl в сумме хлоридов, разделив содержание KCl в пробе на общую сумму хлоридов и частное от деления, умножив на 100.

2. Вычислим значение фактического бромхлорного коэффициента путем деления процентного содержания Br, умноженного на 10^3 , на процентное содержание Cl.

3. Определим минимальное значение нормального бромхлорного коэффициента породы с помощью генетического графика для сильвинита. На абсциссе генетического графика находим точку состава породы и, восстановив из нее перпендикуляр до пересечения его с нижней границей области «нормальных» сильвинитов, отсчитаем по ординате точки пересечения значения бромхлорного коэффициента, которое и будет минимальным значением нормального бромхлорного коэффициента для породы данного солевого состава.

4. Находим значение относительного бромхлорного коэффициента по формуле:

$$R = \Phi \times 100 / M,$$

где Φ – значение фактического бромхлорного коэффициента,

M – значение минимального нормального бромхлорного коэффициента (по генетическому графику).

5. Подставив в формулу числовые значения коэффициентов для рассматриваемого сильвинита, получим для него значение относительного бромхлорного коэффициента.

6. Найденные таким образом значения относительного бромхлорного коэффициента для всех проб вписывают в соответствующую графу таблицы и наносят на график по геологическому разрезу [9].

Показатели нанесены на соответствующие генетические графики: показатели минимального нормального бромхлорного коэффициента (рис.2а), показатели фактического бромхлорного коэффициента (рис. 2б).

На диаграммах область значений геохимических показателей, характерных для образования сильвинитов из сгущающейся морской воды (первый случай), ограничена кривыми 0,35-3,05 и 0,48-4,11. Отчетливо видно, что большая часть фигуративных точек бромхлорных коэффициентов сильвинитов пласта Нижний II попадают в область с пониженными от нормальных условий кристаллизации сильвина. Такая ситуация характерна для второго пути образования сильвина – из растворившихся карналлитов (рис. 3-б, табл. 2, 3).

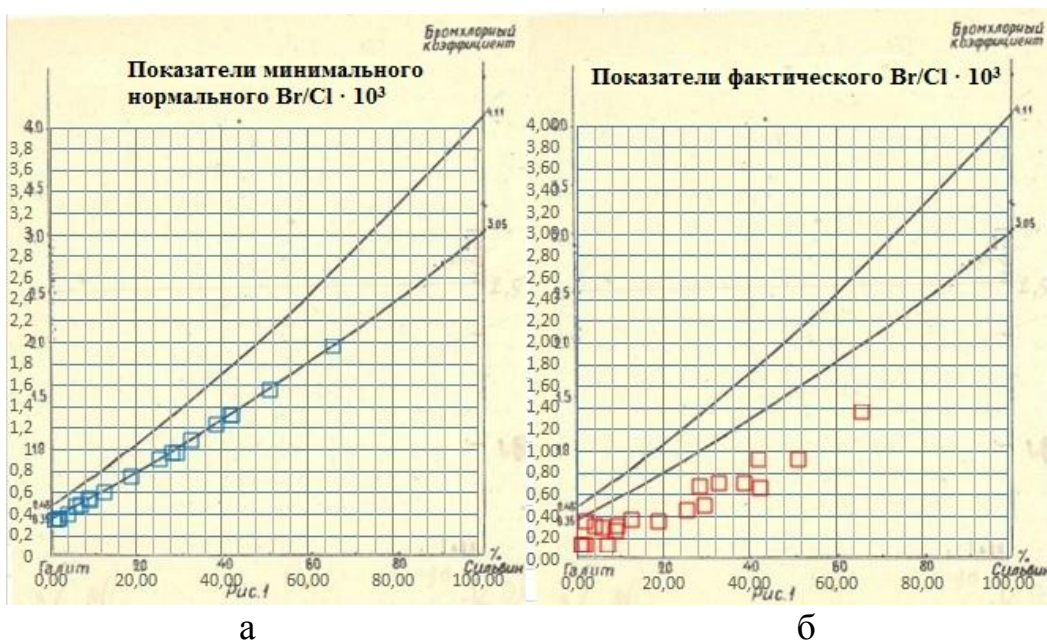


Рис. 2. Генетический график для сильвинитов с показателями минимального нормального (а) и фактического (б) бромхлорных коэффициентов

Таблица 2

Содержания компонентов и рассчитанные по ним бромхлорные коэффициенты в бороздовых пробах пласта Нижний Па

| № образца | Абс.отметка, м | Мас. % | | | | | Бромхлорный коэффициент | | |
|-----------|----------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------------------------|--------------|----------|
| | | Br | Cl | KCl | NaCl | Н.Ост. | фактич. | миним. норм. | относит. |
| 1706-2 | 734,8 | 0,01 | 63,25 | 1,56 | 95,80 | 2,64 | 0,16 | 0,37 | 42,73 |
| 1706-3 | 734,4 | 0,02 | 51 | 12,16 | 64,40 | 23,44 | 0,39 | 0,61 | 64,28 |
| 1706-4 | 734,0 | 0,04 | 54,79 | 38,06 | 59,46 | 2,48 | 0,73 | 1,24 | 58,87 |
| 1706-5 | 733,6 | 0,02 | 53,06 | 18,17 | 69,76 | 12,07 | 0,38 | 0,76 | 49,59 |
| 1706-6 | 732,9 | 0,05 | 52,57 | 50,68 | 47,43 | 1,89 | 0,95 | 1,56 | 60,96 |
| 1706-7 | 732,2 | 0,03 | 63,5 | 25,05 | 71,90 | 3,05 | 0,47 | 0,92 | 51,35 |
| 1706-8 | 731,9 | 0,03 | 57,75 | 28,87 | 69,72 | 1,41 | 0,52 | 0,98 | 53,00 |
| 1706-9 | 731,3 | 0,01 | 62,88 | 6,64 | 92,30 | 1,06 | 0,16 | 0,49 | 32,45 |
| 1706-10 | 730,3 | 0,04 | 59,3 | 41,72 | 55,26 | 3,02 | 0,67 | 1,33 | 50,71 |
| 1706-11 | 729,2 | 0,07 | 50,81 | 65,57 | 34,12 | 0,31 | 1,38 | 1,97 | 69,93 |
| 1706-12 | 728,1 | 0,02 | 69 | 8,31 | 91,04 | 0,65 | 0,29 | 0,55 | 52,70 |

Таблица 3

Содержания компонентов и рассчитанные по ним бромхлорные коэффициенты в пробах пласта Нижний Пб

| № образца | Абс.отметка, м | Мас. % | | | | | Бромхлорный коэффициент | | |
|-----------|----------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------------------------|--------------|----------|
| | | Br | Cl | KCl | NaCl | Н.Ост. | фактич. | миним. норм. | относит. |
| 1705-1 | 719,7 | 0,04 | 54,75 | 32,66 | 63,72 | 3,62 | 0,73 | 1,1 | 66,41 |
| 1705-2 | 719,2 | 0,04 | 57,76 | 28,03 | 70,61 | 1,36 | 0,69 | 0,98 | 70,66 |
| 1705-3 | 718,7 | 0,02 | 63,01 | 5,61 | 93,63 | 0,76 | 0,32 | 0,48 | 66,12 |
| 1705-4 | 718,0 | 0,02 | 61,41 | 3,89 | 91,73 | 4,38 | 0,33 | 0,42 | 77,54 |
| 1705-5 | 717,7 | 0,05 | 53,38 | 41,62 | 54,45 | 3,93 | 0,94 | 1,33 | 70,42 |
| 1705-6 | 717,4 | 0,01 | 64,6 | 0,86 | 98,32 | 0,82 | 0,15 | 0,36 | 42,99 |
| 1705-7 | 717,2 | 0,02 | 61,32 | 8,90 | 90,61 | 0,49 | 0,33 | 0,55 | 59,30 |
| 1705-8 | 717,1 | 0,01 | 64,36 | 0,72 | 99,03 | 0,25 | 0,16 | 0,36 | 43,16 |
| 1705-9 | 716,8 | 0,02 | 53,36 | 1,70 | 77,78 | 20,52 | 0,37 | 0,37 | 101,30 |

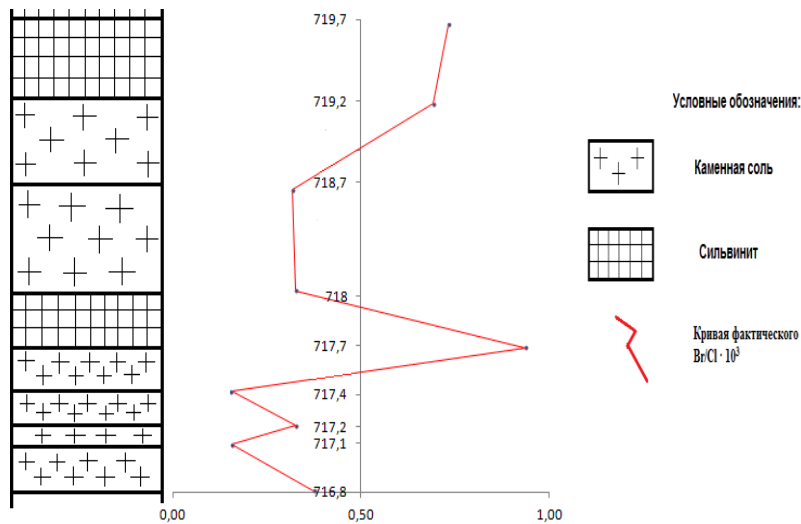


Рис. 3. Изменение значений фактического бромхлорного коэффициента по разрезу пласта Нижний Па

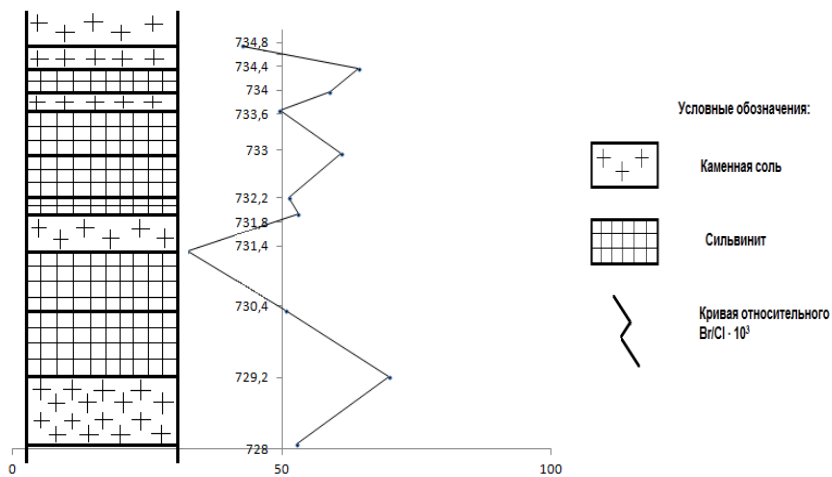


Рис. 4. Изменение значений относительного бромхлорного коэффициента по разрезу пласта Нижний Па

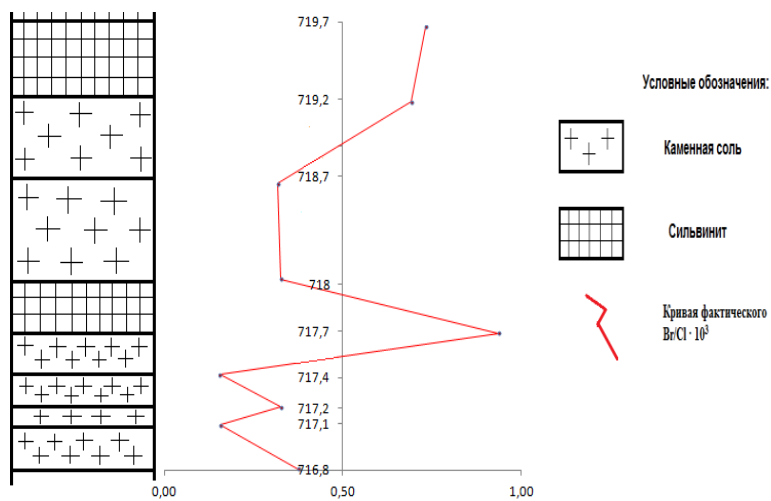


Рис. 5. Изменение значений фактического бромхлорного коэффициента по разрезу пласта Нижний Пб

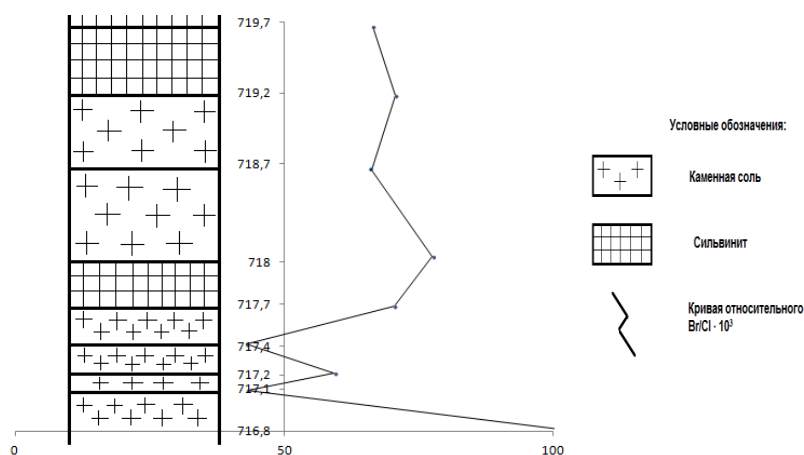


Рис. 6. Изменение значений относительного бромхлорного коэффициента по разрезу пласта Нижний Пб

Ранее отмечалось, что постседиментационные процессы, происходившие на Тюбегатанском месторождении калийных солей, привели к полной перекристаллизации пород продуктивного пласта, выраженной в кристаллически-зернистых разновидностях структур сильвинитов и каменной соли [9, 10].

Существует несколько путей образования сильвина [8]:

1. Из сгущающейся морской воды, лишенной сульфат-иона (метаморфизованной). В этом случае от начала до конца кристаллизации содержание брома в кристаллах сильвина будет изменяться от 0,13 до 0,20 мас. %, Br/Cl · 10³ составит 2,9 – 4,2. Содержание рубидия в таком сильвине будет колебаться в пределах 0,0017 – 0,0053 мас. %, а отношение Rb/K · 10⁴ составит 0,32 – 1,02.

2. Выделение сильвина за счет растворения первичных карналлитов. Для сильвина будут характерны содержания брома в два раза ниже относительно количества этого элемента в исходном карналлите. Количество рубидия в сильвине может достигать 0,0542 мас. % и более.

3. Вторичная кристаллизация сильвина из рассолов, возникших при растворении первично-седиментационных сильвинитов. При таком способе образования сильвин будет характеризоваться минимальными содержаниями брома и рубидия, при этом количество рубидия может снизиться до следов [8].

Проведенные исследования показали следующие особенности изученных разрезов:

1. По данным химического состава пробы пласта Нижний Па представлены сильвинитом, каменной солью с примесью сильвина. Преобладают сильвиниты, с наибольшим содержанием брома (Br 0,03 – 0,07 мас. %), в отличие от интервалов, сложенных каменной солью (Br 0,01 – 0,02 мас. %). Фактический бромхлорный коэффициент сильвинитов варьирует от 0,47 до 1,38 мас. %, но их относительный бромхлорный коэффициент, как видно из таблицы и графику, во всех образцах меньше 100 %.

2. Изученный разрез Нижний Пб характеризуется аналогичным составом. В данных образцах преобладает каменная соль с примесью сильвина.

Содержание брома в сильвинитах (Br 0,4-0,5 мас. %), в каменной соли (Br 0,01 – 0,02 мас. %). Фактический бромхлорный коэффициент в сильвинитовых породах изменяется от 0,69 до 0,94 мас. %), а относительный бромхлорный коэффициент, как и в образцах сильвинитов пласта Нижний Па, менее 100 %.

3. Из этого следует, что соляные породы также образовались путем выделения сильвина за счет растворения первичных калийных пород: сильвинитов и, возможно, карналлитов (второй и третий пути образования сильвинитов).

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. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.

3. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4.

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. 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.

6. 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.

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

8. Кудряшов А.И., Грибков Д.С. Горно-геологические условия разработки Тюбегатанского месторождения калийных солей // Сб. трудов. Выпуск 4. «Технология ведения горных работ и производство техники для горнодобывающей промышленности». Пермь, 2004. С. 18-21.

9. Молоштанова Н.Е., Исаева Г.А. Применение геохимических индикаторов для определения генезиса сильвинитов Тюбегатанского месторождения // Вестник Пермского университета. Геология. Т. 2 (27). Пермь, 2015. С. 55-62.

10. Набиев М.Н., Осичкина Р.Г. Калийные соли Тюбегатана. «Наука» Узбекской ССР, Ташкент, 1965. 128 с.

11. Петрова Е.М. Относительный бромхлорный коэффициент и его применение при выяснении генезиса калийных соляных пород // Бром в соляных отложениях и рассолах. М.: Изд-во Московского университета, 1976. С. 418-427.

12. 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, 17 ноября 2020 г.

Издается в авторской редакции
Фото на обложке (Северный Урал, вид с горы Конжаковский Камень):
М. И. Копылова
Техническая подготовка и обработка материалов: *И. С. Копылов*

Объем данных 26,5 Мб
Подписано к использованию 13.08.2021

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15