



**ГЕОЭКОЛОГИЯ,  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**GEOECOLOGY,  
ENGINEERING GEODYNAMICS,  
GEOLOGICAL SAFETY**



**Пермь 2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Сборник научных статей  
по материалам Международной  
научно-практической конференции,  
посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии  
и охраны недр Пермского университета**

г. Пермь, 14–15 ноября 2017 г.



Пермь 2018

УДК 502/504+55  
ББК 20.1+26.3  
Г35

**Г35** **Геоэкология**, инженерная геодинамика, геологическая безопасность [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Перм. ун-та (г. Пермь, 14–15 нояб. 2017 г.) / гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электрон. дан. – Пермь, 2018. – 371 с. – 19 Мб. – Режим доступа: <https://elis.psu.ru/ident/978-5-7944-3064-6>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7944-3064-6

Сборник содержит статьи по материалам II Международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность», посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр, состоявшейся 14–15 ноября 2017 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Рассматриваются проблемы инженерной и экологической геологии, геодинамики, гидрогеологии, геологической безопасности городов и объектов недропользования; методы исследований месторождений полезных ископаемых (геолого-геофизические, аэрокосмогеологические, гидрогеологические и др.) на примерах Камского Приуралья и Урала, Западной и Восточной Сибири и других регионов России, а также – Израиля и Казахстана.

Для геологов широкого профиля, экологов и других специалистов по исследованию недр Земли и окружающей среды, а также для студентов, изучающих естественно-научные 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: к. г.-м. н. **В.В. Голдырев**, PhD **О.Н. Ковин**, к. г.-м. н. **А.В. Коноплев**, д. г.-м. н. **И.С. Копылов** (главный редактор), к. г.-м. н. **П.А. Красильников**, д. г.-м. н. **В.А. Наумов**, д. г.-м. н. **О.Б. Наумова**, д. г.-м. н. **В.В. Середин**, к. г.-м. н. **В.П. Тихонов**, к. г.-м. н. **В.М. Шувалов**

ISBN 978-5-7944-3064-6

© ПГНИУ, 2018

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

**GEOECOLOGY,  
ENGINEERING GEODYNAMICS,  
GEOLOGICAL SAFETY**

Series of scientific article

Materials of International Scientific and Practical Conference  
(Perm, November 14-15, 2017)



Perm 2018

UDC 502/504+55  
LBC 20.1+26.3  
G35

**Geoecology**, engineering geodynamics, geological safety:  
G35 Series of scientific article. Materials of International sci.-pract. conf.  
*Ed. I.S. Kopylov*, Perm State University, Perm, 2018. 371 p.

ISBN 978-5-7944-3064-6

An issue of Series of scientific articles on Materials of II International scientific and practical conference "Geoecology, engineering geodynamics, geological safety", held on November 14-15, 2017 in the Perm State University, is dedicated to the 40th anniversary of the Department of Engineering Geology and Protection of Geological Environment.

The problems of engineering and environmental geology, geodynamics, hydrogeology, geological safety of cities and objects of subsoil use; research methods of mineral deposits (geological and geophysical, aerospace geological, hydrogeological and other) examples in the Kama Urals and the Urals, Western and Eastern Siberia and other regions of Russia, as well as Israel and Kazakhstan.

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

**UDC 502/504+55**  
**LBC 20.1+26.3**

*Published is confirmed by the Scientific Board of the of the Faculty of Geology  
of Perm State University*

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

ISBN 978-5-7944-3064-6

© Perm State University, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ</b> .....	17
<b>В.И. Каченов, И.С. Копылов, П.А. Красильников, В.В. Середин, В.М. Шувалов</b> КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (1977-2017 гг.).....	17
<b>И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин</b> О РАЗВИТИИ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ – «ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» (НШ «ГИГГБ»).....	30
<b>Т.И. Караваева, В.П. Тихонов</b> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕОСИСТЕМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗЫСКАНИЙ.....	35
<b>И.И. Минькевич, Ю.А. Килин</b> ПРЕЗЕНТАЦИЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ».....	42
<b>В.А. Наумов, О.Б. Наумова</b> ГЕОЛОГИЯ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ .....	45
<b>М.В. Рогозин, И.С. Копылов, П.А. Красильников</b> БИОЛОКАЦИЯ И БИО-ГЕОАКТИВНЫЕ ЗОНЫ.....	53
<b>ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА НЕДР</b> .....	58
<b>Б.Н. Бакытжанова</b> ГЕОЭКОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....	58
<b>Л.И. Даль</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	63
<b>В.В. Гришанова</b> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ РОГОЖНИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ (ХМАО).....	71

<b>И.И. Каратскаиа, У.А. Kilin</b> OIL POLLUTION OF THE TURAYVKA RIVER BASIN.....	79
<b>З.В. Кивилёва</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ВОД В ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИНАХ И РОДНИКАХ ПЕРМИ.....	83
<b>И.С. Копылов, Л.И. Даль</b> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ КИЗЕЛОВСКОГО РАЙОНА.....	92
<b>А.М. Морева, И.С. Репин</b> ОСОБЕННОСТИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В Д.ПАВЛОВО (ПЕРМСКИЙ КРАЙ).....	111
<b>И.Н. Ташкинова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРАТОРА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА, СОДЕРЖАЩИХ АМИНО- И НИТРОАРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, В РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ....	117
<b>А.И. Тетерин</b> СОВРЕМЕННАЯ РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА И ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ.....	124
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	130
<b>А.В. Анюхина</b> КАССИФИКАЦИЯ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ГЛИНАХ ОСНОВАННАЯ НА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	130
<b>А.В. Батрыгин</b> ИНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СТАРЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ГОРОДА ПЕРМИ.....	138
<b>В.А. Березнев, В.В. Никифоров</b> ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРЕДЕЛАХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ СОЛЯНЫХ РУДНИКОВ.....	146

<b>О.В. Бобров</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНОЙ И СРЕДНЕЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В с. МИХАЙЛОВКА, РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН.....	152
<b>А.В. Буянова</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ЖИЛОГО ДОМА НА ТЕРРИТОРИИ П.АЙХАЛ (РЕСПУБЛИКА САХА- ЯКУТИЯ).....	159
<b>А.В. Гарифулова, А.А. Иванченков, Р.Д. Халиманович, Е.А. Чуракова</b> ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА БЕРЕГАХ КАМСКОГО И ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ.....	165
<b>Н.В. Желнин, Е.А. Ерофеев</b> ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАРСТОВАННОСТИ УФИМСКОГО ПЛАТО НА ОСНОВЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ.....	176
<b>А.А. Иванченков, М.Ф. Леонович</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛАГОЕМКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ.....	185
<b>Ю.А. Килин, Е.Ю. Килина</b> МЕТОДЫ КАРСТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ.....	188
<b>Т.Г. Ковалева</b> ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ КАРСТА И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ КАРСТОВЫХ ФОРМ ТЕРРИТОРИИ Г.КУНГУР.....	199
<b>Ю.В. Леухина</b> ИЗМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА МОТОВИЛИХИНСКОГО РАЙОНА г. ПЕРМИ НА ОСНОВАНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	204
<b>М.С. Лунегова, Т.Г. Ковалева, А.А. Гусев</b> ОСОБЕННОСТИ КАРСТОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ с. УСТЬ- КИШЕРТЬ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	208
<b>R. Makarenko</b> EVALUATION OF GEO-ENG. CONDITIONS FOR CONSTRUCTION A NEW ELECTRIC STATION NEAR THE TOWN OF AFULA, ISRAEL.....	212

<b>Ю.О. Мальгина, Т.А. Пешкова, Н.А. Драчева</b> ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНТМОРИЛЛОНИТА.....	218
<b>С.В. Мартынов</b> ПРОВЕДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ СТРОЕНИЯ ВОДОЗАЩИТНОЙ ТОЛЩИ.....	221
<b>В.В. Оборин, И.С. Копылов</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕРРИТОРИИ ПТБО г. ИГАРКИ.....	231
<b>М.А. Осипов, В.П. Тихонов, И.С. Копылов</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ г. ПЕТРОПАВЛОВСКА).....	239
<b>Т.А. Пешкова, Ю.О. Мальгина, Н.В. Иванова</b> ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ИОНООБМЕННУЮ СПОСОБНОСТЬ КАОЛИНИТА.....	245
<b>Ю.В. Ронжина</b> РЕГИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	248
<b>М.М. Санкло</b> НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЯХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ДИНАМИКУ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ УДМУРТИИ).....	254
<b>Ю.Н. Селезнева</b> ОВРАЖНАЯ ЭРОЗИЯ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	269
<b>А.Н. Фарзиева</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАТНОЙ ЗАКАЧКИ ШАХТНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД РУДНИКА «МИР».....	274
<b>М.В. Федоров</b> ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ СИЛЫ В КАОЛИНИТОВОЙ ГЛИНЕ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ.....	281

<b>Е.А. Чуракова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ МОЩНОСТЬЮ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД И СТЕПЕНЬЮ ЗАКАРСТОВАННОСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕЛИЩЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА.....	288
<b>МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ)...</b>	292
<b>М.Б. Акылбеков, В.А. Васильев, Р.Ф. Максutow, К.И. Фролова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ ЛИСТА О-40-ХVI)	292
<b>А.Д. Аникаева</b> ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	297
<b>Ф.Р. Гарифуллин</b> ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛЮМИНИСЦЕНТНО-БИТУМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН.....	304
<b>М.Н. Голдобина</b> О ВЛИЯНИИ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ЗОН НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ).....	308
<b>А.К. Заковырин</b> ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДРОДОВ БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.....	311
<b>А.А. Калинин</b> ПАЛЕОГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗОН ПРЕИМУЩЕСТВЕННОГО НЕФТЕ- И ГАЗОНАКОПЛЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	316
<b>И.С. Копылов</b> РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТИ И ГАЗА В ПРИУРАЛЬЕ И ИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	321
<b>Г.В. Курнаков</b> МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ БИОМАРКЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ДИВЬИНСКОЙ СВИТЫ РАЗРЕЗА КАМАЙСКИЙ ЛОГ.....	329

<b>В.А. Наумов, С.Б. Коврижных</b> ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛИН И РОССЫПЕЙ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ СРЕДНЕГО УРАЛА.....	335
<b>А.О. Недосугов</b> ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ ВЕРХНЕЧОНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	339
<b>К.Ю. Отюска</b> СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	346
<b>В.С. Попов, В.А. Кузнецов</b> О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОИСКОВ ЗОЛОТА В КРАСНОВИШЕРСКОМ РАЙОНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	351
<b>М.Н. Трифонова</b> КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ С ЦЕЛЮ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОН РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.....	356
<b>А.Ш. Хусаинова, К.В. Сюраева, Д.Ю. Брагин, Н.В. Шукин</b> ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ НОЖОВСКОГО ПОДНЯТИЯ И ЗАПАДНОГО САЯНА).....	365

## CONTENTS

	Page
<b>GENERAL ISSUES OF SCIENCE AND EDUCATION, THEORETICAL ISSUES OF GEOLOGY</b> .....	17
<b>V.I. Kachenov, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, V.V. Seredin, V.M. Shuvalov</b> DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY AND PROTECTION OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF PERM STATE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY (1977-2017).....	17
<b>I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin</b> SCIENTIFIC SCHOOL OF THE PERM UNIVERSITY AND THE NATURAL SCIENCES INSTITUTE «GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY».....	30
<b>T.I. Karavaeva, V.P. Tihonov</b> THE ASSESSMENT OF THE GEOSYSTEM STATE FOR ESIA.....	35
<b>I.I. Minkevich, Y.A. Kilin</b> PRESENTATION OF THE MANUAL «ECOLOGICAL HYDROGEOLOGY AND HYDROGEOCHEMISTRY».....	42
<b>V.A. Naumov, O.B. Naumova</b> GEOLOGY OF TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS.....	45
<b>M.V. Rogozin, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov</b> BIOLOCATION AND BIO-GEOACTIVE ZONE.....	53
<b>GEOECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION</b> .....	58
<b>B.N. Bakytzhanova</b> GEOECOLOGY OF OIL AND GAS REGIONS OF WESTERN KAZAKHSTAN AND THE CASPIAN SEA COAST.....	58
<b>L.I. Dal</b> CHARACTERISTICS OF TECHNOGENIC IMPACTS ON THE ENVIRONMENT OF THE PERM REGION.....	63
<b>V.V. Grishanova</b> ASSESSMENT OF POLLUTION OF SOILS IN THE FIELD OF OIL ROGOZHNIKOVSKOYE (KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG).....	71
<b>I.I. Kapatskaia, Y.A. Kilin</b> OIL POLLUTION OF THE TURAYVKA RIVER BASIN.....	79

<b>Z.V. Kivileva</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER WELLS AND SPRINGS IN PERM AND PERM DISTRICT.....	83
<b>I.S. Kopylov, L.I. Dal</b> GEOECOLOGICAL ESTIMATION AND STABILITY OF NATURAL ENVIRONMENT OF KIZELOVSK DISTRICT.....	92
<b>A.M. Moreva, I. S. Repin</b> FEATURES OF OIL POLLUTION IN PAVLOVO (PERM KRAI).....	111
<b>I.N. Tashkinova</b> DETERMINATION OF PARAMETERS OF APPLICATION OF THE STRUCTURANT BASED ON CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE CONTAINING AMINO- AND NITROAROMATIC COMPOUNDS IN THE RECOLTIVATION OF VIOLATED AND CONTAMINATED TERRITORIES.....	117
<b>A.I. Teterin</b> CURRENT RADIATION STATUS AND ESTIMATION OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS CONSEQUENCES ON THE TERRITORY OF OSA OIL FIELD.....	124
<b>ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY.....</b>	130
<b>A.V. Anukhina</b> CLASSIFICATION OF RELATED WATER IN CLAYS BASED ON THEORETICAL AND EXPERIMENTAL DATA.....	130
<b>A.V. Batrygin</b> GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS IN THE TERRITORY OF THE OLD MINING TOWN OF PERM.....	138
<b>V.A Bereznev, V.V Nikiforov</b> VARIABILITY OF ENGINEERING-GEOLOGICAL PARAMETERS UNDER THE POTENTIALLY HAZARDOUS SITES OF SALT MINE.....	146
<b>O.V. Bobrov</b> GEOTECHNICAL CONDITIONS FOR THE DESIGN OF LOW-RISE AND MIDSTOREY OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT IN THE VILLAGE OF MYKHAILIVKA, MR UFA, REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN.....	152

<b>A.V. Buyanova</b> ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEYS FOR CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL HOUSES IN THE TERRITORY AIKHAL (REPUBLIC OF SAHA-YAKUTIA).....	159
<b>A.V. Garifulova, A.A. Ivanchenko, R.D. Khalimanovich, E.A. Churakova</b> PATTERNS OF DEVELOPMENT OF THE GEOLOGICAL PROCESSES ON THE SHORES OF THE KAMA RESERVOIR.....	165
<b>N.V. Zhelnin, E.A. Erofeev</b> EVALUATION OF SURFACE KARST OF THE UFA PLATEAU KARST ON THE BASIS OF INTERPRETATION OF SPACE IMAGES.....	176
<b>A.A. Ivanchenkov, M.F. Leonovitch</b> EXPERIMENTAL STUDY OF THE MOISTURE CAPACITY OF FINE-GRAINED SANDY SOILS.....	185
<b>Y.A. Kilin, E.Y. Kilina</b> THE KARSTOLOGICAL METHODS OF RESEARCHES ON ROUTES OF THE MAIN GAS PIPELINES.....	188
<b>T.G. Kovalyova</b> GEOLOGICAL-HYDROGEOLOGICAL INDICES OF KARST DEVELOPMENT AND PREVALENCE OF KARST FORMS OF THE TERRITORY OF KUNGUR.....	199
<b>Yu.V. Leukhina</b> CHANGE OF THE GENERAL PLAN OF MOTOVILIKHINSKY DISTRICT OF PERM ON THE BASIS OF GEOLOGICAL RESEARCHES.....	204
<b>M.S. Lunegova, T.G. Kovaleva, A.A. Gusev</b> FEATURES OF CARSTOLOGICAL CONDITIONS S. UST-KISHERT OF THE PERM REGION.....	208
<b>R. Makarenko</b> EVALUATION OF GEO-ENG. CONDITIONS FOR CONSTRUCTION A NEW ELECTRIC STATION NEAR THE TOWN OF AFULA, ISRAEL.....	212
<b>Iu.O. Malgina, T.A. Peshkova, N.A. Dracheva</b> INFLUENCE OF PRESSURE ON MONTMORILLONITE ELECTROKINETIC CHARACTERISTICS.....	218
<b>S.V. Martynov</b> EXAMPLE OF GROUND GEOPHYSICAL WORK ON VERKHNEKAMSK POTASSIUM SALTS FOR DETECTION OF ABNORMALITIES OF THE STRUCTURE WATERPROOF STRATUM.....	221

<b>V.V. Oborin, I.S. Kopylov</b> ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL ASSESSMENT AND FORECAST OF DEVELOPMENT OF GEODYNAMIC PROCESSES OF THE SOLID HOUSEHOLD WASTE OF THE CITY OF IGARKA.....	231
<b>M.A. Osipov, V.P. Тихонов, I.S. Копылов</b> ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTH KAZAKHSTAN (PETROPAVLOVSK).....	239
<b>T.A. Peshkova, Iu.O. Malgina, N.V. Ivanova</b> PRESSURE EFFECT ON KAOLINITE ION-EXCHANGE CAPACITY.....	245
<b>Ju.V. Ronzhina</b> FACTORS OF FORMATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS IN NIZHNY NOVGOROD REGION.....	248
<b>M.M. Sanklo</b> NEOTECTONICAL PROCESSES IN PLATFORM AREAS AND THEIR IMPACT ON ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS AND DYNAMICS OF UNDERGROUND WATER (ON EXAMPLE OF UDMURT REPUBLIC).....	254
<b>Yu. N. Selezneva</b> GULLY EROSION OF THE UDMURT REPUBLIC.....	269
<b>A.N. Farzieva</b> ENGINEERING AND GEOLOGICAL SURVERY FOR THE SYSTEM OF REINJECTION OF MINE AND DRAINAGE WATERS OF THE MINE «MIR».....	274
<b>M.V. Fedorov</b> INVESTIGATION OF THE ADHESION FORCE IN KAOLINITE CLAY BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY.....	281
<b>E.A. Churakova</b> DEPENDENCE BETWEEN THE POWER OF OVERBURDEN AND THE DEGREE OF KARST THE EXAMPLE OF DEPOSIT SELISCHENSKOGO PLASTER.....	288
<b>RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL, AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC METHODS).....</b>	292
<b>M.B. Akylbekov, V.A. Vasil'ev, R.F. Maksutov, K.I. Frolova</b> THE USE OF SPACE IMAGERY DECODING DURING GEOLOGICAL MAPPING AND SEARCH MINERALS (FOR EXAMPLE, SHEET O-40-XVI)....	292

<b>A.D. Anikaeva</b> THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR THE SOLUTION OF ENGINEERING PROBLEMS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY.....	297
<b>F.R. Garifullin</b> GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL RESEARCHES AND LUMINESCENT-BITUMEN ANALYSIS THE EXAMPLE ROMASHKINSKOYE FIELD IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN.....	304
<b>M.N. Goldobina</b> ON THE INFLUENCE OF FAULTS ON THE LOCATION OF OIL AND GAS BEARING ZONES (ON EXAMPLE OF WESTERN SIBERIA).....	308
<b>A.K. Zakovirin</b> FEATURES OF DEVELOPMENT HYDROCARBON DEPOSITS OF BARENTSOVOMORSKOY OIL AND GAS PROVINCE.....	311
<b>A.A. Kalinin</b> PALEOGEOTHERMAL RECONSTRUCTIONS IN EVALUATING THE PRIORITY AREAS OF OIL AND GAS ACCUMULATION IN WESTERN SIBERIA.....	316
<b>I.S. Kopylov</b> RESULTS AND PROSPECTS OF OIL AND GAS REMOTE SENSING GEOLOGICAL STUDY OF THE PERM PRE-URALS REGION AND GEOINFORMATION SUPPORT.....	321
<b>G.V. Kurnakov</b> METHODOLOGICAL APPROACH TO THE APPLICATION OF BIOMARKERS ON THE EXAMPLE OF DIVYINSKAYA FORMATION IN THE CUT KAMAISKY LOG.....	329
<b>V.A. Naumov, S.B. Kovrizhnykh</b> THE MAIN FEATURES OF THE FORMATION OF VALLEYS AND PLACERS ON THE WESTERN SLOPE OF THE MIDDLE URALS.....	335
<b>A.O. Nedosugov</b> GEOLOGICAL AND HYDRO-GEODYNAMIC CONDITIONS THE DEVELOPMENT OF VERKHNECHONSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD.....	339
<b>K.Y. Otyuskaya</b> STRUCTURE AND PETROLEUM POTENTIAL OF PALEOZOIC DEPOSITS OF THE SOUTH OF NOVOSIBIRSK REGION.....	346

<b>V.V. Popov, V.A. Kuznetsov</b> ON THE PROSPECTS OF SEARCHING FOR GOLD IN THE KRASNOVISHERSK DISTRICT AND WITH THE USE OF AEROSPACE METHODS.....	351
<b>M.N. Trifonova</b> COMPREHENSIVE GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL WORK TO LOCALIZE ZONES OF DISTRIBUTION AND EVALUATION OF HEAVY OIL RESOURCES IN PERMIAN SEDIMENTS OF THE VOLGA-URAL OIL AND GAS PROVINCE.....	356
<b>A.S. Khusainova, K.V. Suraeva, D.Y. Bragin, N.V. Shchukin</b> APPLICATION SPACE-GEOLOGICAL ANALYSIS IN THE SEARCH OF MINERAL DEPOSITS (FOR EXAMPLE ROZOVSKOGO UPLIFT AND THE WESTERN SAYAN MOUNTAINS).....	365

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*

**КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР  
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (1977-2017 гг.)**

*Рассмотрена краткая история развития и становления Кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета за период 1977-2017 гг. Показана выдающаяся роль ее основателя И.А. Печеркина. Показаны современные научные направления Кафедры инженерной геологии и охраны недр.*

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

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

**DEPARTMENT OF ENGINEERING GEOLOGY AND PROTECTION OF  
GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF PERM STATE NATIONAL  
RESEARCH UNIVERSITY (1977-2017)**

*A brief history of the development and establishment of the Department of Engineering Geology and Protection of Geological Environment of the Perm State University for the period 1977-2017 is considered. The outstanding role of its founder I.A. Pecherkin is shown. The modern scientific directions of the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection are shown.*

*Keywords: engineering geology, geoecology, the Department of Engineering Geology and Protection of Geological Environment, Perm State University.*

Кафедра инженерной геологии в Пермском университете была основана 05.07.1977 г. согласно приказа Ректора ПГУ им. А.М. Горького № 119 от 05.07.1977 г. на основе приказа Министра высшего и среднего специального

образования РСФСР № 306 от 01.07.1977 г. (рис. 1). Основателем кафедры инженерной геологии (далее - Кафедра) является известный ученый, заслуженный деятель науки и техники России, профессор д.г.-м.н. И.А. Печеркин, который руководил ею на протяжении 14 лет.

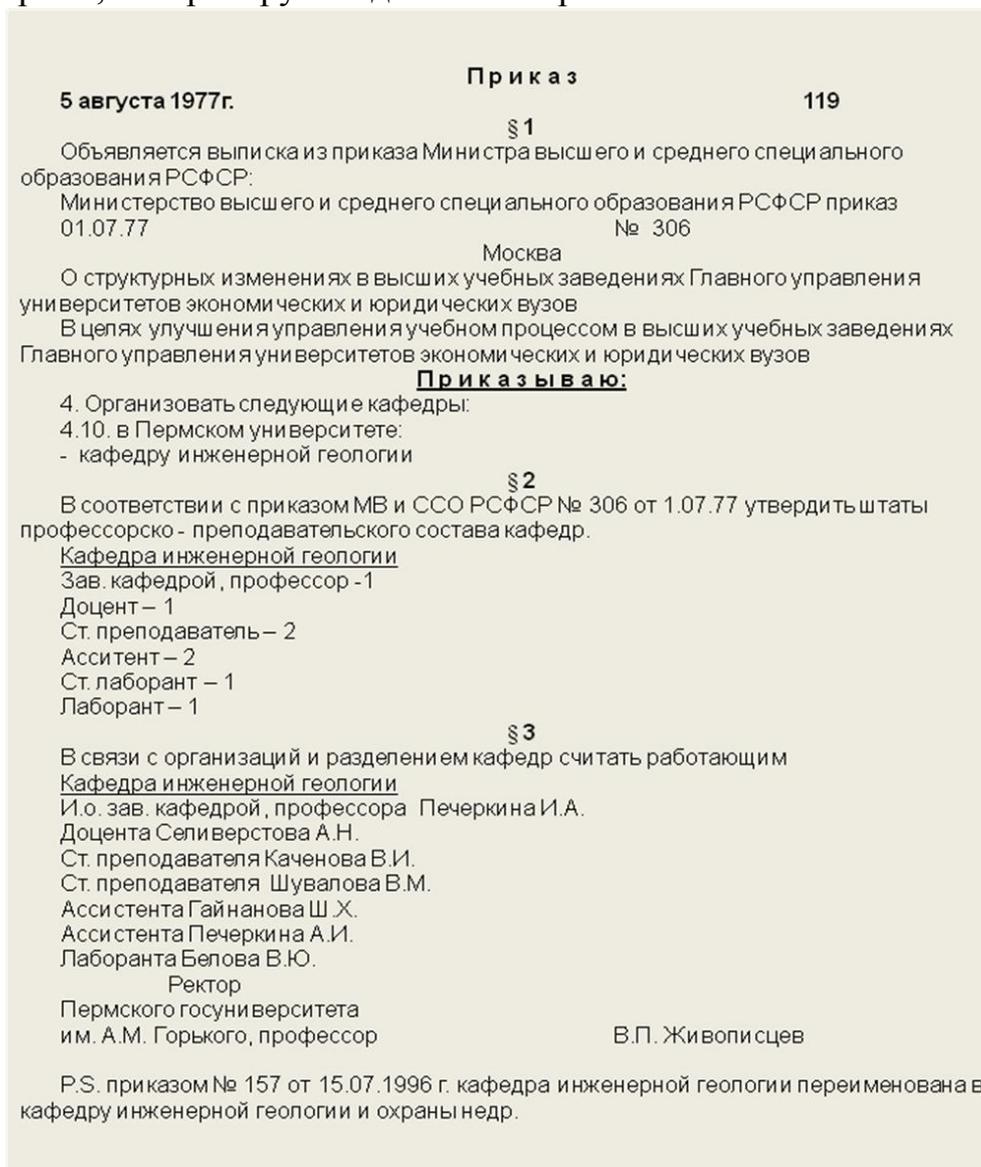


Рис. 1. Выписка из приказов о создании и реорганизации Кафедры инженерной геологии Пермского университета (из архива отдела кадров ПГНИУ)

### **И.А. Печеркин – основатель Кафедры инженерной геологии**



Печеркин Игорь Александрович (1928-1991), доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России – основатель кафедры инженерной геологии Пермского государственного университета, один из основоположников инженерного карстоведения в России

*Игорь Александрович Печеркин* прожил относительно короткую жизнь, насыщенную большими делами и интереснейшими событиями. По той роли, которую он сыграл в становлении пермской школы инженеров-геологов, его можно сравнить со звездой первой величины, излучавшей научную энергию, зажигавшей коллег, учеников и всех тех, кто прямо или косвенно соприкасался с этой кипучей, полной жизненной силы натурой. Четверть века научно-педагогической деятельности И.А. Печеркина связана с кафедрой динамической геологии и гидрогеологии, где под руководством профессора Г.А. Максимовича он прошел путь от студента до профессора. Именно на этой кафедре зародилась идея о создании кафедры инженерной геологии [1, 3-5, 7].

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

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

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

Изучение процессов переформирования берегов водохранилищ проводилось на генетической основе, с учетом своеобразия проявления экзогенных геологических процессов. И.А. Печеркин впервые вскрыл причины активизации оврагов и оползней, закономерности развития карста; предложил методики прогнозирования переработки берегов водохранилищ и устойчивости закарстованных территорий. Итоги этой работы легли в основу докторской диссертации «Геодинамика побережий камских водохранилищ», которую он успешно защитил в 1968 г.

И.А. Печеркин – один из основоположников инженерного карстоведения в России. У него много учеников и это позволяет говорить о Пермской школе

инженерного карстоведения, руководителем которой он являлся. Им подготовлено более 30 кандидатов наук, специалистов в области переработки берегов водохранилищ, карста, суффозии и других вопросов инженерной геологии.

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

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

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

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

Перу Игоря Александровича принадлежат 9 крупных (более 5 печ. л.) работ, по объему составляющие 40% его научного наследия: «Камское водохранилище», 1959 (11,0 печ. л., соавторы Л.И. Дубровин, Ю.М. Матарзин); «Геологические экскурсии по Камскому водохранилищу», 1963 (5,8 печ. л., соавторы Ю.М. Матарзин, Г.И. Карзенков, И.К. Мацкевич); «Геодинамика побережий камских водохранилищ». Т.1; Инженерно-геологические условия, 1966 (12,5 печ. л.); «Геодинамика побережий камских водохранилищ». Т.2; Геологические процессы, 1969 (19,75 печ. л.); «Методические указания по оценке изменений инженерно-геологических условий в районах закарстованных берегов», 1978 (5,1 печ. л., соавторы А.И. Печеркин, В.Е. Закоптелов); «Теоретические основы прогнозирования экзогенных геологических процессов на берегах водохранилищ», 1980 (5,5 печ. л., соавторы А.И. Печеркин, В.И. Каченов); «Переработка берегов водохранилищ, сложенных песчано-глинистыми и карбонатными породами», 1981 (5,1 печ. л., соавторы А.И. Печеркин, Ш.Х. Гайнанов); «Инженеры земли», 1984 (7,35 печ.

л.); «Инженерная геология СССР». Урал, Таймыр, Казахское складчатое сооружение, 1990 (20 печ. л., отв. редактор и соавтор).

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

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

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

Приобретя опыт научно-организационной работы (декан геологического факультета, проректор ПГУ по научной работе) И.А. Печеркин в 1977 г. организовал кафедру инженерной геологии, которой заведовал до конца своей жизни [1, 3-5, 7, 8].

#### **Период 1977-1991 гг.**

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

Основным научным направлением кафедры в 70-е гг. 20 века было изучение геодинамики берегов камских водохранилищ. В 1980-1990-е гг. к нему добавились инженерная геология карста, инженерная геология верхнепермской красноцветной формации, изучение оползней и подтопления берегов камских водохранилищ, вопросы охраны геологической среды, а с середины 90-х гг. – проблемы охраны и рационального использования недр.

Сотрудники кафедры выполняли госбюджетные и хоздоговорные работы по территориям от Приполярного Урала и Архангельской области до Украины, Средней Азии и Кавказа. Преподавателей и студентов интересовали самые разные объекты: флюсовые известняки для Нижне-Тагильского металлургического комбината в Свердловской области, строительные

площадки на Среднем Урале, Ровенская атомная станция (РАЭС, Украина) и трасса БАМа, камские водохранилища и горные ГЭС Средней Азии, железные дороги и трассы магистральных газопроводов в Приуралье, Кунгурская ледяная и Ново-Афонская сталактитовая пещеры.

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

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

#### **Период 1991-2001 гг.**

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

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

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

Одно из научных направлений работы Кафедры это периода – «Моделирование и анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых» – развивал заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный академик Академии горных наук, профессор, д.г.-м.н. **Мягков Владимир Фаддеевич** (10.08.1929-05.07.2013). Научные отчеты и их результаты внедрены

в производство с высоким экономическим эффектом. Созданы инструктивно-методические руководства по геологическому обеспечению горных предприятий, разрабатывающих месторождения алмазов, различных руд на 56 объектах и добывающих ежегодно более 150 млн. тонн минерального сырья.

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

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

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

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

Ряд монографических работ опубликовал профессор В.Н. Быков: «Основы недропользования» (2000), «Правовые основы недропользования» (2000), «Эколого-геологическая обстановка города» (совместно с М.Ш. и Д.М. Димухаметовыми, 2001) и др. [1, 3-5, 7, 8].

#### **Период 2001-2011 гг.**

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

С апреля 2005 г. Кафедре возглавил (и настоящее время продолжает руководить) д.г.-м.н., профессор *Валерий Викторович Середин*, который закончил в 1977 г. Ленинградский Государственный университет им. А.А. Жданова по специальности «Гидрогеология и инженерная геология» с квалификацией «Инженер геолог-грунтовед». В 1986 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском горном институте им. Г.В. Плеханова. В 2000 г. ему присуждена ученая степень доктора геолого-минералогических наук за защиту диссертации: «Геоэкологические условия санаций нефтезагрязненных территорий» (Пермь, 1999). Ученое звание профессора по кафедре инженерной геологии и охраны недр присвоено в 2006 г. В.В. Середин работал в научно-

исследовательских и проектных институтах на различных должностях. С 1989 г. и по настоящее время работает генеральным директором в научно-исследовательском, проектном и производственном предприятии по природоохранной деятельности «Недра» (ООО НИПППД «Недра»). В период с 2003-2007 гг. работал в Администрации Пермского края в должности начальника Управления, Министра промышленности и природных ресурсов. В.В. Середин входит в состав диссертационных советов по защите кандидатских и докторских работ. За время преподавательской деятельности (с 2004 г.) им было подготовлено: 4 кандидата наук. В настоящее время он руководит еще несколькими соискателями на присуждение ученой степени кандидата наук. Им опубликовано свыше 100 научных работ, из них 4 монографии, 80 статей РИНЦ (из них – 50 статей ВАК), имеет 3 патента и авторских свидетельства на изобретения. В настоящее время В.В. Середин имеет самый высокий индекс Хирша среди специалистов направления «Геология» Перми и Пермского края ( $h\text{-index} = 19$ ).

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

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

Наиболее крупными изданиями этого периода были монографии В.Н. Дублянского: «Красная пещера» (2002), «Карстование» (2004), «Кунгурская пещера. Опыт режимных наблюдений» (2005), «Пещеры и моя жизнь» (2006), «Карст Мира», «Региональное карстование» (2007). Крупные

работы опубликовали доценты В.А. Шерстнев («Водообильные зоны», 2002), М.Ш. и Д.М. Димухаметовы («Методика инженерно-геологических исследований для гражданского и промышленного строительства», 2006); Доцент А.В. Коноплев (с И.В. Кустовым и П.А. Красильниковым) выпустили в 2007 г. учебно-методическое пособие «Геоинформационные системы в геологии». Доцентом В.М. Шуваловым в этот период издано более 25 учебных пособий и методических указаний по геофизике. В 2009 г. им опубликован учебник «Геофизические методы в инженерной и экологической геологии», в 2010 г. опубликовано учебное пособие «Геофизические методы исследований и интерпретация геофизических данных», в 2010 г. В.А. Березнев и В.М. Шувалов выпустили учебное пособие «Инженерные сооружения».

### **Период 2011 г. – настоящее время**

Состав Кафедры значительно изменился и в настоящее время включает 25 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 науке), М.Ф. Леонович, А.В. Маклашин, О.Н. Маковецкий, В.П. Тихонов, В.М. Шувалов, М.Р. Ядзинская; старшие преподаватели: Н.С. Бахарева, Л.А. Новопоселенских, А.Е. Путилов, К.А. Тамоян, Л.К. Трусова; ассистент П.А. Белкин; зав. методкабинетом Т.В. Шаварина, инженер И.В. Вострцова.

Сотрудниками Кафедры за этот период опубликованы монографии и учебные пособия: «Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии» (В.В. Середин, 2012), «Грунтоведение» Ч. 1, 2 (В.В. Середин, В.И. Каченов, 2012); «Геокриология» (А.К. Алванян, 2012), «Основы криогенеза литосферы» (А.К. Алванян, 2012), «Инженерная геодинамика: курс лекций» (Т.И. Караваева, 2012), «Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография» (М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев, 2012); «Геологическое строение и ресурсы недр». В книге: «Атлас Пермского края» (И.С. Копылов, А.В. Коноплев, 2012); «Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография» (И.С. Копылов, 2012); «Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография» (И.С. Копылов, 2013); Золото-алмазная колыбель России: монография (И.С. Копылов, В.А. Наумов, О.Б. Наумова, Т.В. Харитонов, 2015); Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования (Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, 2015). В этот период резко повысилась публикационная активность, сотрудниками Кафедры было опубликовано более 300 статей в различных журналах и материалах конференций.

### **Современная научно-образовательная деятельность**

**Организация конференций.** Кафедра была организатором и участником более 50 региональных и международных конференций и совещаний. Из всех совещаний (проведенных с 1991 г. по настоящее время) следует отметить наиболее актуальные: «Инженерно-геологическое обеспечение

недропользования и охраны окружающей среды» (Пермь, 1997), «Кунгурская ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности» (2003), «Карстование-XXI века: теоретическое и практическое значение» (2004), «Современные проблемы исследования водохранилищ» (2005), «Проблемы инженерной геологии карста и берегов водохранилищ» (2008), ежегодные научно-практические конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (1999-2017), «Геология в развивающемся мире» (2007-2017), «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» (2015, 2017).

**Защиты диссертаций.** При Кафедре было защищено более 50 диссертаций на соискание ученой степени кандидатов геолого-минералогических наук, большая часть из них была защищена под руководством И.А. Печеркина (до 1991 г.), в более поздний период (с 1991 г.) защитили кандидатские диссертации: М.Ш. Димухаметов (1995); А.И. Смирнов (1998); Н.А. Даровских (1999); С.М. Блинов (2000), Д.М. Димухаметов (2000), И.С. Копылов (2002), А.В. Коноплев (2004), С.В. Казакевич (2004), А.К. Алванян (2011), Т.И. Караваева (2011), П.А. Красильников (2011), Т.И. Ковалева (2015), М.Р. Ядзинская (2017). Кафедра принимала участие в подготовке 11 диссертаций докторов геолого-минералогических наук: В.Н. Андрейчук (1995); Г.Н. Дублянская (1998 – перезащита в Москве в связи с отсутствием договора о нострификации с Украиной); В.Н. Катаев, В.В. Середин, 1999; Б.А. Вахрушев, (2004 – защита в Киеве); Г.И. Рудько (2005 г. – защита в Симферополе, получение третьей докторской степени по специальности «Экология»). В 2014 г. И.С. Копыловым была подготовлена на Кафедре и защищена в Уральском государственном горном университете г. Екатеринбурга диссертация доктора геолого-минералогических наук по специальности «Геоэкология» (науки о Земле) по теме «Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов» [2].

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

использование и охрана подземных пространств.

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

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

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

- прогноз загрязнения углеводородами грунтового массива (науч. рук. М.Ф. Леонович);
- прогноз прочностных свойств грунтов загрязненных нефтью (науч. рук. В.В. Середин);
- разработка методики районирования территорий нефтяных месторождений (науч. рук. П.А. Красильников);
- оценка напряженного состояния грунтов (науч. рук. В.В. Середин);
- морозное пучение грунтов (науч. рук. А.К. Алванян);
- изучение закономерностей изменения строения и свойств грунтов под воздействием солевых растворов (науч. рук. В.И. Каченов) [6].

Раздел *«Инженерная геодинамика»* представлен циклом работ (практически всех сотрудников Кафедры), посвященных инженерно-геологическим процессам (выветривание, эрозия, абразия, карст, суффозия, оползни, подтопление и пр.). Еще в 60-е гг. профессор И.А. Печеркин пришел к пониманию необходимости комплексного изучения инженерно-геологических процессов; в 90-е гг. эта идея была развернута в учение о их парагенезисе, которое было продолжено работами В.Н. Дублянского и Г.Н. Дублянской, а также – В.Н. Быкова, в исследованиях экологических функций литосферы. С 2011 г. И.С. Копыловым развивается новое научное направление, находящееся на стыке современной геодинамики и неотектоники с инженерной и экологической геологией – «Учение о геодинамических активных зонах»; разработаны научно-методические основы учения, изучается влияние геоактивных зон на инженерно-геологические и геоэкологические условия различных объектов и территорий.

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

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

- геофизических методов (В.М. Шувалов),
- аэрокосмических методов и дистанционного зондирования Земли (И.С. Копылов),
- геоинформационного моделирования (П.А. Красильников).

Раздел *«Инженерная экология и охрана окружающей среды»* рассматривает вопросы охраны окружающей среды, санитарное состояние водохранилищ, береговую защиту камских водохранилищ, рациональное использование подтопленных земель, их изменения под техногенным воздействием, влияние деятельности человека на окружающую среду, загрязнение грунтовых вод, управление карстовым процессом и борьба с его последствиями, влияние промстоков, принципы выделения водоохраных зон, геосистемный анализ территорий при инженерных изысканиях (В.П. Тихонов, Т.И. Караваева). *«Геоэкология»* - междисциплинарная наука. Ее важными вопросами, которые рассматриваются на Кафедре, являются: геодинамика и ее влияние на состав, состояние и эволюцию окружающей среды, моделирование геоэкологических процессов, геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля, геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов, геоэкологическая оценка территорий, современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии, геологическая и экологическая безопасность городов, объектов недропользования и инфраструктуры (И.С. Копылов).

**Образовательная деятельность.** Основная задача сотрудников кафедры – подготовка высококвалифицированных специалистов по инженерной геологии и охране недр. Проводятся занятия по учебным дисциплинам инженерно-геологической направленности для студентов геологического и географического факультетов. С 1997 г. проводилась подготовка магистров по программе «Экологическая геология», а с 2006 г. по настоящее время – по программе «Инженерная геология».

Новые задачи обучения для подготовки к вступлению в жизнь обновляющегося общества бакалавров и специалистов побудили к введению специальных курсов по основам недропользования, геоэкологии, современным проблемам инженерной геологии.

С 1977 г. кафедрой выпущено более 1,5 тыс. специалистов, деятельность которых в основном связана с геологией. Научные направления кафедры представляют интерес для законодательных органов, краевой администрации, администраций местного самоуправления, акционерных обществ, связанных с эксплуатацией природных ресурсов, строительных, транспортных, дорожных, страховых компаний, органов федерального контроля и т.д. Многие выпускники кафедры занимали и занимают руководящие должности на предприятиях и в учреждениях, работающих по проблемам инженерной

геологии, геофизики, гидрогеологии и геоэкологии. Многие выпускники кафедры имеют правительственные награды и ученые звания.

Для обеспечения учебного процесса на кафедре опубликовано более 100 учебных пособий, методических указаний, программ по читаемым курсам. Их основой стали несколько десятков монографий, подготовленных сотрудниками кафедры, и более 1,5 тыс. научных публикаций.

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

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

### **Библиографический список**

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

2. 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.

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

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

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

6. Середин В.В. Результаты научно-исследовательских работ в 2014 году на кафедре инженерной геологии и охраны недр // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. С. 171-176.

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

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

**И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин**  
Пермский государственный национальный исследовательский университет

**О РАЗВИТИИ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ –  
«ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» (НШ «ГИГТБ»)**

*Рассматривается развитие научной школы Пермского государственного национального исследовательского университета и Естественнонаучного института «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность», ее научная и научно-образовательная деятельность. Основными научными направлениями школы являются: фундаментальные и прикладные исследования в области геоэкологии, инженерной, региональной и поисковой геологии; закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования; геологическая и экологическая безопасность городов и объектов инфраструктуры недропользования.*

*Ключевые слова: наука, научная школа Университета, науки о Земле, геоэкология, геодинамика, научная и образовательная деятельность.*

**I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin**  
Perm State University

**SCIENTIFIC SCHOOL OF THE PERM UNIVERSITY AND THE NATURAL  
SCIENCES INSTITUTE «GEOECOLOGY, ENGINEERING  
GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY»**

*The development of scientific school at Perm state national research University and Natural Sciences Institute «Geoecology, engineering geodynamics and geological safety», scientific and scientific-educational activities are considered. The main scientific directions of the school are: basic and applied research in the field of Geoecology, engineering, and search of the regional Geology; the regularities of formation and forecasting of natural and technogenic geological systems in the process of subsoil use; geological and ecological safety of cities and infrastructure mining.*

*Keywords: science, scientific school of the University, geosciences, geoecology, geodynamics, scientific and educational activities.*

В ноябре 2015 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете и Естественнонаучном институте на базе научно-исследовательской лаборатории геологического моделирования и прогноза (НИЛ ГМП) и кафедры инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН) при содействии других кафедр геологического факультета была создана (зарегистрирована) **научная школа «Геоэкология, инженерная геодинамика и**

*геологическая безопасность» (НШ «ГИГГБ»).* Руководителем НШ «ГИГГБ» избран д.г.-м.н. И.С. Копылов.

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

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

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

**Состав коллектива:** 19 исследователей: 3 доктора наук, 7 кандидатов наук, 9 специалистов [<http://georif.nethouse.ru.>].

**Основные научные результаты последних лет**

**Фундаментальные работы:** разработка концепции геологической безопасности города Перми (2010 г.); разработка теории, методов и технологий

выявления и картирования геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы (2012-2013 гг.); закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования (2014-2016 гг.).

В настоящее время разрабатываются теоретические основы: геосистемный анализ в геоэкологии и инженерной геологии; учение о геодинамических активных зонах; неотектоническая модель нефтидогенеза и рудогенеза.

**Прикладные работы.** За последние годы исследователями НШ «ГИГГБ» выполнено более 20 работ научно-прикладного характера. Сведения о них приведены в работах [12, 13] и на сайте школы [31].

### **Научно-образовательной деятельности**

Подготовка кадров высшей квалификации за последние 5 лет: 2 защиты докторских и 2 защиты кандидатских диссертаций.

В 2015-2017 гг. в процессе научно-образовательной деятельности студентами геологического факультета ПГНИУ на научных конференциях и семинарах под руководством членов НШ «ГИГГБ» сделано более 500 докладов, подготовлено более 200 публикаций.

### **Основные научные публикации**

Научные и научно-методические публикации коллектива: более 500 в т.ч.: монографии – 16, методические и учебные издания – 7, патенты и изобретения – 6.

За 2015-2017 гг. НШ «ГИГГБ» организованы и проведены 3 международных конференции и несколько научных семинаров. Опубликовано: 5 монографий, 3 сборника научных трудов (рис. 1), более 150 статей (РИНЦ), основные из них приведены в списке [1-30].



Рис. 1. Основные научные труды НШ «ГИГГБ» в 2015-2016 гг.

Более полная информация о НШ «ГИГГБ» размещена на официальных сайтах [31-33].

### **Библиографический список**

1. Бачурин Б.А., Костарев С.М. Современные геохимические технологии идентификации источников нефтяного загрязнения гидросферы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. № 11. С. 45-50.
2. Галкин В.И., Середин В.В., Красильников П.А., Растегаев А.В. Разработка многомерных статистических моделей для инженерно-геологического районирования территорий // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2017. № 3. С. 58-66.
3. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 152 с.
4. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Оценка состояния природной среды при инженерно-экологических изысканиях по функциональным характеристикам биогеоценозов // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. № 2 (31). С. 91-99.
5. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Экологическое обоснование использования активности микробиологического дыхания для оценки состояния почв при инженерно-экологических изысканиях // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. Т. 16. № 3. С. 283-294.
6. Козлов С.В. Нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс» // *Norwegian Journal of development of the International Science*. No 8/2017. P.14-26.
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. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
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. Подземные воды западного склона Среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6-3. С. 460-464.
11. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 172-177.
12. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О научном направлении – НШ «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2016. С. 19-27.
13. 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Гл. ред. И.С. Копылов. 2016. С. 90-98.
14. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологические оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.
15. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.

16. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 131 с.
17. Костарев С.М., Бачурин Б.А., Одинцова Т.А. Методические проблемы оценки нефтяного загрязнения подземных вод // Нефтепромысловое дело. 2016. № 12. С. 52-56.
18. Красильников П.А., Середин В.В. Изучение закономерностей и построение математических моделей распределения углеводородов по разрезу на территориях нефтеперерабатывающих предприятий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16. № 2. С. 191-200.
19. Попов А.Г. Глубинный геологический разрез и тектоника Северного Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. Т. 16. № 1. С. 26-34.
20. Rogozin M.V., Razin G.S. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы. Пермь, 2015. 277 с.
21. Rogozin M.V. Лесные экосистемы и геобиологические сети. Монография. Пермь, 2016. 171 с.
22. 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.
23. Середин В.В., Леонович М.Ф., Красильников П.А. Прогноз фильтрации углеводородов в дисперсных грунтах при разработке нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 5. С. 106-109.
24. Середин В.В., Красильников П.А., Медведева Н.А. Изменение электрокинетического потенциала глинистых коллоидов в водной и углеводородной средах // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2017. № 1. С. 66-74.
25. Харитонов Т.В. Алмазность Урала. Обзор литературы. Аннотированный библиографический указатель. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
26. Харитонов Т.В. Пермская медь. Обзор литературы. Аннотированный библиографический указатель. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
27. Харитонов Т.В. Медистые песчаники Пермского края. Сборник статей 1831-1928 гг. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
28. 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.
29. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // I.S. Kopylov, O.N. Kovin, A.V. Konoplev. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM 2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.
30. Torgashov E.V., Kovin O.N., Anderson N.L. A case study on usage of electrical resistivity tomography for dam seepage location, Chesterfield, Missouri // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 2 (27). С. 34-40.
31. Сайт научной школы: <http://georif.nethouse.ru>.
32. Сайт ПГНИУ: <http://www.psu.ru/nauka/nauchnye-shkoly/geoekologiya-inzhenernaya-geodinamika-i-geologicheskaya-bezopasnost>.
33. Сайт Российской Академии Естествознания: <http://www.famous-scientists.ru/15262>

**Т.И. Караваева, В.П. Тихонов**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕОСИСТЕМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗЫСКАНИЙ**

*В статье предлагается оценивать природные условия по биогеоценозам как элементарным структурным единицам биогеоценотической организации жизни. Все компоненты природной среды конкретного биогеоценоза взаимосвязаны и взаимообусловлены, приурочены к одной форме рельефа на однородном геологическом субстрате, выполняют определенную средообразующую функцию и обладают соответствующей ответной реакцией на техногенное воздействие. Практика оценки состояния природной среды при инженерно-экологических изысканиях в основном ориентирована на изучение компонентов среды как ресурса, в частности на загрязнение воды, почвы, растительности. В экологическом отношении средообразующая функция природной среды часто является более приоритетной, чем ресурсная. Объектом изучения является основной самостоятельный структурный элемент биосферы – биогеоценоз, а предметом – качество выполняемых экологических функций.*

*Ключевые слова: биогеоценоз, изыскания, средообразующая функция.*

**T.I. Karavaeva, V.P. Tihonov**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **THE ASSESSMENT OF THE GEOSYSTEM STATE FOR ESIA**

*In the article it is proposed to evaluate the natural conditions of biogeocoenosis as the elementary structural units of the biogeocoenotic organization of life. All components of the natural environment of a particular biogeocoenosis are interrelated and interdependent, confined to one form of relief on a homogeneous geological substratum, perform a certain environmental function and have a corresponding response to anthropogenic impact. The practice of assessing the state of the natural environment in engineering and environmental surveys is mainly focused on studying the components of the environment as a resource, in particular water, soil and vegetation pollution. Ecologically, the environment-forming function of the natural environment is often more important than the resource one. The object of study is the main independent structural element of the biosphere - biogeocoenosis, and the subject - the quality of the performed ecological functions.*

*Key words: biogeocoenosis, prospecting, environment-forming function.*

### **Актуальность проблемы**

Биосфера земли представлена иерархически упорядоченными геосистемными подразделениями, которые на локальном уровне представлены биогеоценозами. Биогеоценоз – это однородный участок земной поверхности с определенным составом живых организмов (биоценоз) и определенными условиями среды обитания (биотоп), которые объединены обменом веществ и энергии в целостный природный комплекс [10]. Биогеоценоз приурочен к конкретному геоморфологическому элементу ландшафта и является основным самостоятельным структурным элементом биосферы, отражающим комплекс

зональных природных условий на различных участках. Состояние природной среды следует оценивать по биогеоценозам, закономерно сменяющим в ландшафте друг друга [13].

Методика оценки состояния биогеоценозов является важнейшей теоретической и практической задачей современности. Анализ литературы показывает, что исследователи описывают структуру биогеоценозов, причины и последствия изменений отдельных компонентов, степень антропогенного нарушения, но экологически наиболее важные функциональные характеристики практически не изучаются [6, 11, 12].

Проблема оценки средообразующих функций биогеоценозов при инженерно-экологических изысканиях ставится впервые. В условиях ограниченного времени на прикладные исследования получение «мгновенного» снимка функциональных характеристик природной среды методически не разработано. В статье рассматривается методический подход к оценке функционального состояния биогеоценозов на основе интегральных показателей.

#### **Экологическое обоснование биогеоценоза как объекта оценки при изысканиях**

Совместное развитие растительности и животных под действием естественного отбора способствует их приспособлению к конкретному участку ландшафта, использованию строго определенных пищевых и энергетических ресурсов. В результате на данном местообитании виды приспособляются друг к другу, что является обязательным условием целостности и стабильности биогеоценоза. Биогеоценоз является основным самостоятельным структурным элементом биосферы, отражающим комплекс природных условий на конкретной территории. Состояние каждого биогеоценоза и его ответная реакция на планируемое воздействие линейного объекта определяют допустимость намечаемой деятельности и являются основой экологического обоснования при инженерно-экологических изысканиях.

Все биогеоценозы наследуют основные особенности рельефа, почвенных, геологических и гидрогеологических условий, отражают их в биоценозе и приобретают свои специфические черты. Эти специфические особенности позволяют более точно проводить границы биогеоценозов. Все основные свойства биогеоценоза проявляются через его растительность, которая обеспечивает защитные и ресурсные функции для животных. Растительность хорошо распознается и картируется, поэтому границы биогеоценозов следует проводить по границам фитоценозов. Биогеоценоз – это экосистема в границах фитоценоза [8]. Изменение растительности маркирует условия увлажнения, почвенные, геологические, геохимические и другие границы. Но в пределах значительной площади развития одного вида растительности эти границы в явном виде при изысканиях определить достаточно сложно. Еловый лес на водораздельном пространстве, склоне водораздела и в речной долине находится в различных условиях увлажнения, имеет различный воздушно-водный режим почвы и качество почвы, различный видовой состав фауны и микробоценозов. Животный мир в зависимости от места обитания также существенно

различается. Следовательно, в пределах одного биоценоза, представленного еловым лесом, следует выделять несколько биогеоценозов с названием, отражающим геоморфологическую приуроченность к ландшафту, имеющих различный животный мир и различную устойчивость к внешним воздействиям. Критерием выделения границ является неоднородность геологических условий, т.е. условий местообитания фитоценоза или биоценоза. Анализ почвенных, геологических карт и карт четвертичных отложений позволяет уверенно выделить границы биогеоценозов в пределах одного фитоценоза. Биогеоценозы выделяются на подготовительном этапе проведения инженерно-экологических изысканий с использованием дешифрирования аэрокосмических снимков. На этапе полевых исследований границы биогеоценозов могут корректироваться [13].

Различное состояние изучаемых биогеоценозов на период проведения изысканий определяет их различную устойчивость к воздействию планируемого к строительству объекта и соответственно допустимость этого воздействия.

#### **Теоретическое обоснование приоритетных функций биогеоценозов**

Средообразующая функция биогеоценозов заключается в преобразовании физико-химических параметров среды в условия, благоприятные для существования живых организмов и определяет качество жизни на конкретной территории. Составными частями общей средообразующей функции, наиболее важными в экологическом отношении, являются функции продуцирования и деструкции вещества, а также биогеохимического обмена, определяющие круговорот жизни на Земле. Все эти функции – фундаментальное отражение эволюционного процесса, свойственны любым зональным биогеоценозам биосферы, характеризуют качество и этап развития биогеоценозов, могут быть достоверно оценены прямыми и косвенными методами в составе инженерных изысканий, а их развитие под влиянием природных и техногенных процессов прогнозируется на основе экологических закономерностей функционирования природных систем.

Сбалансированность развития биогеоценозов изучалась сотрудниками института географии Российской академии наук, которыми предложены теоретические основы качественной и полуколичественной оценки устойчивости сложных систем, изложенные в Web-атласе «Россия как система» [2]. По результатам работ сделан вывод, что устойчивость природных систем определяется объемом (биомассой наземных растений) и продуктивностью (скоростью самовоспроизводства вещества системы).

Продуцирование – это функциональная характеристика интегральных условий среды биогеоценоза, а не арифметическая сумма показателей биомассы, видов растительности, древесных ярусов, величины увлажнения почвы, ее механического состава, количества гумуса и т.п. Исследователями установлена четкая тенденция снижения фундаментальной средообразующей функции биогеоценозов и их устойчивости к внешним воздействиям в результате уменьшения лесопродуцирующих площадей. Техногенная фрагментация биотопов блокирует воспроизводство биоценозов, разрушает их

субстрат – почвенный покров и изменяет направление миграционных потоков вещества. При фрагментации сократившаяся площадь местообитаний обеспечивает меньший размер популяций, который может быть ниже критического значения. В максимальной степени фрагментация воздействует на состояние популяций поздне-сукцессионных эдификаторов [3]. В экосистемах отсутствуют механизмы адаптации к фрагментации, в то время как механизмы фрагментации обладают синергетическим эффектом [1].

Обзор проведенных исследований [14-21] доказывает, что признаками неустойчивости биогеоценоза являются его изолированность в пространстве, наличие краевого эффекта и уменьшение площадей продуцирования вследствие утраты значительной части экологических функций. Мелкие лесные фрагменты (площадью меньше 1,5 га) характеризуются катастрофическим и очень сильным уровнем деградации. Крупные фрагменты (площадью от 49 до 603 га и более) характеризуются слабым уровнем деградации лесной среды. В этом случае негативное влияние рубежей фрагментации проявляется в краевой (опушечной) зоне, ширина которой достигает 25-35 м [5]. Кроме уменьшения продуцирования существенно снижаются другие экологические функции – убежища и воспроизводства животных, качество кормовой базы в связи с ограничением миграции, ресурсообразующий водный и температурный режим территории.

В процессе проведения изысканий функциональное состояние зональных биогеоценозов и продуцирование биомассы наземных растений можно характеризовать, используя общую лесистость биогеоценоза. Продуцирование биомассы определяется лесистостью территории. Более 90 % фитомассы концентрируется в древесном ярусе, и именно фитоценоз в значительной мере определяет средообразующую функцию биогеоценоза. Показатели, которые характеризуют продуктивность основных растительных сообществ, могут использоваться для оценки функционирования биогеоценоза [4]. В частности, зональная лесистость территории является интегральным показателем качества средообразующей функции биогеоценозов. Для каждой конкретной природной зоны показатель оптимальной лесистости находится в соответствующих интервалах значений. Средний показатель оптимальной лесистости для страны с различными природными условиями – понятие бессмысленное. Значение имеет только показатель, рассчитанный для каждой природной зоны и подзоны, имеющий статус экологического норматива лесистости. Именно с этим нормативом следует сравнивать лесистость территории изучаемого биогеоценоза.

Понятие «экологическая норма лесистости» является принципиально важным, определяющим и рассчитывается по данным натурного обследования земель и материалам почвенных, геоботанических, лесоустроительных, землеустроительных изысканий, других проектных работ, связанных с картированием территорий и инвентаризацией природных ресурсов. Например, по результатам расчетов, проведенных для лесостепной зоны Казахстана, норма лесистости составляет 25 %, а для степной – 5,5 % [9].

Градации нормы лесистости в качественном выражении может быть представлена в следующем виде: экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Исследования, проведенные в Белгородской области России, подтверждают возможность ее использования. Лесистость речных бассейнов VI порядка разделяется на минимально допустимую и оптимальную [7].

Анализ результатов исследований позволяет предложить показатель «экологическая норма лесистости» для оценки функциональных свойств конкретного биогеоценоза при инженерно-экологических изысканиях. Сравнивая показатель лесистости исследуемого биогеоценоза с экологическим нормативом лесистости природной зоны или подзоны, получаем степень отклонения лесистости от оптимального значения и соответствующую градацию нормы лесистости – экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Экологический норматив лесистости природной зоны в этом случае соответствует оптимальному значению. В целях экспрессной оценки функциональных свойств биогеоценоза при инженерных изысканиях с некоторой условностью весь интервал значений от 0 до оптимального зонального значения можно разделить на три равных интервала:

- экологически недостаточная норма лесистости от 0 до 33 %;
- допустимая норма лесистости от 34 до 65 %;
- оптимальная норма лесистости от 66 до 100 %.

Условность деления заключается в том, что зависимость здесь не линейная, а функциональная, характерная для каждой природной зоны.

В рассмотренном выше примере, где рассчитанная норма лесистости для лесостепной зоны республики Казахстан составляет 25 %, экологически недостаточная норма лесистости находится в интервале от 0 до 8,25 %, допустимая норма – в интервале 8,5 – 16,25 %, а оптимальная норма лесистости составляет 16,5 – 25 %.

В соответствии с полученными значениями лесистости средообразующую функцию зонального биогеоценоза на период исследования можно оценивать как экологически недостаточную, достаточную для поддержания жизненных функций и оптимальную.

Фрагментация площади продуцирования биомассы также является интегральным показателем средообразующей функции изучаемых фитоценозов. При изысканиях, когда установлено, что покрытая лесом площадь составляет фрагмент до 1,5 га, средообразующая функция экологически недостаточная, что приведет к деградации фитоценозов. В случае, когда лесной фрагмент представлен площадью от 1,5 до 50 га, средообразующая функция экологически допустимая, а более 50 га – оптимальная.

### **Выводы**

Геосистемы в ранге биогеоценозов являются основными самостоятельными структурными элементами биосферы, отражающими комплекс зональных природных условий на территории изысканий. Научно обоснованное, а не субъективное выделение границ биогеоценозов при инженерных изысканиях является важнейшим методическим решением по выбору территории изысканий. Границы биогеоценозов следует выделять на

основе анализа границ геологических, геоморфологических, растительных и почвенных подразделений.

Оценка функционального состояния биогеоценозов на основе интегральных показателей при изысканиях позволяет принимать проектные решения о допустимости планируемых воздействий на территорию. Среодообразующая функция биогеоценозов при этом имеет фундаментальное значение и определяется интегральными показателями: площадью продуцирования органического вещества, которая выражается через зональную лесистость и степень фрагментации фитоценозов. Показатели достаточно просто определяются, не требуют существенных затрат, и позволяют оценить функциональные характеристики всего биогеоценоза при инженерно-экологических изысканиях.

### **Библиографический список**

1. Агаханянц П.Ф. Экологическая оценка фрагментации территории при проектировании дорожно-транспортных сетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2003. 20 с.

2. Атлас биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных территорий / ред. А.С. Мартынов. М.: ПАИМС, 1996. 144 с.

3. Гусев А.П. Антропогенная трансформация ландшафтной структуры и лесные сукцессии // Известия БГПУ им. М. Танка. Сер. 3. 2013. №1. С. 24-28.

4. Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. II. Методы интегральной оценки устойчивости наземных и водных геосистем // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 7. 2013. Вып. 3. С. 88-103.

5. Ивонин В.М., Пиньковский М.Д., Егошин А.В. Фрагментация горных лесов при размещении объектов Олимпиады-2014 // Лесное хозяйство. 2012. №1. С. 31-34.

6. Крайнов К.Н., Курманская А.В. Влияние почвенно-экологических условий Вармийской возвышенности на развитие луговой растительности // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием / под ред. С.П. Кулижского (отв. ред.), Е.В. Калласс, С.В. Лойко. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. Т.2. С. 108-111.

7. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Кириленко Ж.А., Григорьева О.И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(2). URL: [http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013\\_3\\_652\\_657.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_652_657.pdf) (дата обращения: 21.10.2014).

8. Лавренко Е.М. Успехи и очередные задачи в изучении биогеоценозов суши в СССР / Е.М. Лавренко, Н.В. Дылис // Ботанический журнал. – 1968. – Т. 53. – Вып. 2.

9. Методика определения экологического норматива лесистости в эколого-географическом районе при проведении экологического районирования территорий областей: Республиканский нормативный документ / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Казахстан. Кокшетау, 1998. 11 с.

10. Остроумов С.А. Новые варианты определения понятий и терминов «экосистема» и «биогеоценоз» // Докл. Рос. акад. наук. 2002. Т. 383, № 4. С. 571-574.

11. Паракишин Ю.П., Курманская А.В., Крайнов К.Н. Современное почвенно-экологическое состояние луговых ландшафтов Калининградской области // Перспективы освоения инновационных технологий в сельском хозяйстве на примере Калининградской области: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Калининград, 2011. С. 155-159.

12. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т.1. Биогеоценозы и их компоненты / под ред. Р.В. Ковалёва. Новосибирск: Наука, 1974. 315 с.
13. Тихонов В.П., Караваева Т.И. Геосистемная оценка экологических условий трассы линейного объекта при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания. 2013. № 6. С. 62–66.
14. Báldi A., Vörös J. Extinction debt of Hungarian reserves: A historical perspective // *Basic and Applied Ecology*. 2006. Vol. 7. P. 289-295,
15. Boudreault C., Bergeron Y., Drapeau P., Lo'pez L.M. Edge effects on epiphytic lichens in remnant stands of managed landscapes in the eastern boreal forest of Canada // *Forest Ecology and Management*. 2008. № 255. P. 1461–1471.
16. Dickson James G. *Wildlife of southern forests: habitat and management*. WA USA: Hancock House Publishers, 2001. 473 p.
17. Gignac L.D., Dale M.R.T. Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canada // *The Bryologist*. 2005. Vol. 108, № 1. P. 50-66.
18. Hedenes H., Ericson L. Species occurrences at stand level cannot be understood without considering the landscape context: cyanolichens on aspen in boreal Sweden // *Biological Conservation*. 2008. Vol. 141, № 3. P. 710-718.
19. Kuussaari M, Bommarco R, Heikkinen RK, Helm A, Krauss J, Lindborg R, et al. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation // *Trends Ecol. Evol.* 2009. Vol. 24. P. 564-571.
20. Rheault H., Drapeau P., Bergeron Y., Esseen P-A. Edge effects on epiphytic lichens in managed black spruce forests of eastern North America // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33, № 1. P. 23-32.
21. Yahner, Richard H. *Eastern Deciduous Forest: Ecology and Wildlife Conservation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2003. 279 p.

## **ПРЕЗЕНТАЦИЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ»**

*Учебное пособие состоит из 6 крупных разделов: источники и виды загрязнения подземных вод; гидрогеоэкологические преобразования гидросферы в районах разработки полезных ископаемых; природная метаморфизация подземных вод; гидрогеоэкологическая обстановка урбанизированных территорий; основные геоэкологические понятия и их взаимосвязь; методы гидрогеоэкологических исследований.*

*Ключевые слова: гидрогеология, гидрогеоэкология, гидрогеохимия, Экологическая гидрогеология, гидросфера, техногенез, геологическая среда, подземные воды, загрязнение.*

**I.I. Minkevich, Y.A. Kilin**  
Perm State University

## **PRESENTATION OF THE MANUAL «ECOLOGICAL HYDROGEOLOGY AND HYDROGEOCHEMISTRY»**

*The manual consists of 6 large sections: sources and types of pollution of underground waters; hydrogeoecological transformations of the hydrosphere in areas of development of minerals; natural metamorfization of underground waters; a hydrogeoecological situation of the urbanized territories; basic geoecological concepts and their interrelation; methods of hydrogeoecological researches.*

*Keywords: hydrogeology, hydrogeoecology, hydrogeochemistry, Ecological hydrogeology, hydrosphere, technogenes, geological environment, underground waters, pollution.*

«В целях привлечения внимания общества к вопросам экологического развития Российской Федерации, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности провести в 2017 году в Российской Федерации год экологии» [Из указа президента РФ В.В. Путина, от 05.01.2016].

К началу нового учебного года (01.09.2017) в ПГНИУ издано учебное пособие по экологической гидрогеологии и гидрогеохимии [1] (рис. 1). Оно предназначено для студентов-гидрогеологов и обеспечивает курсы, читаемые на кафедре динамической геологии и гидрогеологии по дисциплинам «экологическая гидрогеология и гидрогеохимия» (бакалавриат) и «гидрогеоэкология» (магистратура). В основу данного пособия были положены труды известных гидрогеологов и геоэкологов Н.И. Плотникова, А.Я. Гаева, В.А. Алексеенко, В.М. Гольдберга, Ф.М. Тютюновой и других ученых, а также исследования авторов по различным аспектам экологической гидрогеологии и гидрогеохимии.



2017  
год экологии  
в России

НОВЫЙ УЧЕБНИК ПО  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
ГИДРОГЕОЛОГИИ  
И ГИДРОГЕОХИМИИ ДЛЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
ПРОЦЕССА  
В ПЕРМСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

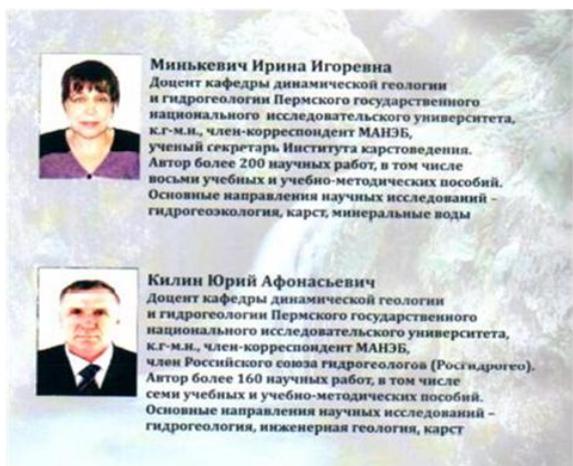


Рис. 1. Учебное пособие «Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия»

Учебное пособие объемом 232 с. состоит из 6 крупных разделов, каждый из которых включает несколько глав, введения, заключения и библиографического списка. Для лучшего усвоения материала в конце каждой главы помещены вопросы и задания, а также номера из общего списка литературы поданной теме.

В разделе 1 представлены различные источники загрязнения подземных вод, большое внимание уделяется видам загрязнения (природного и техногенного).

В разделе 2 подробно рассматривается гидрогеоэкологическое преобразование гидросферы в районах добычи различных полезных ископаемых: Гайского медно-колчеданного месторождения, Оренбургского газоконденсатного и Трифоново-ского нефтяного месторождений, Верхнекамского месторождения калийных солей и Кизеловского угольного бассейна.

Раздел 3 посвящен природной метаморфизации подземных вод в районах современного вулканизма на примере Камчатки, криолитозоне в Якутии и в карстовых районах Пермского края.

В разделе 4 подробно рассмотрены гидрогеоэкологическая обстановка городских агломераций (на примере г. Перми), а также воздействие полигонов

складирования твердых коммунальных и промышленных отходов на приповерхностную гидросферу.

В раздел 5 включены основные геоэкологические понятия и их взаимосвязь; рассмотрены проблемы загрязнения Мирового океана и гидрогеоэкологические условия развития карстовых коллекторов.

Раздел 6 содержит сведения о гидрогеоэкологических исследованиях, экологических законах Барри Коммонера для различных экосистем и контроль за качеством воды.

Библиографический список включает 88 источников опубликованной и нормативной литературы.

В связи с тем, что данные курсы преподаются в Пермском государственном национальном исследовательском университете, предпочтение в примерах отдается гидрогеоэкологической обстановке территории Предуралья.

Разнообразие разделов и глав пособия обусловлено тем, что часть его предназначена для магистерского курса по гидрогеоэкологии, программа которого включает не только экологию подземных вод, но и поверхностной гидросферы. В частности, в разделе 5 представлены главы по связи климатического круговорота воды с геологическим и по экологическим проблемам Мирового океана.

Для понимания геохимической роли живого вещества как фактора массо- и энергопереноса в гидросфере согласно теории В.И. Вернадского авторы считают целесообразным включить в пособие некоторые общие экологические и геоэкологические понятия, такие как «ноосфера», «экосистема», «биогеоценоз», «трофические связи».

В результате изучения дисциплины «экологическая гидрогеология и гидрогеохимия» студент получает представление о достижениях современной гидрогеологической науки в условиях техногенного воздействия на подземную гидросферу, Он сможет использовать современные методы научных геологических и гидрогеологических работ; овладеть способами полевых наземных и дистанционных гидрогеоэкологических исследований; приобрести навыки работы с фактическим материалом; знать принципы и методику построения гидрогеоэкологических карт; освоить методы охраны и рационального использования геологической среды и приповерхностной гидросферы.

Данное учебное пособие будет полезно и специалистам, занимающимся вопросами экологической гидрогеологии и гидрогеохимии.

### ***Библиографический список***

*1. Минькевич И.И., Килин Ю.А. Экологическая гидрогеология и гидрогеохимия: учеб. пособие. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2017. 232 с.: ил.*

## ГЕОЛОГИЯ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

*Показаны научные основы новой науки геологии техногенно-минеральных образований как совокупность зон влияния лито-, гидро-, атмо-, био- и социосферы. Рассмотрены процессы техногенеза, техногеогенеза и технорудогенеза на уровне процессов механической, физико-химической и биохимической дифференциации и интеграции в осадках и на примере золота. Показана область интересов новой науки. Исследованы процессы преобразования золота и показана возможность направленного формирования концентраций золота в техногенных отвалах.*

*Ключевые слова: техногенные отвалы, техногенные россыпи, золото, техногенез.*

V.A. Naumov<sup>1</sup>, O.B. Naumova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Natural Sciences Institute, Perm State University

<sup>2</sup> Perm State University

## GEOLOGY OF TECHNOGENIC-MINERAL FORMATIONS

*The scientific foundations of the new science of geology of technogenic-mineral formations are shown as a set of zones of influence of litho-, hydro-, atmo-, bio- and sociosphere. The processes of technogenesis, techno-genesis and techno-engineering process at the level of mechanical, physicochemical and biochemical differentiation and integration in sediments and the example of gold are considered. The processes of gold conversion have been studied and the possibility of directional formation of gold concentrations in technogenic dumps has been shown.*

*Key words: technogenic dumps, technogenic placers, gold, technogenesis.*

Техногено-минеральные образования (ТМО) являются результатом геологической и горнотехнической деятельности человечества [1-4,6-8]. Объем ТМО на планете Земля по разным оценкам составляет более 30 тератонн ( $30 \cdot 10^{12}$  т). Техносфера на 50-60 % (порядка 6 тератонн) - это горная масса, отработанных руд и грунтов из месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ); 5-10 % этой массы (0,3 - 0.6 тератонн) связано с разработкой золотосодержащих пород. За всю историю Земли из ее недр добыто 178 тыс. тонн золота (данные Thomson Reuters GFMS на 2016 г.) при среднем содержании 2.2 г/т. Визуально – это куб золота с ребром 20.6 м.

На данное время на Земле в виде отвалов остаётся не использованными 300-600 млрд. тонн, или 10 – 40 % не извлеченного золота это 20 – 80 тыс. тонн со средним содержанием 0,2 – 0,5 г/т.

Часто ТМО рассматривают как техногенные отвалы, техногенные и технологические отходы, техногенное минеральное сырье. Они представляют собой техногенный минеральный ресурс и являются существенным резервом пополнения минерально-сырьевого потенциала предприятий и страны. В связи с истощением минерально-сырьевой базы некоторые предприятия уже начали осваивать этот минеральный ресурс. Таким образом, ТМО можно рассматривать как *промежуточный продукт, склад продукции, технологический резерв* месторождения, пригодный для последующего использования.

Актуальность изучения геотехногенных и промышленных отходов определяется, по крайней мере, тремя причинами:

1. Непрерывно накапливающиеся горные отходы являются естественным источником химических токсикантов, однако о масштабе и механизмах их кругооборота и, особенно, о формах их минеральной консервации известно очень мало.

2. Техногенные среды, в которых протекают разнообразные минералогеохимические превращения, являются природной лабораторией для непосредственного изучения многих процессов экзогенного и гипергенного минерало-, породо- и рудообразования, известных в основном по ископаемым результатам.

3. Преобразование и перегруппировка вещества техногенных отходов нередко приводит к образованию так называемых геотехногенных месторождений, роль которых в обеспечении минеральными ресурсами будущих поколений может оказаться весьма значительной.

Теоретические и практические работы по изучению форм нахождения золота в природных и техногенных образованиях способствуют вовлечению золотоносного потенциала Западного Урала в промышленную обработку. Это является важным шагом для развития региона и обеспечивают ему создание новых производств и рабочих мест.

ТМО, как и природные объекты, формируются и изменяются под влиянием физического, химического и биохимического выветривания, где роль геологического агента выполняет человек. Как и при экзогенных геологических процессах проявляются разрушение, перенос и аккумуляция. В результате геологической деятельности человека создаются характерные денудационные (отрицательные) и аккумулятивные (положительные) формы рельефа.

Состав и строение ТМО определяют: 1) природные особенности вещественного состава первичных месторождений, первичные формы нахождения и распределения полезных компонентов; 2) технологии переработки минерального ресурса и способы размещения ТМО; 3) состав полученных ТМО, среда их размещения и процессы преобразования вещества ТМО в новых условиях среды.

Среди геологических процессов, связанных с ТМО различают: 1) **техногенез** – процессы *формирования* ТМО – «деятельность человека, вооруженного техникой»; 2) **техногеогенез** – геологические процессы *преобразования* состава и строения ТМО; 3) **техногенный рудогенез** –

осознанное формирование человеком заданных характеристик ТМО и управление изменениями их состава [5, 7].

**Техногенез** – формирование ТМО – происходит в результате их *механической дифференциации и интеграции*. Законы распределения осадков и полезных компонентов не зависят от исходного состава природных образований (россыпи или дробленый материал коренных руд). Образуется три основных типа техногенных фаций: намывной, отвальной (насыпной) и отвально-намывной [4]. Техногенная фация – продукт аккумуляции ТМО, сформированный при технической деятельности человека в процессе разработки отложений.

В процессе разработки месторождений часть полезного ископаемого по разным причинам остается неизвлеченным (например, свободное золото). Строение и состав осадков в техногенных фациях имеет закономерный характер распределения вещества в соответствии с системой их формирования. Потери свободного золота и формирование их концентраций в ТМО идет дискретно. Различают потери, обусловленные геологическими (высокая глинистость, песчанистость материала и др.) и технологическими причинами. Они образуются в период обогащения наиболее высоких концентраций золота, в случае нестабильной работы технологического оборудования и нарушения технологического регламента схемы обогащения. Распределение золота в техногенных отвалах изучено в россыпных и рудных объектах Урала, Сибири, Канады (Klondike gold-field, Yukon), Якутии, Дальнего Востока [1-5; 9].

В практике *повторной отработки техногенных россыпей* отмечают значительную долю относительно крупного золота, которое теоретически должны были бы извлечь при существующих технологиях отработки. Недоизвлечение металла объясняют устаревшими технологиями и некачественной работой обогатительного оборудования. При этом не учитывают, что в техногенных условиях происходит активизация процесса мобилизации и укрупнения золота (техногеогенез). Одновременно с укрупнением золота протекает и противоположный процесс – диспергация и распад золотиносных фаз на мельчайшие частицы, о чем свидетельствуют весовые накопления золотой пыли (частиц менее 5 мкм), крупные агрегаты «золотой пыли».

**Техногеогенез** – геологические процессы *преобразования* состава и строения ТМО. Он выражается в техногенном породо- и минералообразовании, преобразовании строения и состава ТМО и полезных компонентов под действием внутренних и внешних факторов геологической среды. Важнейшими направлениями его проявления являются геологические процессы, обусловленные механической, физико-химической и биохимической дифференциацией и интеграцией осадков и полезных компонентов. Здесь велика роль поверхностных, отвальных, рудных, подрудных, техногенных вод, развитых в пределах ТМО. На отдельных этапах изменения своего состава они могут рассматриваться как гидроминеральное сырье. Такие воды формируются при отработке сульфидных месторождений, содержащих медь, железо, мышьяк, ртуть, золото, серебро и др. В связи с разложением недоизвлеченных при

обогащении сростков или слишком перетертых первичных сульфидов они, ввиду малого размера, обладают высокой площадью поверхности и активно переходят в растворенные формы. С одной стороны, это мощный источник негативного влияния на окружающую среду, с другой – гидроминеральное сырье этих компонентов, перспективное для промышленного извлечения.

Примеры проявлений техногенеза: 1) самоизливы кислых шахтных вод и формирование техногенных залежей железных руд угольных шахт; 2) восстановление *золота* до металлического на карбонатном барьере в бетонном бункере (Урал, Исовский прииск); 3) разложение отвалов колчеданно-барит-полиметаллического золоторудного месторождения (Салаир, Ново-Урское), где первичные сульфиды железа и меди преобразовались до самородной серы, азурита и малахита; 4) разложение *пирита* угольных месторождений.

**Техногенез минеральных фаз золота** детально рассмотрен при анализе рядов: Au – Hg – Cu; Au – Hg – Cu; Au – Pt (Fe), Au – Pb [6, 10]. Техногенез золота в техногенных образованиях (растворение, перенос, аккумуляция) приводит к мобилизации и осаждению, укрупнению частиц золота (агломерация, новообразование, слипание частиц золота в общий агрегат) при взаимодействии разных частиц золота (Au – Au).

В результате проведенных рентгеноструктурных, электронно-микроскопических и рентгеноспектральных микронзондовых исследований в составе исовских геотехногенных конглобрекций выявлена широкая ассоциация самороднометалльных, интерметаллидных, халькогенных и оксидных минералов, многие из которых являются результатом вторичного аутигенного минералообразования, непрерывно осуществлявшегося в течение десятков лет в ходе экзогенно-гипергенной перегруппировки отвального вещества. Обнаруженные такого рода минералы представлены отдельными зернами, микрокорками нарастания и обрастания, вторичной каймой на зернах и их агрегатах (рис. 1, 2).

Среди самородно-металлических фаз установлены растворы никеля и хрома в железе, иридий-осмиевые смеси с примесью платины и железа; железо-платиновые растворы с содержанием тугоплавких платиноидов до 10 ат. % и незначительной примесью палладия. В целом выявленная ассоциация платиноидных минералов мало похожа на таковую в уральских платиноносных габбро-ультрабазитовых массивах, послужившую первоисточником для платиноносных россыпей. Кроме платиноидов в исследуемых конглобрекциях присутствуют частицы хорошо окристаллизованных золотосеребряных смесей (до электрума) с примесью ртути от 5 (ртутьсодержащее золото) до 20 (амальгамы состава  $Au_5Hg$ ) ат.%; ртутьсодержащее медистое золото, близкое по составу к тетраурикуприду (до амальгам AuCu), золото-свинцовых фаз, включая анюит и хунчунит (рис. 3).

Помимо перечисленных выше фаз в исследованных отвалах выявлены гидроксил-серно-хлоридные соединения, сульфаты и оксиды. Все эти минералы развиваются на зернах первично-россыпных и вероятно некоторых вторичных минералов в виде микрокорок нарастания, реакционной каймы и внутренних выделений, что указывает на протекание окислительных реакций. Подобные

фазы ранее выявлены нами так же в качестве аутигенных в некоторых захороненных под почвенным покровом аллювиальных золотоплатиновых россыпях.

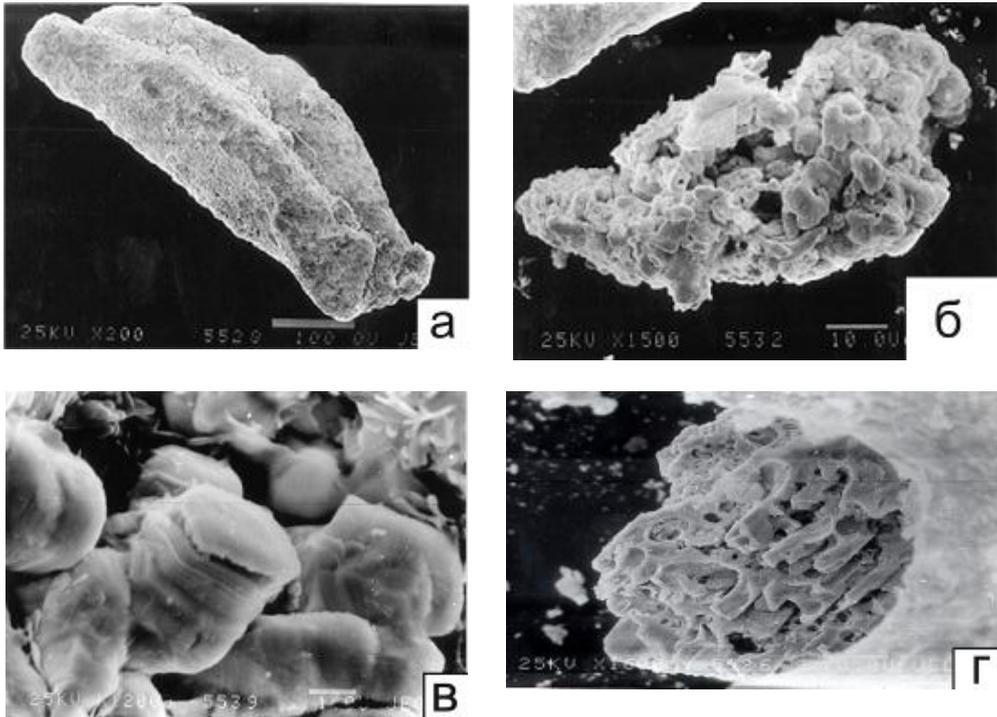


Рис. 1. Золото из техногенных отвалов р. Кытлым (Свердловская область):

а, б – общий вид зерен, в, г – новообразования на поверхности золота.  
Увеличение (количество раз): а – 200; б – 1500; в – 12000; г – 1600.

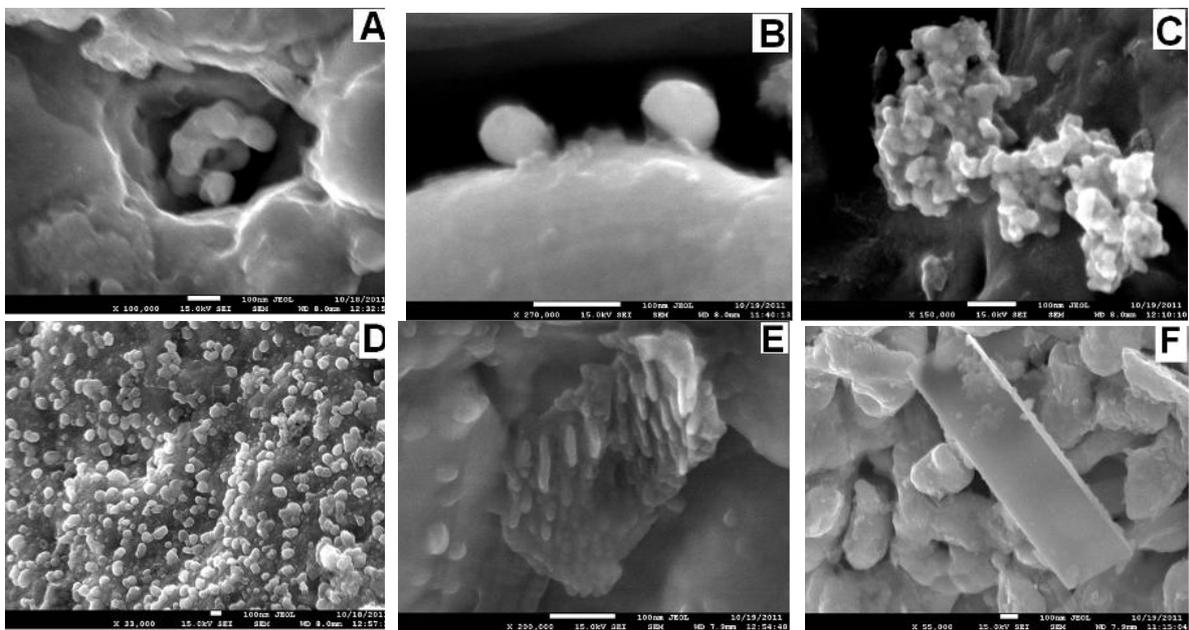
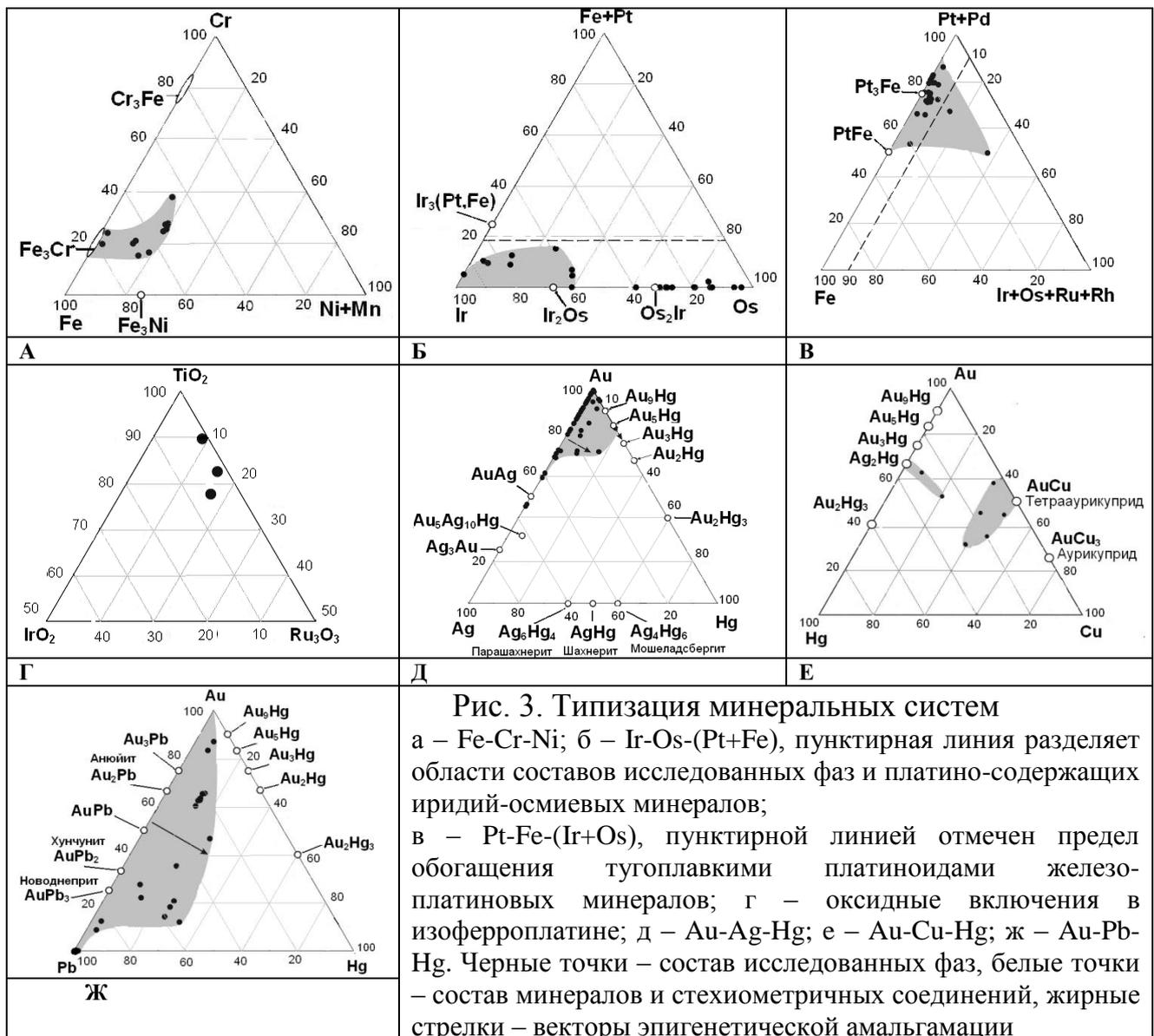


Рис. 2. «Новое» золото из отвалов Исовской россыпи:

А - наночастицы золота, заполняющего ямки травления; В - одиночные частицы коллоидного золота, адсорбированные на стенке микротрещины; С - агрегат, построенный наночастицами золота; D - отдельные частицы золота и агрегаты на поверхности зерна; Е - сталактитоподобные агрегаты золота; F - нанопленка золота на поверхности зерна.  
Масштабная линейка – 100 мкм



Процесс техногенеза или образование ТМО при отработке россыпей и рудных месторождений представляет собой запуск **фабрик в недрах (тип 1)**, где в техногенных образованиях протекают природные процессы перераспределения вещества. Породы и минералы, извлеченные из недр, меняют свой состав, приспосабливаясь к новым для них условиям среды. В результате такого «приспособления» происходит высвобождение, растворение, перенос, регенерация и восстановление (укрупнение) золотоносных фаз, в том числе и в виде гравитационно извлекаемого золота. Происходит «восстановление золотоносности» отработанных ранее полигонов россыпей, на них становится возможной последующая переработка техногенных отвалов.

Однако не всякие ТМО имеют равный минерагенический потенциал для последующего восстановления концентраций золота и соответственно повторной отработки. Необходимо наличие ряда условий, связанных с первичным составом природных россыпей, глубиной и качеством их отработки на первом этапе. Например, отработанные ранее золотоносные комплексы

Магаданской области и ряда районов Якутии являются ярчайшими примерами такого созданного путем первичной отработки и «неосознанного» человеком техногеогенного процесса.

Понятие «**техногенный рудогенез**» введено для теоретического обоснования и практической реализации этих принципов на *осознанном* уровне. Под ним понимается геологический процесс создания природой или человеком новых рудных объектов из техногенных осадков, в результате процессов техногенеза и последующего техногеогенеза [5]. В техногеогенных условиях установлены примеры созданных природой золотых техногенных руд. Это, например, литифицированные в результате техногеогенеза агрегаты (конгломераты) с цементом гидрооксидов железа из головной части намывной техногенной фации участка «Болдер Майнер» (р. Индиан, Юкон, Канада) с видимым золотом [9].

На основе изученных закономерностей разработаны рекомендации и реализованы на практике вопросы управления формированием повышенных концентраций золота в ТМО (технорудогенеза) на основе законов механической (создание механических барьеров, технологических ловушек и др.), физико-химической (создание геохимических барьеров, размещение металлических «подложек»), биохимической (формирование пленок на поверхности золота и других металлов) дифференциации. Доказано, что фактическое извлечение золота при существующих условиях увеличивается на 5-20%.

Управление формированием концентраций золота в промышленных условиях реализовано при разработке и внедрении модульных технологий на одной из россыпей Урала. По проекту ФЦП МОН РФ на россыпи дополнительно получено 6% или 9,24 кг химически чистого золота. Анализ форм нахождения золота в шламохранилищах золоторудных объектов Урала и куче выщелачивания месторождения Мурунтау (Узбекистан), на объектах Енисейского кряжа, Якутии и Канады позволил подготовить рекомендации для повышения степени извлечения золота в масштабах предприятий.

Использование закономерностей поведения золота в связи с техногенными процессами позволяет проводить **работы с золотом без извлечения золота из недр**. Перспективные направления использования золотоносных техногенных образований **создания химических заводов в недрах (тип 2)**. Обоснована возможность использования промежуточных продуктов обогащения (золотосодержащих растворов, возникающих в процессе промышленного выщелачивания) для решения задач химического производства.

### **Библиографический список**

1. Ковлеков И.И. *Техногенное золото Якутии*. М: Горная книга, 2002. 303 с.
2. Макаров В.А. *Геолого-технологические основы ревизии техногенного минерального сырья на золото*. Красноярск: ООО «Поликом», 2001. 132 с.

3. Мирзеханова З.Г., Мирзеханов Г.С., Дебеляя И.Д. Техногенные образования россыпных месторождений золота: ресурсно-экологические аспекты отработки. Хабаровск, ДВО РАН, 2014. 297 с.
4. Наумов В.А. Особенности формирования и распределения благородных металлов в техногенных россыпях и отвалах Урала // Горный журнал. Известия высших учебных заведений. 1994. № 8. С. 39–50.
5. Наумов В.А. Концепция управления формированием месторождений на примере техногенных россыпей золота // Естественные и технические науки. 2010. № 2. С. 262–265.
6. Наумов В.А. Минерагеня, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермский государственный университет. Пермь, 2010. 42 с.
7. Наумов В. А., Наумова О. Б. О направленном формировании россыпных месторождений золота (постановка проблемы) // Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения: матер. XI Межд. совещ. Москва-Дубна, 1997. С. 150.
8. Техногенное минеральное сырье Урала / Перепелицын В.А., Рытвин В.М., Коротеев В.А., Макаров А.Б., Григорьев В.Г., Гильварг С.И., Абызов В.А., Абызов А.Н., Табулович Ф.А. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 332 с.
9. Naumov Vladimir, LeBarge William, Kovin Oleg. A new insight into origin of the Yukon placer gold // The 45<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy. Bor Lake Bor (Serbia), 2013. 4 p.
10. Хазов А.Ф., Наумов В.А., Кудряшова О.С., Наумова О.Б. Исследование процессов, протекающих в минеральных отвалах золотоплатиновых россыпей // Химическая промышленность сегодня. 2015. № 2. С. 7-17.

## **БИОЛОКАЦИЯ И БИО-ГЕОАКТИВНЫЕ ЗОНЫ**

*Рассмотрен биологический аспект геодинамической активности Земли. Установлены малые геоактивные зоны, дана оценка их влияния на рост деревьев на эталонных участках в Пермском крае. Исследованы искусственные экосистемы сосны обыкновенной и ели финской и их потомства в тест-культурах. Изучены геобиологические сети пяти видов с зонами от 0.55 до 8 м, Всего изучено влияние 198 зон. Оказалось, что зоны и сети мигрируют на расстояние от 0.10 до 0.85 м в прямой зависимости от геодинамической активности обширных территорий поверхности Земли.*

*Ключевые слова: геодинамическая активность Земли, малые геоактивные зоны, сосна обыкновенная, ель финская, геобиологические сети*

**M.V. Rogozin, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov**  
Perm State University

## **BIOLOCATION AND BIO-GEOACTIVE ZONE**

*The biological aspect of geodynamic activity of the Earth is considered. Small geoactive zones are established, evaluation of their influence on the growth of trees on reference plots in Perm Krai is given. Were studied artificial ecosystem of Scots pine and Finnish spruce and their progeny in the test cultures. Geobiological network of five species with zones from 0,55 to 8 m are studied. A total of 194 zones of influence. It turned out that zones as well as a network migrated to distance from 0,10 to 0,85 m in direct dependence on the geodynamic activity of vast areas of the earth surface.*

*Key words: geodynamic activity of the Earth, small geoactive zones, pine, spruce Finnish, geobiological network.*

Геодинамическая активность Земли играет ведущую роль в развитии геоэкологических и инженерно-геологических процессов, в формировании полезных ископаемых (особенно – нефти и газа, алмазов, золота, урана, подземных вод) и др. [2, 11]. Методология изучения геодинамической активности базируется на использовании линеаментно-геодинамического и морфонеотектонического анализа территорий. Основными методами являются: аэрокосмогеологические, геофизические, геоморфологические, геохимические, гидрогеологические методы. Их применение позволяет достаточно надежно выявлять крупные геоактивные зоны (от сотен метров и ед. км до сотен и тысяч км) [2-7]. Геодинамические зоны по-разному воздействует на биосферу. Многие из них тесно связаны с так называемыми геопатогенными зонами – т.е. литосферно обусловленными зонами биологического дискомфорта (по

В.Т. Трофимову и др. [12]), разделяющихся на геопатогенные (геопатогенные геохимические и геофизические аномалии) и техногенные зоны, каждая из них соответственно – на геохимические и геофизические аномалии.

Биологический аспект геодинамической активности в научной литературе освещен крайне слабо, не смотря на то, что различным вопросам биолокации посвящена обширная литература, в т.ч. зарубежная. Оценка влияния геоактивных зон на биосферу и ее компоненты практически не изучена.

В последние годы появились исследования «малых» геоактивных зон с положительным влиянием на деревья (М.В. Рогозин, 2016) [8-11]. Занимаемая ими площадь оказалась неожиданно большой – практически 50% территории. При их изучении был использован биолокационный метод. Этот метод часто вызывает скепсис и претензии оппонентов, которые обычно сводятся к тому, что метод субъективен; но из его «субъективизма» отнюдь не следует, что его результаты неверны. Практика биолокации насчитывает сотни лет, и перед учеными давно стоит вопрос о том, чтобы верифицировать данные «биоприбора-человека», где индикацией неизвестных излучений (энергоинформационного воздействия) выступает не рамка и не маятник, а все тело человека.

Следует заметить, что слабое гамма-излучение сети Хартмана недавно удалось сфотографировать на обычную фотопленку. Способ запатентован (Ю.Г. Агбалян, 2009) [1], но поражает время, необходимое для экспозиции пленки на полосах Хартмана – 15 суток! Их ширина составила всего лишь 3 мм, и это при том, что биолокация их ширину определяет в 15–35 см, т.е. их повреждающее действие превышает размеры источника излучения почти в 100 раз. Если это излучение столь слабое, то, скорее всего, еще не скоро будут сконструированы физические приборы для его прямого измерения. Чувствительность человека, животных и растений очень высока; но ее надо «разбудить», а далее работать с ней, используя тело человека как био-прибор и индикатор сверхслабых излучений, проверяя его правильность, например, на деревьях.

В этой связи отмечается, что опознание малых геоактивных зон с благоприятным действием может быть вполне объективно опознано по косвенному их влиянию – по самым крупным деревьям в древостоях. Деревья отражают и патогенное действие сетей Хартмана и Карри – на узлах (зонах) этих сетей деревья разветвляются и искривляют стволы, сильно отстают в росте. Поэтому, ориентируясь на внешний облик деревьев, можно сразу и обучаться, и верифицировать метод биолокации на биоиндикаторах-деревьях.

Изучение малых геоактивных зон и оценка их влияния на рост деревьев проводились в Пермском крае на эталонных участках, характеризующихся близкими физико-географическими, геологическими, геоморфологическими, почвенными условиями, но отличающимися по степени геодинамической активности (Ильинский участок со стабильными геодинамическими условиями и Нижне-Курьинский участок с повышенной геодинамической активностью) (рис. 1).

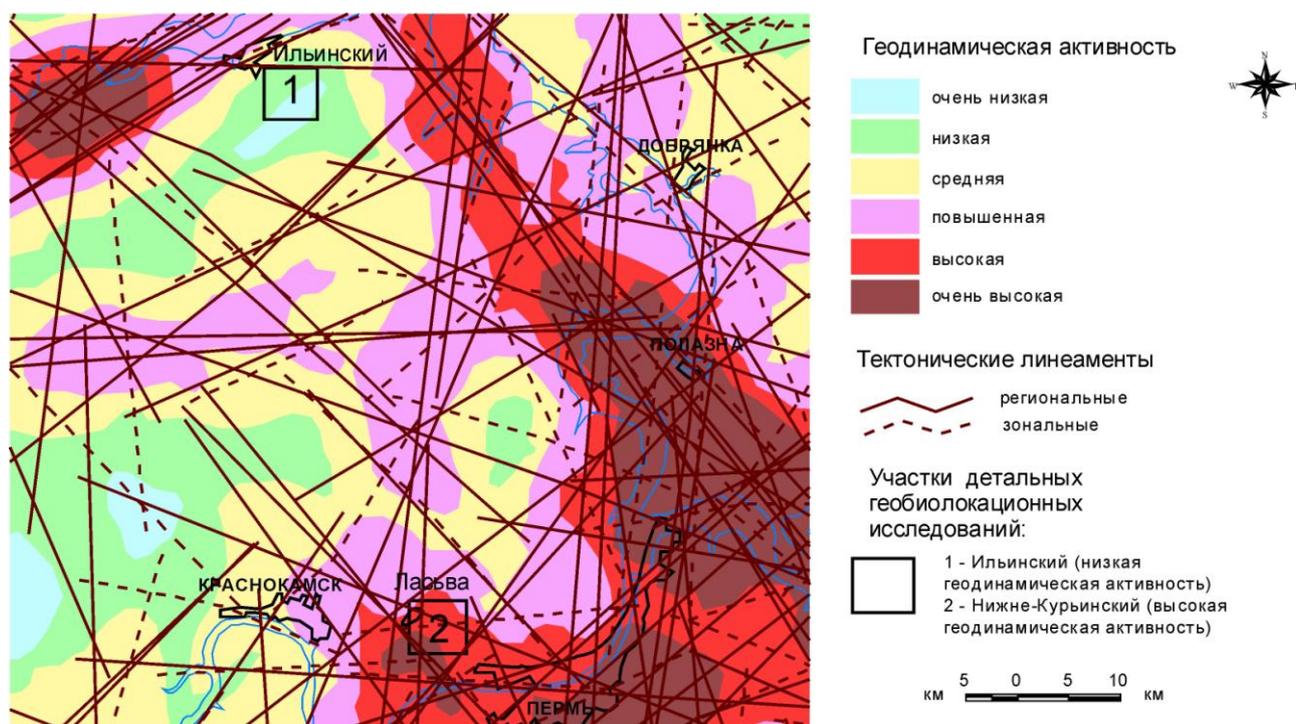


Рис. 1. Участки детальных геобиолокационных исследований на карте геодинамической активности [5]

После нескольких лет обучения нам удалось нанести на карту пять типов геоактивных зон в лесных культурах ели, где вначале были нанесены 1600 сохранившихся в 21 год деревьев с точностью  $\pm 5$  см, а затем относительно них – геоактивные зоны, с размерами от 0,55 до 8,0 м (рис. 2, 3).

Полученные результаты оказались неожиданны во многих аспектах. Оказалось, что малые зоны синхронно мигрируют. Возможно, влияют лунный цикл, времена года и т.д. (табл.).

Таблица

Миграция малых геоактивных зон в 2013-2014 гг. (май-август) на двух участках, различных по геодинамической активности

Типы малых зон	Число зон, шт	Статистики, см					Общее направление сдвига
		x	$\pm m$	$\pm b$	мин	макс	
Ильинское лесничество, кв. 41, (спокойная геодинамическая активность)							
Зоны 1 м	67	12,6	0,18	1,4	8	15	на восток
Зоны 3 м	50	28,8	0,89	6,3	20	50	на запад
Зоны 8 м	16	27,7	1,46	5,9	18	42	на север
Нижне-Курьинское лесничество, кв. 18, (высокая геодинамическая активность)							
Зоны 1 м	38	37	2	12,3	14	65	СЗ, ССВ
Зоны 3 м	16	41,8	3,36	13,5	20	60	СЗ
Зоны 8 м	7	58,4	8,78	23,2	26	85	разное

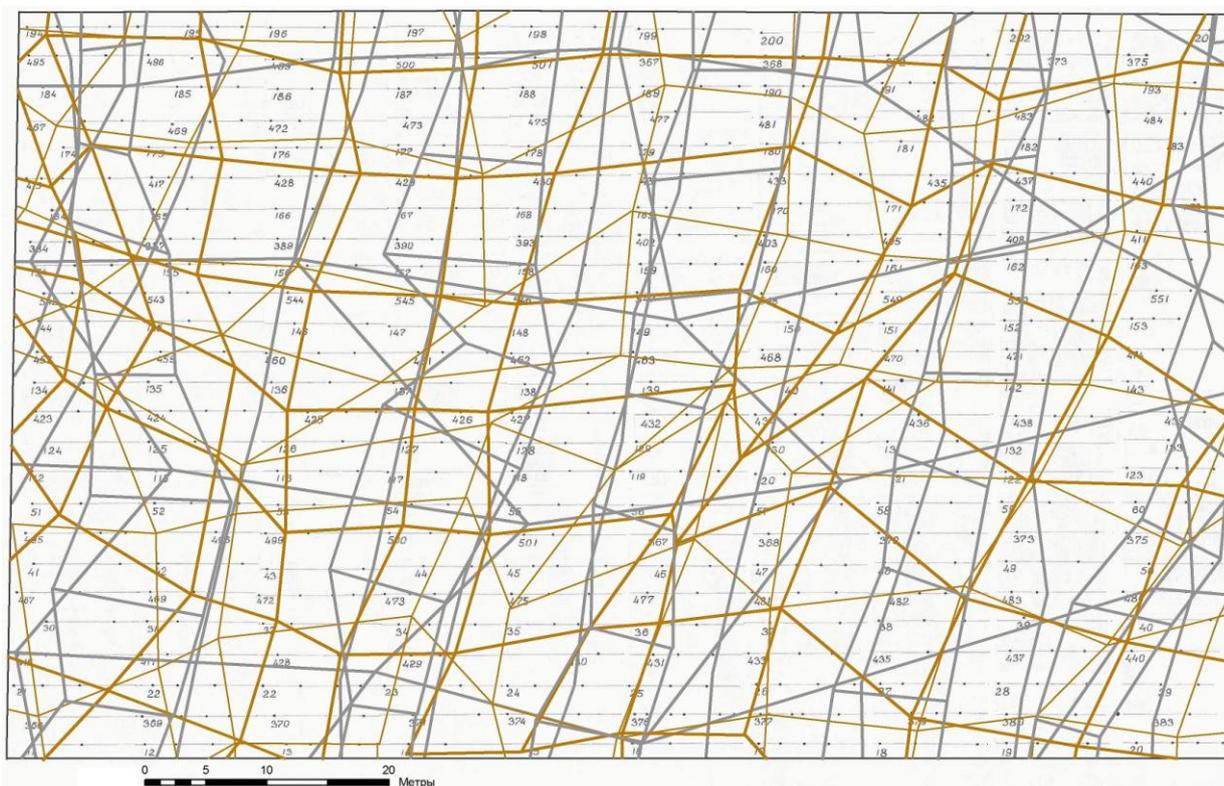


Рис. 2. Схема изученных пяти типов благоприятных и патогенных сетей на площади 0,62 га

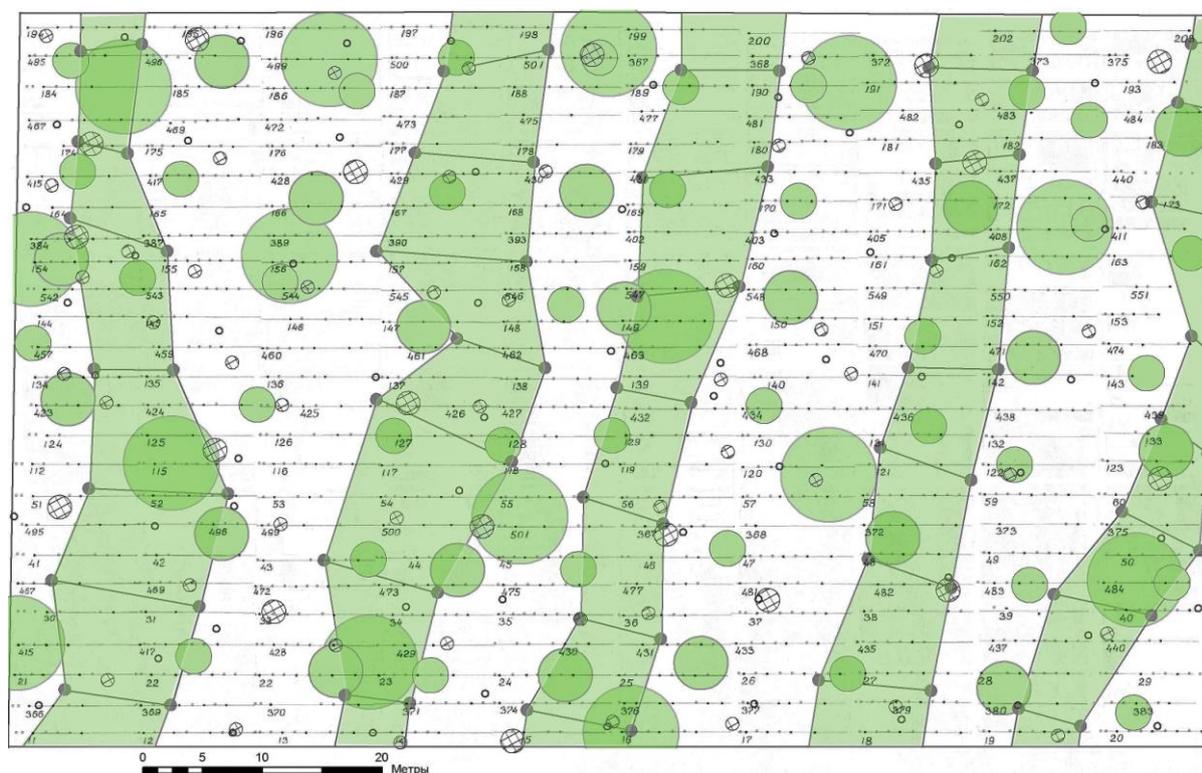


Рис. 3. Благоприятные и патогенные зоны (черные точки и круги со штриховкой) на площади 0,62 га

Средние сдвиги малых зон на втором участке оказались больше в 2–3 раза: 37–58,4 см против 12,6–27,7 см на Ильинском участке. Вполне очевидно,

что миграция малых зон на этих двух участках оказалась, напрямую, зависима от геодинамической активности обширных территорий, классифицируемых по карте геодинамических активных зон Пермского края [3, 5, 7]. Усиление их миграции доказывает общность физической основы малых геоактивных зон, определяемых биолокацией, и геодинамических активных зон, установленных геологическими и геоморфологическими методами, биологические проявления которых очевидны.

В целом можно полагать, что в структуре древостоев почти нет места случайному расположению деревьев, а их размеры, долголетие и наследуемость связаны с нахождением в малых геоактивных зонах нескольких типов. Эти зоны и сети необходимо учитывать при выращивании леса, сознательно формировать неравномерную структуру древостоя и сохранять деревья-лидеры и их биогруппы как центры структурирования лесных экосистем [11].

### ***Библиографический список***

1. Агбалян Ю.Г. Глобальная энергетическая сеть Хартмана. Мифы и реальность // *Сознание и физическая реальность*. 2009. № 12. С. 14-20.
2. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
4. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
5. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
6. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.
7. 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.
8. Rogozin M.V. Крупные деревья ели и кедра и геоактивные зоны // В сборнике: *Инновационные технологии в области сельскохозяйственных наук*. 2016. С. 14-20.
9. Rogozin M. V. *Лесные экосистемы и геобиологические сети*. Пермь: ПГНИУ. 2016. 171 с.
10. Rogozin M.V. Старая и новая парадигмы в лесоводстве и лесной селекции // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 4-0. С. 94-98.
11. Rogozin M.V., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 223-227.
12. *Теория и методология экологической геологии* / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.

# ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА НЕДР GEOECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION

---

УДК 502/504

Б.Н. Бакытжанова  
г. Атырау Республика Казахстан

## ГЕОЭКОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

*Рассмотрены экологические проблемы нефтегазоносных районов побережья Каспийского моря и Западного Казахстана. Предложены мероприятия по охране природы.*

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

**B.N. Bakytzhanova**  
Atyrau, Republic of Kazakhstan

## GEOECOLOGY OF OIL AND GAS REGIONS OF WESTERN KAZAKHSTAN AND THE CASPIAN SEA COAST

*Environmental problems of oil and gas areas of the Caspian sea and Western Kazakhstan are considered. Measures for the conservation of nature are proposed.*

*Key words: Geoecology, oil-gas area, activities for nature protection, Kazakhstan.*

Основной из стратегических задач Казахстана является развитие ресурсной базы углеводородов, необходимых для развития сбалансированной структуры национальной экономики. Главным нефтедобывающим регионом Казахстана является Прикаспийская нефтегазоносная провинция (НГП), которая изучается геолого-геофизическими методами уже более 100 лет, открыты несколько крупных месторождений нефти и газа. На территории Прикаспийской НГП в административном отношении располагаются Западно-Казахстанская, Атырауская и Актюбинская административные области.

Проблема экологии в Казахстане, связанная с загрязнением окружающей среды настоящее время является одной из важнейших проблем.

Автором проведен региональный экологический анализ Казахстана и анализ геологических условий нефтегазоносных районов Западного Казахстана в [1, 9, 10].

### **Экологические проблемы побережья Каспийского моря**

Негативное воздействие на экологию побережья моря оказывают:

- нефтегазовый комплекс (разведка, добыча, транспорт, переработка нефти);

- предприятия химической, металлургической, обрабатывающей промышленности, энергетического комплекса, пищевой промышленности, сельского хозяйства, коммунальной службы;

- загрязнение под влиянием колебания уровня моря, подтопления суши и осушения берегов.

1. Наибольшее неблагоприятное экологическое воздействие на территории Северного Прикаспия связано с освоением Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения, имеющего высокое содержание сернистых примесей, которое зачастую ведется с грубыми нарушениями природоохранных требований. При этом выводятся из сельскохозяйственного оборота большие площади земель, выбрасываются в атмосферу тысячи тонн вредных веществ, в том числе сернистый ангидрид и сероводород. Сера после очистки нефти, складированная на открытом воздухе, при определенных климатических условиях может перейти во многие вредные химические соединения и оказать отрицательное воздействие на природную среду. В состав выбросов входят углеводороды, сероводород, окислы серы, азота углерода. Эти вещества попадают в атмосферу, адсорбируются подстилающей поверхностью, чем изменяют природные условия существования биоты. Анализ воды Каспийского моря вдоль Тенгизского побережья показывает, что кроме нефтяных загрязнений в воде идет накопление синтетических поверхностно-активных веществ, фенолов, нефтепродуктов и тяжелых металлов, которые занимают особое место среди загрязняющих веществ, так как не подвергаются химической и биологической деградации, а в повышенных концентрациях оказывают пагубное влияние на водные экосистемы.

2. Большая проблема загрязнения Мангыстауской области связана с добычей урановой руды и ядерной энергетикой на ее территории. В результате нарушения экологических норм остались открытыми урановые карьеры, озеро-хвостохранилище Кошкарата, масса свалок, являющихся источниками радиоактивного загрязнения. В Казахстане практикуется захоронение отходов бурения, представляющих собой полужидкую массу и твердый осадок, непосредственно в шламовых амбарах на территории буровой после предварительного высыхания их содержимого. Однако такое захоронение не предотвращает загрязнения природной среды, так как содержащиеся в отходах загрязнители вследствие подвижности и высокой проникающей способности мигрируют в почвогрунты, вызывая в них отрицательные процессы.

3. Особенности формирования верхнего этажа подземных вод и развитие подтопления на побережье Каспийского моря определяются в основном интенсивностью техногенного освоения территории в данных природных условиях. Исследования гидрогеологической обстановки позволяют утверждать, что колебания уровня Каспия, происходящие последние 20 лет, практически не влияют на развитие подтопления в регионе, поскольку процесс сформировался задолго до начала подъема уровня под влиянием таких техногенных факторов, как оросительные системы и застройка. Поскольку

процесс подтопления происходил на протяжении длительного периода времени на настоящий момент оказались затопленными территории большой площади. Это коренным образом изменило экологическую обстановку в регионе. Поэтому в дальнейшем целесообразно прогнозировать не увеличение зоны подтопления при подъеме уровня, а изменение экологической и экономической ситуации. Опасность дальнейшего развития процесса на изучаемой территории должна определяться экономическим и экологическим ущербом.

### **Экологические проблемы Западного Казахстана**

Основными источниками выбросов в атмосферный воздух на территории города Актобе (согласно исследованиям врачей-гигиенистов Актюбинской области) являются крупные предприятия химической, металлургической, энергетической промышленности. Основной вклад выбросов вносят АО «Феррохром», ОАО «Актобемунайгаз», ОАО «АЗХС». Завод ежедневно ферросплавов выбрасывает следующие вещества: крупнодисперсная пыль, окислы хрома, сернистый ангидрид, двуокись азота, окислы углерода; завод хромовых соединений – неорганическую пыль, содержащую аэрозоли 3-х и 6-тивалентного хрома, сернистый ангидрид, окись углерода, сероводород. Многочисленные исследования здоровья населения Западного региона показывают повышение уровня заболеваемости по сравнению с прошлыми годами, связанное с отравлениями химическими веществами, такими как хром и бор.

Карачаганакское нефтегазоконденсатное месторождение, находящееся в Западно-Казахстанской области, выбрасывает в атмосферу соединения содержащие свинец, кадмий, цинк, железо, кобальт, ванадий, загрязняя почву, растительность, сельхозпродукты и водные источники. В населенных пунктах региона за последние 10 лет ухудшились демографические показатели здоровья населения, выражающиеся в снижении рождаемости, в росте общей смертности населения, в резком ухудшении воспроизводства. Особенно серьезная проблема экологической катастрофы стоит в населенных пунктах Березовка и Тунгуш.

Атырауская область является одной из самых динамично развивающихся областей Республики Казахстан. На территории области находятся 80 месторождений углеводородного сырья, из них 62 нефтяных, 14 газонефтяных, 3 нефтегазоконденсатных, 1 газоконденсатное. В регионе действуют нефтегазодобывающие компании республики: ТОО СП «Тенгизшевройл», Аджип ККО, ОАО «Казахойл-Эмба» и Атырауский НПЗ. В этой области зарегистрированы самые низкие показатели продолжительности жизни населения.

На территории Мангистауской области также преобладает нефтегазоконденсатная промышленность. Деятельность крупных предприятий ОАО «Озенмунайгаз», ОАО «Каражанбасмунай», ЗАО «Каракудукмунай» занимающиеся переработкой и транспортировкой нефтепродуктов, а также «МАЭК-Казатомпром» несомненно влияет на экологическую обстановку данного региона и на здоровье населения.

На месторождения Жанталап 7.06.2013 г. произошли аварии на 14-километровом трубопроводе НГДУ «ЖайыкМунайГаз», соединяющем

месторождения Жанаталап в Исатайском районе. Площадь разлива нефти аварии составила 3,2 тысячи квадратных метров (рис. 1) Причина – изношенность трубы диаметром 219 мм [37].



Рис. 1. Авария на месторождении Жанаталап

### **Мероприятия по охране природы**

Необходимо совершенствование технологии добычи нефти и природного газа. Предотвращение катастрофических выбросов попутных газов, находящихся в земных недрах под огромным давлением, и их возгорания. Совершенствование технологии добычи и переработки нефти месторождений, отличающейся высоким содержанием асфальто-смолистых веществ и ванадия (Бузачинское месторождение), отличающейся большим содержанием парафиновых фракций и повышенной вязкостью (Мангышлакское месторождение). Необходимо проведение рекультивации земель, восстановление растительности и почв. Недопущение произвольного прокладывания грунтовых дорог, с целью предотвращения почвенной эрозии.

Важнейшей экологической задачей Казахстана является проведение геоэкологического картографирования нефтегазоносных регионов, в первую очередь – Прикаспийского региона и оценка его геоэкологического состояния с учетом природных и техногенных факторов. Методика геоэкологических исследований и критерии интегральной геоэкологической оценки для нефтегазоносных регионов разработаны в России и широко применяются на разных стадиях изучения, поисков, разработки месторождений нефти и газа [2-8].

### **Библиографический список**

1. Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Сейтеков Т.Т. Перспективы поисков нефти и газа в Прикаспийской нефтегазоносной провинции Казахстана с применением дистанционных методов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 75-79.

2. 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. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жилинского калийного месторождения (Казахстан) // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5. 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. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.

6. 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.

7. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.

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

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

10. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Satekov T.T. Regional environmental risk assessment of geosystems of Kazakhstan // *Теория и методы исследований в естественных науках: сб. науч. ст. по материалам Международной науч.-практ. конф. / гл. ред. И.С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С.154-162.*

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПЕРМСКОГО КРАЯ

*В статье рассмотрены основные техногенные факторы формирования геоэкологических условий территории Пермского края. Проведено районирование по техногенной нагрузке. Выполнена оценка техногенного воздействия на окружающую среду. Выделены зоны экологического бедствия, которые подтверждаются комплексным геоэкологическим анализом и медицинской статистикой по заболеваемости населения.*

*Ключевые слова: окружающая среда, техногенные факторы, оценка техногенного воздействия, районирование, Пермский край.*

L.I. Dal

Center of social initiatives» «Life Energy», Perm

## CHARACTERISTICS OF TECHNOGENIC IMPACTS ON THE ENVIRONMENT OF THE PERM REGION

*The article describes the main anthropogenic factors of formation of geoecological conditions of the territory of Perm region. Zoning by technogenic load are carried out. Assessment of technogenic impact on the environment is made. The disaster areas are established, they are supported by integrated geo-environmental analysis and medical statistics of morbidity.*

*Keywords: environment, anthropogenic factors, evaluation of technological impact, zoning, Perm region.*

К региональным техногенным факторам отнесены группы промышленной деятельности, воздействующие на основные компоненты окружающей среды – организмы, биогеоценоз, почвы, ландшафт, природные воды, биосферу в целом. Действие техногенных факторов значительно усиливается в неблагоприятных природных условиях, (например – в условиях повышенной геодинамической активности) и наоборот, действие опасных природных процессов (например – суффозионно-карстовых провалов) может многократно усиливаться в условиях интенсивной техногенной нагрузки на урбанизированных, горно- и нефтедобывающих территориях. В этом случае происходит изменение формирования геоэкологической обстановки под действием техногенно-природных или природно-техногенных факторов, которые представляют собой сложные природно-технические системы [2, 3, 6-10, 13-18, 24].

Пермский край (площадь 160236,5 км<sup>2</sup>) – крупнейший на Западном Урале индустриальный комплекс, один из наиболее развитых в экономическом отношении административных единиц РФ, имеющий высокий уровень

урбанизации, мощный промышленный потенциал (топливный, химический, нефтехимический, металлургический, машиностроительный, горнодобывающий, деревообрабатывающий, целлюлозно-бумажный комплексы и др.), преимущественно экстенсивное и нестабильное сельское хозяйство, недостаточно развитую производственную и социальную инфраструктуру. Край разделен на 48 муниципальных образований первого уровня – 40 муниципальных районов и 8 городских округов (включая 25 города, 55 поселков городского типа, более 4 тысяч сельских населенных пунктов.). В состав края также входит территория с особым статусом – Коми-Пермяцкий округ. Численность населения края по данным Росстата (01.01.2016) составляет 2 634,4 человек, из них 1 991,2 (75,6 %) проживает в городах [27].

#### *Основные техногенные источники.*

Основными источниками воздействия на окружающую среду (ОС) являются промышленные предприятия. В различных отраслях экономики Пермского края находится в эксплуатации около 3 тыс. опасных производственных объектов. В крае насчитывается более 500 крупных и средних предприятий различных отраслей экономики; кроме того, существует 10,6 тыс. малых предприятий, несколько тыс. кооперативов и фермерских хозяйств, десятки тыс. индивидуальных предпринимателей. Сельскохозяйственные объекты в большей мере сконцентрированы в южной, западной и юго-восточной части края. Северная и северо-западная часть края – районы нового освоения, преимущественно с лесопромышленной специализацией. На большей части края, преимущественно в западной, южной и центральной частях (восточная окраина Восточно-Европейской платформы), расположены районы нефтегазового освоения, а на востоке, в уральской горно-складчатой зоне – горнопромышленные районы. Организациями, занимающимися проблемами охраны ОС, выделяется различное количество промышленных источников воздействия. На контроле госсанэпидслужбы находится 3050 промышленных объектов, из них, к предприятиям 1 и 2 класса опасности отнесено 98 промышленных предприятий.

По материалам сборников «Состояние и охрана ОС Пермского края» [5, 28] автором (совместно с И.С. Копыловым) составлены карты техногенной нагрузки и районирования по административным территориям Пермского края за последние 20 лет (1995-2016 гг.). Современное районирование территории Пермского края по техногенной нагрузке по основным модульным показателям загрязнения ОС и другой техногенной нагрузке [1, 20] приведено на рисунке 1, объемы техногенного воздействия отображены в таблице 1.

#### *Антропогенное воздействие на атмосферный воздух.*

Основными факторами, воздействующими на состояние атмосферного воздуха, являются количество и масса загрязняющих веществ (ЗВ) поступающих в атмосферу от различных источников. Динамика валового выброса ЗВ в атмосферу от всех техногенных источников в Пермском крае в последнее десятилетие показывает на общее снижение в последнее

десятилетие и представляет колебание на примерно одинаковом высоком уровне.

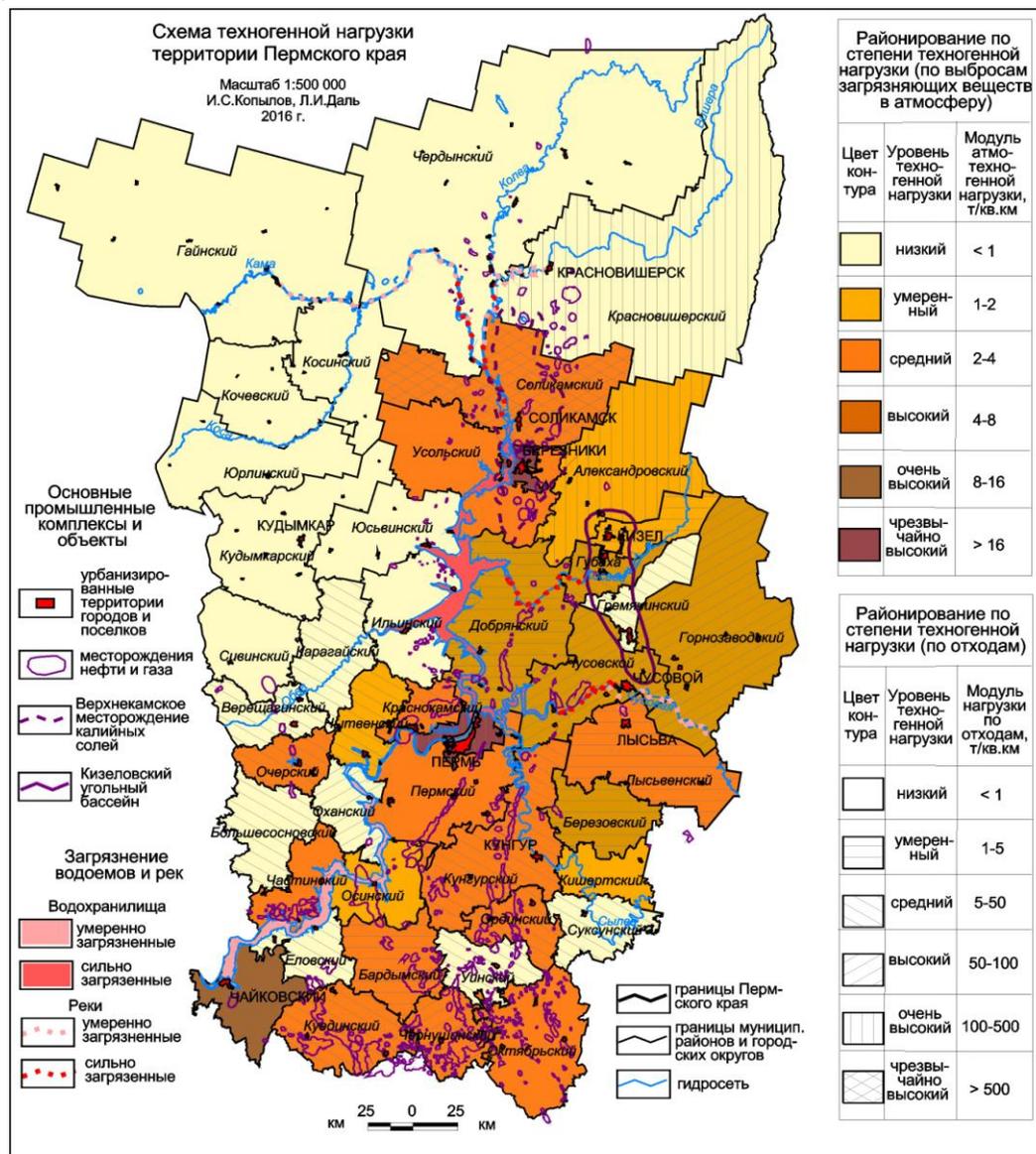


Рис. 1. Схема и районирования Пермского края по техногенной нагрузке [4]

Наблюдается его снижение от стационарных источников загрязнения от 823,9 в тыс. т в 1990 г. до 308,9 тыс. т. в 2016 г., но неуклонно растет загрязнение от передвижных источников. Общий выброс ЗВ в атмосферу с учетом автотранспорта в Пермском крае составил в 2014 г. – 586,4 (в т.ч. выброс от автотранспорта – 273,9). Основные ЗВ: метан – 38%; оксида углерода – 27%; смеси углеводородов – 10 %; диоксида азота – 9%; сернистого ангидрида – 3 %; оксида азота – 2%; прочих – 11%.

Предприятиями края выбрасывается в атмосферу более 400 видов ЗВ, из них 66 выбрасываются с превышением установленных нормативов ПДВ. Основная доля загрязнения атмосферного воздуха приходится на предприятия транспортной отрасли, 98% общей массы выбросов которой приходится на трубопроводный транспорт.

## Воздействие на окружающую среду в Пермском крае

Год	Валовый выброс ЗВ в атмосферу от стационарных источников, тыс.т	Сброс сточных вод, млн. м <sup>3</sup>		Накопленный объем промышленных и бытовых отходов, млн. т
		всего	в т.ч. без очистки	
1995	579,0	2281,6	147,0	580,8
1996	672,1	2236,0	128,0	601,7
1997	608,9	2150,0	113,2	662,1
1998	584,6	1994,0	91,6	505,9
1999	576,2	2112,0	96,7	523,3
2000	560,8	1681,1	89,4	540,9
2001	600,0	1975,1	97,4	576,6
2002	646,1	1857,0	89,1	596,4
2003	462,9	1991,2	82,6	604,4
2004	476,1	2567,6	77,4	618,0
2005	431,9	2625,6	316,6	643,6
2006	437,4	2584,9	302,0	671,4
2007	412,3	2773,1	302,0	699,9
2008	384,0	2722,5	49,2	716,2
2009	346,2	2463,0	33,2	739,5
2010	324,6	2372,4	13,4	767,3
2011	375,2	2276,1	96,9	762,0
2012	343,7	1874,1	111,2	782,4
2013	368,0	2072,9	113,4	749,9
2014	312,5	2079,8	104,1	778,3
2015	298,6	1889,6	91,0	817,7
2016	308,9	1547,1	88,8	817,4

На втором месте по массе выбросов ЗВ находится топливная промышленность (предприятия добычи и переработки нефти); далее следуют черная и цветная металлургия, непроемственные отрасли (предприятия ЖКХ, внешнего благоустройства, теплоснабжения и др.), электроэнергетика, химическая и нефтехимическая отрасли, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность.

Среди ЗВ лидирует метан, выбрасываемый предприятиями трубопроводного транспорта; на втором месте – оксиды углерода; далее смесь предельных углеводородов, летучие органические соединения, основным источником, которых являются нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия; диоксиды азота и серы, образующиеся в процессе сжигания различных видов топлива. Высокие концентрации окиси углерода, диоксида серы и др. ЗВ приводит к образованию «кислотных» дождей и гибели растительного покрова.

*Антропогенное воздействие на водные объекты.*

По качеству атмосферного воздуха наиболее неблагоприятными в крае являются города – Пермь, Березники, Чусовой, Соликамск, Александровск,

Лысьва, Чайковский.

В Пермском крае уже несколько десятилетий продолжается загрязнение рек и водоемов. Тенденции водопотребления и водоотведения на территории края за последние 20 лет меняются незначительно, имеют волнообразный характер (в т.ч. – сброс загрязненных сточных вод); увеличивается число водопользователей. Наибольший сброс сточных вод наблюдался в 2005-2007 гг., затем отмечается некоторое его снижение.

В общем объеме водопотребления и сброса сточных вод 97% приходится на промышленные предприятия, из них основной объем ЗВ дает жилищно-коммунальное хозяйство – 71%. Доля химической и нефтехимической промышленности – 10%; лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности – 9%; металлургии – 6%; электроэнергетики – 3%. Всего в водоемы Пермского края сбрасывается ЗВ – 53 наименований. Основную массу сброса ЗВ (95%) составляет сухой остаток – 807 тыс. т, соединений металлов – 258 тыс. т. Из компонентов сухого остатка основными являются: хлориды (41%), натрий (16%), сульфаты (9%), ХПК (9%), кальций (7%), калий (6%), нитраты (1%), магний (1%), азот общий (1%), танин (1%), прочих – 8%. С загрязненными стоками в водоемы попадают опасные для здоровья населения биологически и химически активные вещества, формальдегиды, нефтепродукты, микроэлементы и др. [5, 28].

Загрязненными являются все крупные водные артерии региона, а также все малые водотоки в пределах городов и крупных населенных пунктов.

Наиболее неблагоприятными районами в крае по качеству питьевой воды являются: по микробиологическим показателям – Кишертский, Ильинский, Куединский, Чернушинский районы и г. Кунгур; по санитарно-химическим показателям – гг. Чайковский, Лысьва, Кизел, Краснокамск, Губаха, Гремячинск, Александровск.

*Нарушение земельных ресурсов* – один из наиболее значимых видов техногенных воздействий, приводящий зачастую к полному уничтожению на этих площадях биоты. В Пермском крае производственную деятельность, связанную с нарушением почвенного покрова осуществляет около 300 предприятий и организаций различных отраслей экономики. В настоящее время всеми видами промышленности нарушено земель общей площадью 8,5 тыс. га, из них около трети земель имеет ряд добывающих предприятий: промышленность строительных материалов – 711, угледобыча – 560, нефтедобыча – 462. Большие площади нарушенных земель приходится на сельское хозяйство – 2174 га, из них около 2000 га приходится на торфоразработки. По другим отраслям нарушенных земель приходится: цветная металлургия – 988, нефтехимия – 506, энергетика – 12, прочие отрасли – 2714 га [5, 28]. На значительной части нарушенных земель осуществляется их рекультивация, при этом проблемными в плане рекультивации являются около 40% всех выявленных площадей нарушенных земель (возможно – значительно больше).

*Отходы производства и потребления.*

В Пермском крае в результате хозяйственной деятельности предприятий

образуется более 1000 видов отходов и потребления. Особую опасность вызывают высокотоксичные отходы. В 2015 г. в крае было образовано отходов: 1 класса опасности – 1,02; 2 класса – 2,04; 3 класса – 178,4; 4 класса – 1509,2; 5 класса опасности – 39299,3 тыс. т. В целом, накоплен огромный объем промышленных и бытовых отходов, который за 20 лет постоянно увеличивается от 580,8 млн. т. в 1995 г. до 817,4 млн. т. в 2016 г. (табл. 1). Наибольшей техногенной нагрузкой отличаются отрасли, связанные с недропользованием – добыча калийных солей, нефти, угля, сырья для строительных материалов. Основная масса этих отходов приходится на калийное производство – на объектах ПАО «Уралкалий» на конец 2015 г. накоплено 585,1 млн. т., под их размещение задействовано более 12,3 тыс. га [4, 5].

Распределение отходов производства и потребления по территории края характеризуется модулем техногенной нагрузки (количество отходов в тонн в год, приходящиеся на 1 км<sup>2</sup> площади), который отображен на карте техногенной нагрузки (рис.1). Наибольшим модулем техногенной нагрузки (по количеству отходов в 2015 г. на 1 км<sup>2</sup>) характеризуются промышленные районы: г. Березники –944164, Соликамский район – 44043, Краснокамский район –25103, г. Александровск –6715, Чусовской район –5960, г. Пермь –5198, Кунгурский район – 730, Горнозаводской район – 729, Гремячинский район – 719, Чайковский район – 592, Добрянский район – 347 т/ км<sup>2</sup>. Промышленные и бытовые отходы в крае размещенные, как на полигонах, площадках промышленных предприятий, животноводческих комплексов, территориях населенных пунктов, несанкционированных свалках – являются потенциальными источниками загрязнения природных сред, особенно оказывают влияние на качество воды открытых водоемов.

Таким образом, по очень высокой техногенной нагрузке и ее негативному воздействию на ОС в Пермском крае выделены наиболее неблагоприятные районы, соответствующие крупнейшим промышленным узлам и зонам края – Пермско-Краснокамскому, Березниковско-Соликамскому, Лысьвинско-Чусовскому, Кизеловско-Губахинскому, Чайковскому, Кунгурскому. Комплексный анализ экологических условий на основе комплексных региональных геоэкологических исследований, геоэкологического картографирования и медицинской статистики по заболеваемости населения позволяет отнести эти территории к зонам экологического бедствия [1, 4, 5, 9-15, 19-26]. Относительно благоприятными в экологическом отношении и по техногенному воздействию на ОС (за исключением локальных участков) являются северные и западные районы края – Чердынский, Ильинский, Сивинский муниципальные районы, а также все районы Коми-Пермяцкого округа.

### ***Библиографический список***

1. Атлас Пермского края / Под редакцией А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Грязнов О.Н. Природно-технические системы - универсальные системы взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды // Известия

Уральского государственного горного университета. 2015. № 4 (40). С. 5-10.

3. Даль Л.И. Эколого-геохимическое состояние почвенных ландшафтов северо-запада Пермского Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 213-217.

4. Даль Л.И., Копылов И.С. Региональные техногенные факторы и их воздействие на природную среду Пермского края // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 7 (63). С. 288-294.

5. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2000-2017гг. / Официальный сайт «Природа Пермского края»: <http://www.pertecology.ru>.

6. 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.

7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.

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

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

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. 2011. № 8 (23). С. 126-129.

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. № 12-1. С. 172-177.

14. 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.

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

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

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

18. Копылов И.С., Даль Л.И. Эколого-ландшафтно-геохимические системы Приуралья // Международный журнал экспериментального образования. 2015. №12-4. С. 496.

19. 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.

20. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

21. Копылов И.С., Коноплев А.В. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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. 76-78.

27. Официальная статистика территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю: <http://permstat.gks.ru/>.

28. Состояние и охрана окружающей среды Пермского края / Сборники инф.-справ. мат-лов обл. и краевого комитета по охране природы Пермского края. Пермь, 1995-2017.

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ РОГОЖНИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ (ХМАО)**

*Рассмотрена динамика изменений состояния почвы в пространстве и во времени (2012-2013 гг) на территории Рогожниковского месторождения. Выполнены анализ и характеристика состояния почвенного слоя на территории Рогожниковского месторождения в результате добычи и транспортировки углеводородного сырья, а также обустройства промысла, а также меры, применяемые для уменьшения негативного воздействия на него.*

*Ключевые слова: геоэкология, почвы, анализ, загрязнение, Рогожниковское месторождение нефти.*

**V.V. Grishanova**  
ОАО «Surgutneftegas», Surgut

## **ASSESSMENT OF POLLUTION OF SOILS IN THE FIELD OF OIL ROGOZHNIKOVSKOYE (KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG)**

*Consideration of the dynamics of soil conditions change in space and time (2012-2013) on the territory of Rogozhnikovsky field. Analysis and characterization of the state of soil on the territory of Rogozhnikovsky deposits as a result of production and transportation of hydrocarbons, as well as the arrangement of fishing, as well as measures implemented to reduce the negative impact on it.*

*Keywords: geoecology, soils, analysis, contamination, Rogozhnikovskoye oil field.*

### **Введение**

При разработке месторождений нефти и газа происходит изменение состояния природной среды, особенно приповерхностной гидросферы и почвенного покрова. Нефтяное загрязнение и изменение химического состава почв может иметь значительные масштабы. Поэтому необходимо проводить мониторинг за состоянием среды на разных этапах изучения месторождений, а также своевременно проводить мероприятия по ее защите [2-5].

Рогожниковское месторождение является одним из самых крупных нефтепромыслов ОАО «Сургутнефтегаз». Месторождение представляет собой полностью автономный нефтепромысел, в обслуживании которого постоянно занято около тысячи человек, и объем добытой нефти на котором уже превысил 4 млн тонн. В связи с удаленностью месторождения от города Сургута на более чем 400 км, на его территории построены все производственные объекты, необходимые для полностью автономной работы.

В административном отношении Рогожниковское нефтяное месторождение находится в восточной части Октябрьского района Ханты-

Мансийского автономного округа-Югры Тюменской области на землях лесного фонда РФ Карымкарского урочища Обского участкового лесничества Территориального отдела – Октябрьское лесничество [1].

Цель работы: Рассмотрение динамики изменений в пространстве и во времени (2012-2013гг.) состояния почвенного слоя под воздействием техногенных факторов на территории Рогожниковского месторождения.

Рогожниковского месторождение расположено в Западно-Сибирской равнинной стране Среднетаежной (долинной) области Обской провинции Среднеобской ландшафтной подпровинции [6].

В геологическом строении района участвуют три структурных этажа, соответствующие геосинклинальному, парагеосинклинальному и платформенному этапам развития Западно-Сибирской плиты [11].

В тектоническом отношении район исследований расположен в центральной части Западно-Сибирской плиты, входящей в состав молодой Уральско-Сибирской платформы.

Нижний структурно-тектонический ярус сложен палеозойскими и допалеозойскими образованиями преимущественно магматическими, метаморфическими и сильно измененными осадочными породами. Их формирование происходило в доплитный этап развития Западно-Сибирской плиты. В этом комплексе наблюдается наличие значительной дифференцированности поверхностей объектов и большого количества дизъюнктивных нарушений [7].

### **Основное воздействие технологических объектов на почвенный покров**

Рогожниковское месторождение активно разрабатывается. Воздействие на почвенный покров в период бурения, эксплуатации и обустройства нефтепромысла проявляется по двум составляющим - механическое воздействие и химическое загрязнение. Наиболее характерным является механическое воздействие. Химическое загрязнение возможно только при аварийных ситуациях (в случае выбросов, утечек, открытых фонтанов).

Освоение территории происходит в разных по устойчивости условиях. Устойчивость природных объектов к механическому воздействию имеет относительный характер и может быть определена, главным образом, по отношению к косвенному воздействию. По отношению к прямому воздействию (вырубка древесной растительности, разрушение почвенно-растительного покрова) [11].

Кустовые площадки не содержат наземного емкостного оборудования с нефтепродуктами и другими загрязняющими веществами. Площадки запорных арматур точечные и линейные объекты могут стать источником химического загрязнения почвенного покрова при аварийной ситуации (повреждение фланцевых соединений и стенок трубопроводов). При попадании на почву нефти тяжелые фракции проникают на незначительную глубину и задерживаются верхними слоями грунта. Более легкие фракции проникают на большую глубину. Следовательно, загрязнение происходит главным образом легкими фракциями. На сильнозагрязненном участке глубина проникновения

нефти может достигать 90 см и более. Однако, через некоторое время площадь загрязнения может уменьшиться в случае частичного смыва нефти осадками. Также происходит горизонтальная миграция. Миграция нефтяного загрязнения зависит от сорбционной способности почв [9].

К основным видам неблагоприятных воздействий нефтепромысловых объектов на почву относятся следующие источники:

- производственно-технологические отходы бурения (буровыми сточными водами);
- блок приготовления буровых растворов;
- отработанный буровой раствор и буровой шлам;
- отходы стройматериалов и твердые бытовые отходы;
- коррозия и механические повреждения труб.

В составе отработанных буровых растворов и буровых шламов также содержатся сложные органические вещества, легкорастворимые соли, ионы тяжелых металлов. Высокая минерализация отработанных буровых растворов и буровых шламов, возможное наличие в их составе углеводородов, миграция солевых компонентов (ионов хлора, натрия, сульфат-ионов, гидрокарбонат-ионов) в горизонтальном и вертикальном направлениях являются основными факторами отрицательного воздействия на почвенный покров. Загрязняющие компоненты приводят к ухудшению почвенных свойств – нарушается водно-воздушный режим почвы, происходит внедрение ионов натрия, угнетается микрофлора, снижается биологическая активность почвы и ее способность к самоочистке, усиливаются эрозионные процессы, что делает почву непригодной для развития и роста растений [10].

#### **Методика отбора проб почв**

Исследование территории проведено с целью предотвращения, снижения и ликвидации неблагоприятных экологических последствий. Для разработки специальных мероприятий по охране окружающей среды - системы мониторинга за состоянием окружающей природной среды были проведены химические анализы проб почвенного слоя в разные периоды (2012-2013гг.) на территории Рогожниковского месторождения.

Для исследований были отобраны пробы почв, в следующих точках наблюдения:

- точка 1- 1200м. южнее факела ДНС;
- точка 2- 200м восточнее площадки ТБО;
- точка 3- 1500м. южнее пос. Большие Леуши;
- точка 4- долина р.Мал.Карымкарская, устье, 300м севернее автодороги;
- точка 5- 3800м. восточнее Р-875, 300м севернее автодороги;
- точка 6- 500м. северо-западнее автодороги, 1300м восточнее Р-203.

Глубина отбора 0,0-0,2 м.

Отбор проб почвы проводился в два этапа: в сентябре 2012 и 2013гг. – в период спокойствия и равновесия биоты из одного слоя - методом конверта, с таким расчетом чтобы каждая проба представляла собой часть почвы типичной для данного типа почвы, согласно требованиям ГОСТ 17.4.4.02-84.

Точечные пробы, отобранные на одной пробной площадке, смешивались, упаковывались в емкости из нейтрально химического материала, пронумеровывались и регистрировались в журнале, с указанием следующих данных: порядковый номер, место взятия пробы, рельеф местности, тип почвы, целевые назначения территории, вид загрязнения и дата отбора[8].

При отборе почвы были учтены такие показатели как неоднородность почвенного покрова, особенности загрязняющих веществ территории исследований и рельефа местности.

Нормирование содержания тяжелых металлов в почве является чрезвычайно сложным из-за невозможности полного учета всех факторов природной среды. Однако официально утвержденные Минздравом ПДК разработаны не для всех токсичных элементов и соединений. Кроме того, утвержденные ПДК разработаны для оценки экологического состояния пахотных земель и не учитывают специфики природных условий.

Имеются значительные региональные различия фоновых концентраций металлов в почвах. Реакция биоты на загрязнение может сильно варьировать в зависимости от химических свойств почвы. Изменение химических свойств почвы (реакции среды, содержания гумуса, степени насыщенности основаниями, гранулометрического состава) может в несколько раз уменьшить или увеличить содержание тяжелых металлов в растениях и таким образом, изменить пределы фитотоксичности.

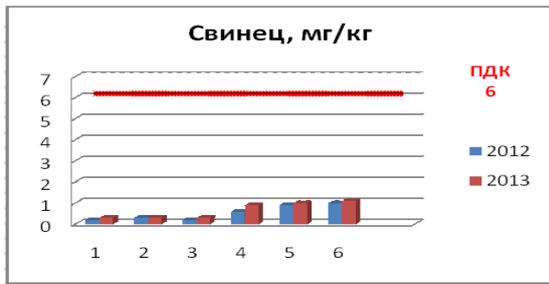
### **Результаты оценки воздействия на почвенный покров при разработке месторождения**

В ходе полевых экологических исследований было отобрано 12 проб почво-грунтов на ключевых участках; проведен химический анализ проб по 10 показателям (согласно ГОСТу 17.4.1.02-83): бенз(а)пирен - 1 класс опасности; свинец (вал.) – 1 класс опасности; цинк (вал.) – 1 класс опасности; никель (вал.) – 2 класс опасности; хром (вал.) – 2 класс опасности; медь (вал.) – 2 класс опасности; марганец (вал.) – 3 класс опасности; рН; хлориды; нефтепродукты (рис. 1).

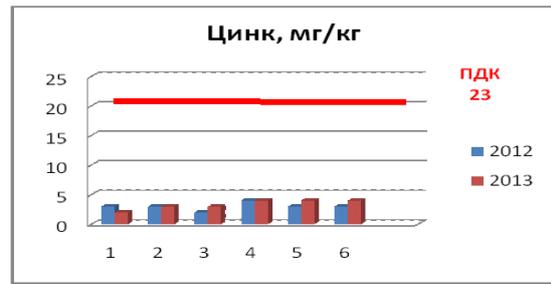
**Бенз(а)пирен.** Почвы характеризуются фоновым содержанием бенз(а)пирена. Содержание бенз(а)пирена не превышает ПДК. Значения изменяются от 0,004 до 0,005 мг/кг. Источником бенз(а)пирена являются выхлопы автомобильного транспорта (особенно с дизельным двигателем).

**Свинец.** Содержание свинца во всех отобранных пробах характеризуется предельно низкими величинами: минимальное значение зафиксировано в точке 3(0,2 мг/кг) и максимальное - в точке 6 (1,1 мг/кг) (рис. 1 А).

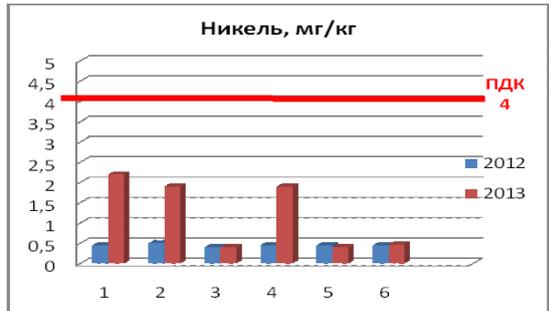
Если сравнивать содержания свинца за 2012-2013гг., то во всех точках наблюдается повышения значений за изучаемый период - на 0,1мг/кг (точка 1,2,3,5,6) и на 0,3 мг/кг (точка 4), что свидетельствует о нагрузке транспортного потока на территории промысла (применение тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе автомобильного транспорта и специальной техники), в результате которого и накапливается исследуемый элемент в почвенном слое. Содержание свинца не превышает ПДК(6мг/кг).



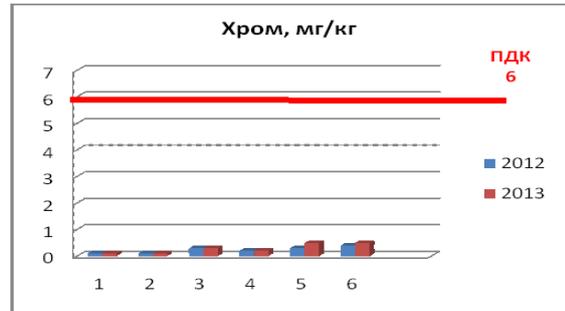
(А) Содержание свинца в почвах



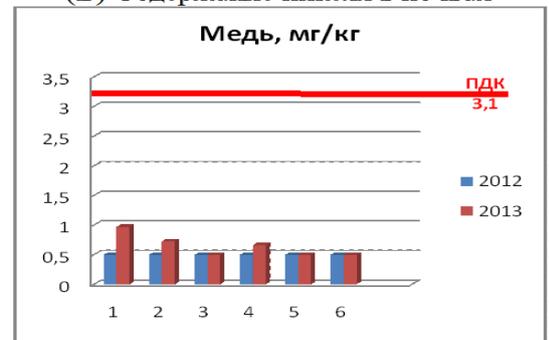
(Б) Содержание цинка в почвах



(В) Содержание никеля в почвах



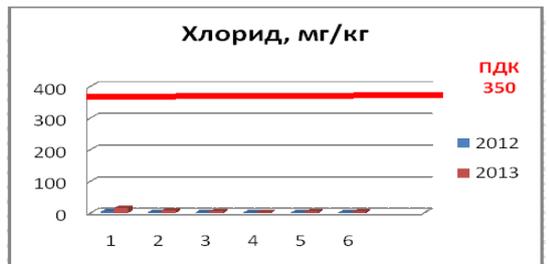
(Г) Содержание хрома в почвах



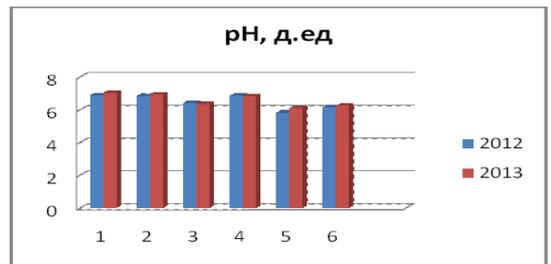
(Д) Содержание меди в почвах



(Е) Содержание марганца в почвах



(Ж) Содержание хлоридов в почвах



(З) Водородный показатель в почвах



(И) Содержание нефтепродуктов в почвах

Рис.1. Содержание элементов в почвах Рогожинского месторождения

**Цинк.** Абсолютные значения этого металла изменяются от 2 (точка 1) до 4 мг/кг (точка 4) (рис. 1 Б). Анализируя динамику за 2012-2013 гг., видно, что максимальное значение зафиксированы в точках 5 и 6 результатом Содержание цинка в почвах (составлено автором по материалам лаборатории)повышенных значений является естественное понижение рельефа, содержание цинка не превышает ПДК (23мг/кг).

**Никель.** Абсолютные значения никеля по точкам исследований изменяются от 0,4 мг/кг (точка 3) до 2,2мг/кг (точка 1) (рис. 1 В). Сравнивая значения никеля в почвенном слое за 2012-2013 гг., видно что содержание никеля в точках 1,2 и 4 увеличилось, результатом чего послужило использование при сварке электродов, имеющих в своем составе исследуемый компонент. Содержание никеля не превышает. ПДК (4мг/кг).

**Хром.** Содержание хрома изменяются от 0,1 мг/кг (точка 1) до 0,5 мг/кг (точка 5) (рис. 1 Г). Анализируя динамику содержания хрома в почвенном слое за 2012- 2013 гг., видно что значения практически не изменились, что не превышает ПДК (6мг/кг).

**Медь.** Содержание меди изменяется от 0,5 мг/кг (точка 5,6) до 0,97 мг/кг (точка 1) (рис. 1 Д).Сравнивая значения меди в почвенном слое за 2012-2013 гг., видно что содержание меди не превышает ПДК ( 3,1мг/кг).

**Марганец.** Анализируя динамику содержания марганца в почвенном слое за 2012-2013 гг., видно, что содержание марганца изменилось от 5.2 мг/кг (точка 3) до89 мг/кг (точка 4) (рис. 1 Е). Повышение значений свидетельствует о естественных геохимических процессах на исследуемой территории, так как марганец - типоморфный элемент сибирских ландшафтов; он характеризуется высокой подвижностью и высокими концентрациями в материнских почвообразующих породах и других компонентах природной среды таежной зоны Западной Сибири. Содержание марганца в почвах, отобранных на территории лицензионных участков не превышают ПДК (100мг/кг).

**По солевому составу** проанализированные почвы территории относятся к незасоленным, о чем свидетельствует невысокое содержание хлоридов – от 1,5 мг/кг (точка 4) до 16, мг/кг (точка 1), что не превышает ПДК (350 мг/кг). Анализируя динамику содержания за 2012-2013гг. видно, что хлоридов в почвенном слое, в точках 2,3,4,5 и 6 изменение концентраций не значительное, а в точке 1 увеличилось на 12,1 мг/кг (рис. 1 Ж). Основным источником появления в почве хлоридов являются осадочные породы, в состав которых входит гипс и ангидрит. Высокие концентрации хлоридов обусловлены приносом их дождевыми водами и использование соленых буровых растворов в период бурения скважин, используемых с целью создания комфортных условий для выполнения работ: в период эксплуатации скважин с целью профилактики от изнашивания технологического оборудования.

Согласно **водородному показателю** водной вытяжки исследованным типам почв характерна слабокислая, нейтральная реакция почвенных растворов в верхней (органогенной) части профиля. Значения рН составляют от 5,82 (точка 5) до 7,04 (точка 4) (рис. 1 З).

В проанализированных образцах почв Рогожниковского нефтяного месторождения содержание *углеводородов* нефтяного ряда (нефтепродуктов) варьирует от 6 до 30 мг/кг. Максимальная концентрация отмечена в точке 6, а минимальная в точке 4 (рис. 1 И).

**Нефтепродукты** являются одними из наиболее распространенных загрязняющих веществ при любом типе хозяйственного освоения территорий, в т.ч. при разработке месторождений углеводородного сырья. При оценке современного уровня загрязнения использовалась шкала нормирования, разработанная Ю.И. Пиковским. Согласно данной шкале, концентрации нефтепродуктов в почвах до 100 мг/кг являются фоновыми, экологической опасности для среды они не представляют; концентрации от 100 до 500 мг/кг можно считать повышенным фоном (нефтепродукты в таких количествах активно утилизируются микроорганизмами или вымываются дождевыми потоками без вмешательства человека). К категории загрязненных относятся почвы, содержащие более 500 мг/кг нефтепродуктов. При этом содержания от 500 до 1000 мг/кг относятся к умеренному загрязнению, от 1000 до 2000 мг/кг – к умеренно опасному загрязнению, от 2000 до 5000 мг/кг к сильному, опасному загрязнению, и свыше 5000 мг/кг к очень сильному загрязнению, подлежащему санации (табл. 1)

Таблица 1

Классификация уровня нефтяного загрязнения грунтов  
(по Ю.В. Пиковскому)

Уровень нефтяного загрязнения	Мг/кг (млн <sup>-1</sup> )
Фоновый	До 100
Повышенный фон	100-500
Умеренный	500-1000
Умеренно опасный	1000-2000
Сильный, опасный	2000-5000
Очень сильный	Свыше 5000

Анализируя динамику содержания нефтепродуктов в почвенном слое за 2012-2013гг., видно, что содержание во всех точках не превышает ПДК (1000 мг/кг). Среднее содержание нефтепродуктов в исследованных пробах почв составило 13 мг/кг, что соответствует «фоновому» содержанию нефтепродуктов в почве по шкале нормирования Пиковского Ю.И. (1993).

### **Заключение**

Анализ результатов, полученных при проведении исследований в 2012-2013гг состояния почвенного слоя, подтверждает, что хозяйственное использование территории Рогожниковского месторождения не привело к изменениям концентраций изучаемых компонентов в почвенном слое. Значения исследуемых компонентов в почвах в точках отбора не превышает значений ПДК. Следует учесть, что Западная Сибирь, как ни один другой в мире регион, изобилует реками, озерами и болотами. Они способствуют активной миграции химических загрязнений, поступающих в реку Обь из многочисленных источников, которая выносит их в Обскую губу и далее в Северный Ледовитый океан, подвергая опасности разрушения экосистемы,

удаленные от районов нефтегазового комплекса. И только рациональное использование природных ресурсов позволит избежать экологической катастрофы.

### **Библиографический список**

1. Атлас Тюменской области. Вып.1. М., ГУГК 1971.
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. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
4. 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.
5. 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.
6. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазового бассейна. М.: Недра, 1976. 157 с.
7. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири / Под ред. Н.А. Флоренсова, И.П. Варламова. Труды СНИИГГиМС, вып. 285, М., Недра, 1981.
8. Отчет по инженерно экологическим изысканиям 8099-ИЭИ 1.2 «Отчетная техническая документация по инженерным изысканиям Рогожниковского месторождения нефти». Сургут ОАО «Сургутнефтегаз», 2012.
9. Проектирование обустройства нефтяных месторождений Западной Сибири. Тюмень. 1978.
10. СТО 51.00.005-82 «Руководство по определению расчетных характеристик строительной климатологии нефтегазодобывающих районов Западной Сибири». Тюмень, 1982.
11. Экология Ханты-Мансийского автономного округа / Под ред. Плотникова В.В. Тюмень, 1997. 288 с.

## **OIL POLLUTION OF THE TURAYVKA RIVER BASIN**

*The article presents the results of the hydrochemical analysis of the Turaevkariver. There are some causes of water pollution in the river basin which were considered. Exploring has allowed that such macrocomponents as Cl, SO<sub>4</sub> and Ca are exceeds of the maximum permissible concentration in this river.*

*Keywords: oil, oil pollution, oil products, oil separator, hydrochemical analysis.*

**И.И. Капатская, Ю.А. Килин**

Пермский государственный национальный исследовательский университет

## **НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БАССЕЙНА Р. ТУРАЕВКИ**

*Рассмотрены возможные причины загрязнения вод в бассейне реки Тураевки. Представлены результаты гидрохимического анализа реки. Исследования позволяют установить, что содержание макрокомпонентов – Cl, SO<sub>4</sub> и Ca превышает предельные допустимые концентрации в водах рассматриваемой реки.*

*Ключевые слова: нефть, нефтяное загрязнение, нефтеловушка, отстойник, гидрохимический анализ.*

Traditionally environmental pollution is associated with surface and near-surface oil spills during deposits development and emergency situations during oil transportation. However, from a historical perspective numerous natural oil seeps to the surface have been known. Some cases of oil filtration from oil deposits to the surface over zones of neotectonic fissuring had been established due to long-term exploitation of deposits.

Territory of the village of Pavlovo which is located in the Ordinsky district of the Perm Krai is located just near the Kokuisky oil deposit. This village lies in in floodplain of the river Turaevka whose waters contain oil products. The river changes its surface runoff to the underground one and comes out in the form of an ascending spring near the village from under the rocks. The river is not polluted with oil products in the upper reaches but it has a high content of oil products right after the spring. The first explosive release of oil occurred on April 18, 1997 [1].

The Kokuisky deposit coincides with the submeridional Veslianskaia ridge-like structure. Outflows of groundwater to the surface are caused both by downward flows from the central part of the karst and by rising currents of karst water from the water-conducting and water-bearing cavities in the collapse-karst horizon. And thanks to the uprising currents insignificant depths oil deposit was discovered.

The retrospective oilfield data analysis found that during drilling a well №824-s in 1968 in river Turaevka valley at depths of 159,8 to 164,75 m in the Artinian

limestones of the Lower Permian sediments "... rare vague spots of dried oil ..." were discovered [2, 3].

The introduction of oil products in the karst is possible as a result of horizontal movement of water masses and due to an upward vertical ascent of components of deep fluids along fissured zones and wells. The karst in this area consists of local aquicludes and reservoir tanks which have good air exchange with environment. During autumn-winter period with reducing air temperature and the level of karst water in rocks the karst caves are the accumulators of ice-snow masses with many pollutants. With increasing air temperature (in April-May) these masses are actively melting - significant amounts of flood water clean the karst and carry out pollutants in the form of a powerful upwelling [2, 3].

Now several pottery-type facilities are constructed at the outlet sites of oil in which oil-containing waters are collected and later transported for use in oilfields for technological purposes.

In this area cesspits of continuous action (flow-through) are used to collect insoluble contaminants from the sewage.

Oil traps are used for mechanical treatment of sewage from oil products capable of gravitational separation (floating) and from precipitating solid mechanical impurities.

By the direction of water flow cesspits are divided into two main types: horizontal and vertical. Primary cesspits (vertical ones) serve for preliminary clarification of sewage which then goes to physical and chemical purification and secondary (horizontal ones) for clarification of sewage that have undergone physical and chemical purification (fig. 1-2) [4-5].

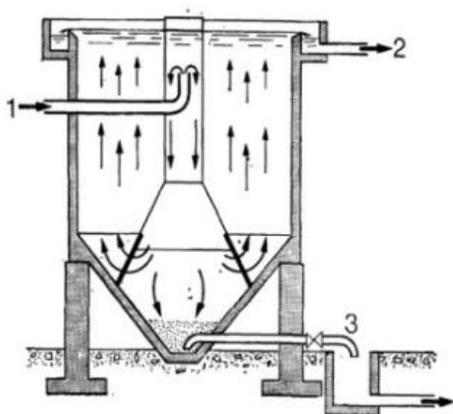


Fig. 1. Wash tank

1- incoming sewage, 2 – clarified sewage,  
3 - sedimentation

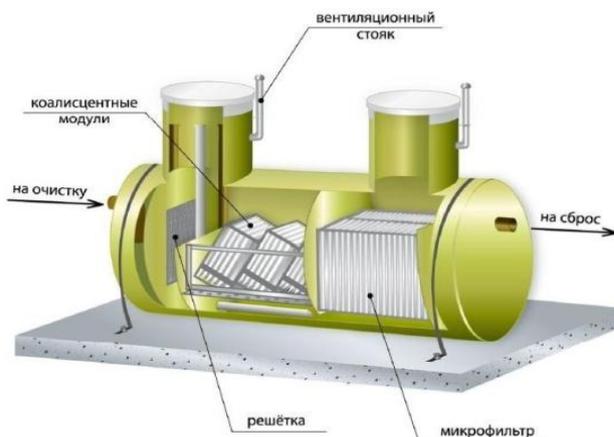


Fig. 2. Horizontal oil separator

The results of the hydrochemical analysis of the waters of the Turaevka river make it possible to detect an excess of the maximum concentrations in water namely of chlorides ( $\text{Cl}^-$ ) content exceeds the standards by 1.6 times, sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) by 2.9 times and calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) by 5.2 times (table 1), (fig. 3).

High content of sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) in karst waters are caused by lithology. High content of chlorides (Cl) are formed as a result of vertical upward migration of components and concentration of run-off in depth in nodes of the intersections of lineaments. There are lithology of enclosing rocks (deposits of limestone, gypsum, dolomite), microbiological processes in underlier and industrial wastes caused a high content of calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

Table 1

Macrocomponent composition: comparison maximum permissible concentration and concentration registered in the river (June-July 2016)

Characteristics	Maximum permissible concentration	Turayvka river
Hydrogen ion concentration	6-9	7,48-8,13
Total Dissolved Salts, $\text{mg}/\text{dm}^3$	1000	2329-3250,9
Total hardness, $\text{mg-eq}/\text{dm}^3$	7	30,9-42,5
Inorganic substances		
Chlorides (Cl), $\text{mg}/\text{dm}^3$	350	5,6-556,1
Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), $\text{mg}/\text{dm}^3$	500	1410-1471
Hydrocarbonates ( $\text{HCO}_3$ ), $\text{mg}/\text{dm}^3$	1000	292,8-411,8
Sodium (Na), $\text{mg}/\text{dm}^3$	200	2,5-129,1
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), $\text{mg}/\text{dm}^3$	30-140	570-727,1
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), $\text{mg}/\text{dm}^3$	20-85	35,6-75,3
Petroleum products in the water, $\text{mg}/\text{dm}^3$	0,1	15,52

Remarks: there are a maximum permissible concentration of main inorganic substances which operate on water quality [6-7-8]

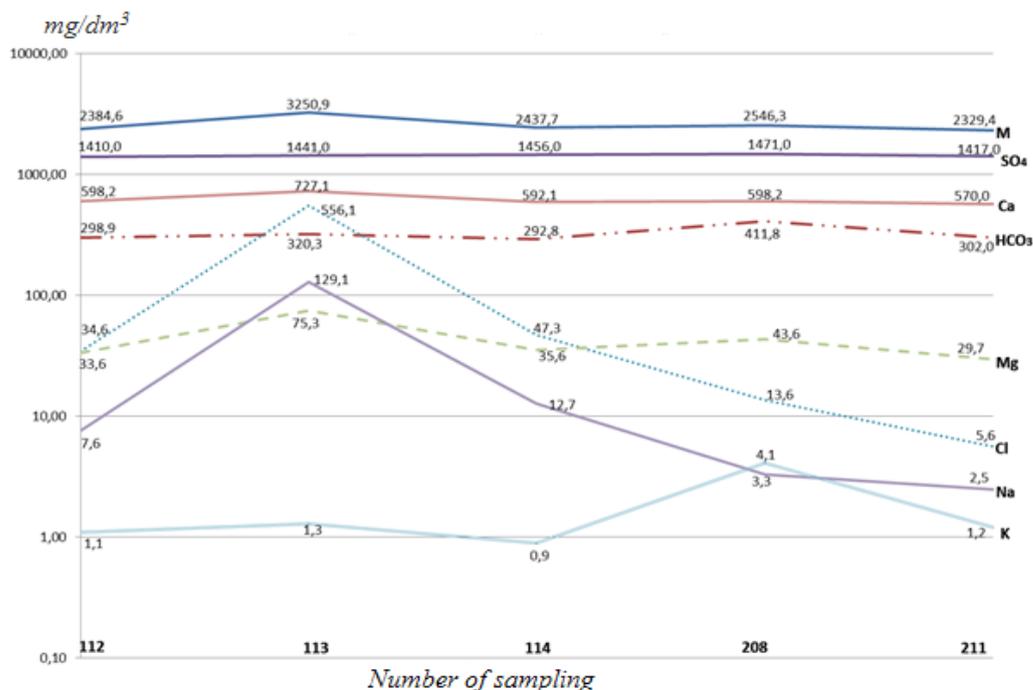


Fig. 3. Hydrochemical profile of Turayvka river

Actually, the maximum permissible concentrations of petroleum products in the water is  $0,1 \text{ mg/dm}^3$ . But concentrations of petroleum products in the Turayvka river more than 155,2 times.

The premier source of ingress of oil is migration of fluids from producing horizons through zones of neotectonic fissuring.

### **References**

1. *Oborin A.A. and others. Neftezagriaznennyye biogeotsenozy [Oil-contaminated biogeocenoses] / 2008, 54 p.*

2. *Kostarev S.M. Formirovanie tekhnogennykh skoplenii komponentov glubinnykh fliuidov v pripoverkhnostnykh massivakh gornyykh porod (na primere r-novneftedobychi Permskoi oblasti) [Formation of technogenic accumulations of components of deep fluids in near-surface rock massifs (on the example of oil fields in the Perm region)] / Izvestiya VUZ. Oilandgas.№5, 2004, pp. 132-143.*

3. *Kostarev S.M. Metody poiska tekhnogennykh skoplenii fliuidov v verkhnei chaste geologicheskoi sredyefitanykhmestorozhdenii Permskogo Prikam'ia [Methods for the search for man-caused fluid accumulations in the upper part of the geological environment of oil deposits in Perm Kama Region] / Geoecology.№6, 2005, pp. 522-559.*

4. *LaskovYu.M. and others. Primeryraschetovkanalizatsionnykhsooruzhenii: uchebnoeposobiedliavuzovm [Examples of calculations of sewage facilities: a textbook for high schools] - M.: Stroizdat, 1987 - 255 s.*

5. *Zhukov A.I. and others. Kanalizatsionnaiapromyshlennost' predpriatii [Sewage industry of enterprises] / Stroizdat, 1962, 348 s.*

6. *SanPIN 2.1.4.559-96 «Pit'evaia voda. Gigienicheskie trebovaniia k kachestvu vody tsentralizovannykh system pit'evogo vodosnabzheniia. Kontrol' kachestva» [«Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control»].*

7. *SanPIN 2.1.4.1074-01 «Pit'evaia voda. Gigienicheskie trebovaniia k kachestvu vody tsentralizovannykh system pit'evogo vodosnabzheniia. Kontrol' kachestva» [«Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control»].*

8. *GOST 2874-82 «Voda pit'evaia. Gigienicheskie trebovaniia I kontrol' zakachestvom [«Drinking water. Hygienic requirements and quality control»].*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ВОД ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН И РОДНИКОВ ПЕРМИ И ПЕРМСКОГО РАЙОНА**

*Рассмотрены подземные воды зоны активного водообмена на территории города Перми и Пермского района, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проанализировано более 200 результатов анализов гидрохимического опробования водозаборных скважин и родников.*

*Ключевые слова: водозаборные скважины, родники, минерализация, хозяйственно-питьевое водоснабжение.*

**Z.V. Kivileva**

Perm State University

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER WELLS AND SPRINGS IN PERM AND PERM DISTRICT**

*The article deals with the groundwater of the zone of active water exchange in Perm and the Perm region, used for domestic and drinking water supply. More than 200 results of hydrochemical testing of water wells and springs have been analyzed.*

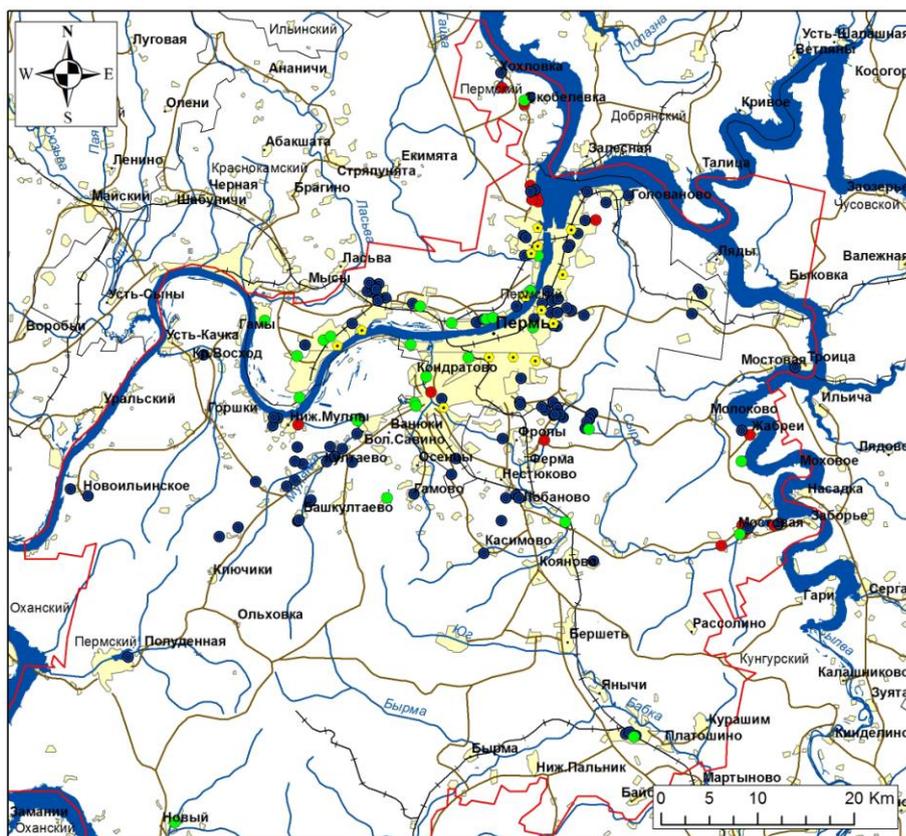
*Keywords: water wells, springs, mineralization, domestic and drinking water supply.*

### **Введение**

Пермская агломерация является одним из крупнейших промышленных и культурных центров Западного Урала, которая расположена на обоих берегах реки Камы. Здесь развиты машиностроительная, нефтеперерабатывающая химическая, пищевая, металлургическая и другие промышленности, электроэнергетика, а так же сельское хозяйство.

На большей части территории имеется централизованная система коммунального водоснабжения, в которой используются поверхностные воды рек Камы и Чусовой. На территориях где отсутствует централизованное водоснабжение население либо использует естественные выходы подземных вод – родники, либо бурит водозаборные скважины для хозяйственно-питьевых целей.

Фактическим материалом для исследования послужили данные гидрохимического опробования водозаборных скважин, предоставленные ООО «Пермский геологический центр» и результаты гидрохимические опробования режимных родников, проведенные сотрудниками кафедры динамической геологии и гидрогеологии (рис. 1).



**Условные обозначения**

- Родники, эксплуатирующие аQ
- Родники, эксплуатирующие P1ss
- Скважины, эксплуатирующие аQ
- Скважины, эксплуатирующие P1ss
- Скважины, эксплуатирующие P1sl
- Территория исследования
- Административные границы (полигоны)
- Дороги основные (линии)
- Реки и озера (полигоны)
- Населенные пункты (точки)
- Железная дорога (линии)

Рис.1. Карта фактического материала

**Геолого-геоморфологическая характеристика территории**

Рельеф территории исследования сформирован в основном эрозионными процессами. Рельефообразующими элементами являются долина реки Камы, её притоки и овраги. Большинство исследователей на рассматриваемой территории выделяют у реки Камы пойму, четыре надпойменные террасы и высокую равнину (Лунев, 1960; Костарев, 1985ф).

Вследствие высокой степени расчлененности рельефа четвертичные и шешминские отложения на территории хорошо промыты. Трещинно-грунтовые и трещинно-пластовые воды разгружаются в виде многочисленных родников в основании речных террас реки Камы (особенно II и IV) и ее притоков [9].

Климат территории умеренно-континентальный с избыточным увлажнением. Гидросеть исследуемой территории представлена системой рек разного порядка, основной водной артерией является река Кама.

Реки рассматриваемой территории относятся к типу рек с четко выраженным весенним половодьем, летне-осенними дождевыми паводками и длительной устойчивой зимней меженью.

Территория Пермского района и города Перми приурочена к восточной окраине Восточно-Европейской платформы и находится в пределах Пермского свода и Бымско-кунгурской впадины [1, 6]. В геологическом строении зоны активного водообмена территории исследования принимают участие породы, соликамской ( $P_1sl$ ) и шешминской ( $P_1šš$ ) свит уфимского яруса нижней перми, белебеевкой свиты ( $P_2bl$ ) казанского яруса средней перми, перекрытые на большей части территории разновозрастными четвертичными отложениями(Q) (рис. 2).

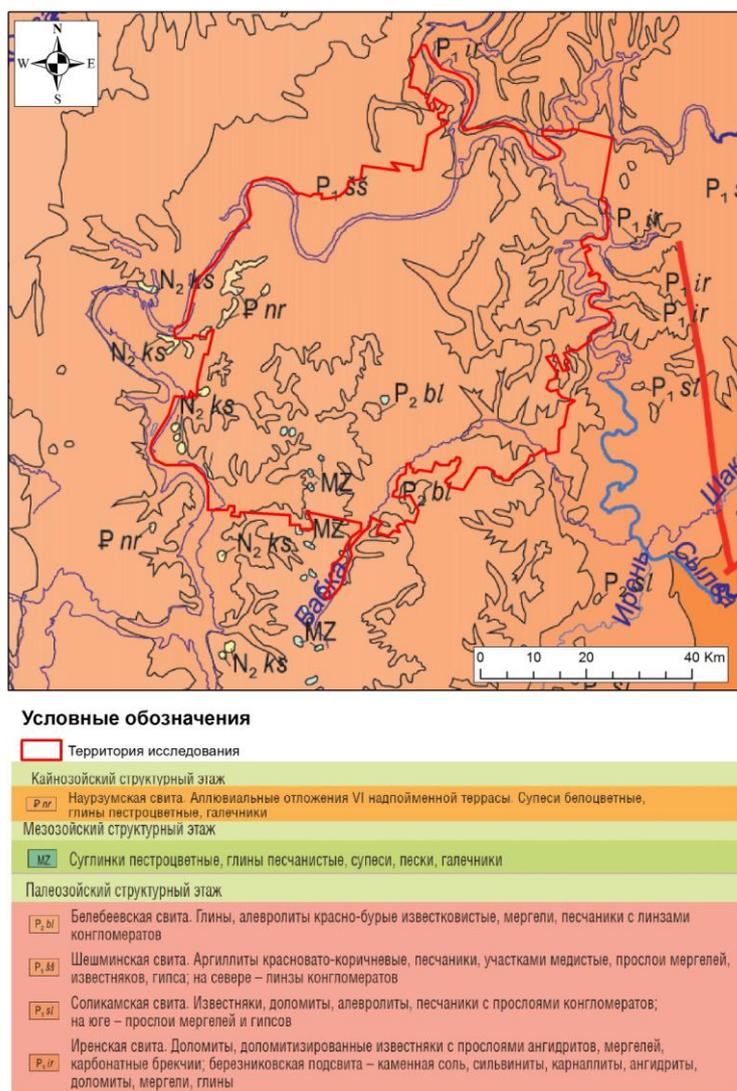


Рис. 2. Геологическая карта территории исследования [1, 6]

Исходя из особенностей геологического строения, условий залегания, стратиграфических подразделений, их литологии, фильтрационных свойств на исследуемой территории выделяются водоносные комплексы и горизонты. Объектом изучения является верхняя зона активного водообмена, включающая

следующие гидрогеологические подразделения в соответствии с современной гидрогеологической легендой [5, 6]:

- водоносный горизонт четвертичных аллювиальных образований ( $aQ_{IV}$ );
- водоносный горизонт шешминских отложений уфимского яруса ( $P_1\check{s}\check{s}$ ).

### Результаты изучения подземных вод водозаборных скважин

Химический состав подземных вод зоны активного водообмена на территории города Перми и Пермского района исследован по данным опробования водозаборных скважин из перечисленных водоносных комплексов. Глубина скважин от 9 до 80 м.

Результаты гидрогеохимических исследований подземных вод территории исследования сравнивались с нормативами ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07 [2, 3], ОСТ 41-05-263-86 [5] и СанПиН 2.1.4.1175-02 [8].

*Гидрохимическая характеристика подземных вод четвертичных отложений* изучена по данным опробования 22 водозаборных скважин с глубины 9-38 м.

На территории исследования распространены подземные воды гидрокарбонатной (82%), сульфатной (13%) и хлоридной (5%) формаций. Фациальный состав представлен преобладающей  $HCO_3$ -Ca- $SO_4$  (32%) гидрохимической фацией (по классификации Г.А. Максимовича, 1942) (рис. 3).

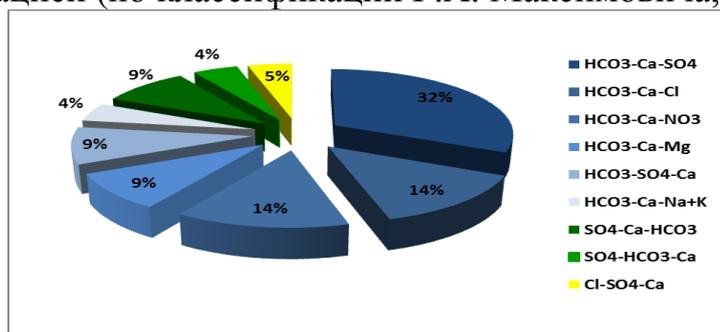


Рис. 3. Фациальный состав подземных вод аллювиального четвертичного горизонта по данным опробования скважин

Воды преимущественно пресные, минерализация изменяется от 165 до 2149 мг/дм<sup>3</sup>, составляя в среднем 628 мг/дм<sup>3</sup>, лишь в 9% проб минерализация превышает значение ПДК. Показатель концентрации водородных ионов изменяется от 5,5 до 7,7, при среднем значении 6,9, 22% проб не отвечают нормам ПДК [2, 3, 6]. По общей жесткости воды от мягких до очень жестких (2,0-28,9 мг-экв/л), из которых 45% проб превышают значение ПДК.

Концентрация почти всех компонентов находится в пределах ПДК, за исключением  $NO_3$  (до 2 ПДК) в 18% проб, так же превышения зафиксированы по  $SO_4$  (до 2,5 ПДК) в 9% проб и  $Fe_{общ}$  (до 135 ПДК) в 36% проб.

Зависимость минерализация подземных вод четвертичного водоносного горизонта с глубиной не прослеживается (рис. 4), однако, повышенная минерализация и концентрация  $SO_4$  отмечена в сульфатных водах. Также отсутствует сезонная зависимость химического состава подземных вод [4].

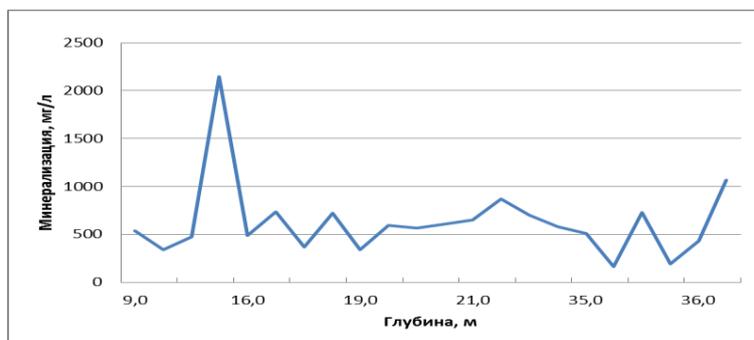


Рис. 4. Изменение минерализации подземных вод аллювиального четвертичного водоносного горизонта

**Гидрохимическая характеристика шешминского водоносного горизонта** изучена по данным опробования 102 водозаборных скважин с глубины 13-67,5 м.

На территории исследования преобладают гидрокарбонатные (77%) и сульфатные (21%), так же встречены нитратные и хлоридные (по 1%) воды. Фациальный состав пестрый. На общем пестром фоне выделяются  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$  (26%) и  $\text{HCO}_3\text{-Ca-NO}_3$  (21%) гидрохимические фации (рис. 5).

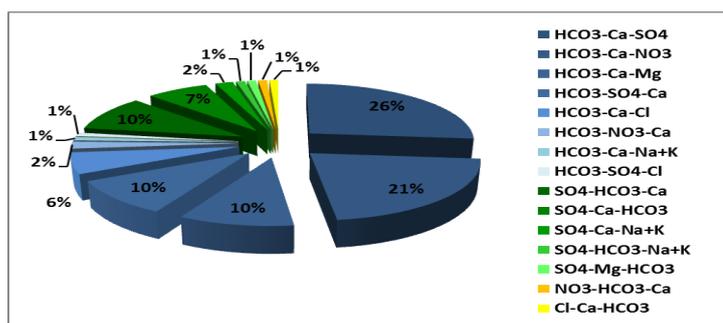


Рис. 5. Фациальный состав подземных вод шешминского терригенного водоносного комплекса по данным опробования скважин

**Гидрокарбонатные воды** (79 проб) преимущественно пресные. Минерализация изменяется от 229 до 1267 мг/дм<sup>3</sup>, средняя – 573 мг/дм<sup>3</sup>, лишь в 4% проб воды превышают значение ПДК.

Показатель pH изменяется от 6,12 до 8,25 при среднем значении 7,1, 8% проб не отвечают нормативам СанПиН.

По общей жесткости воды от мягких до очень жестких (2,5-15,3 мг-экв/л), из которых 42% проб превышают значение ПДК.

Превышения относительно ПДК зафиксированы по содержанию  $\text{NO}_3$  (до 4 ПДК) в 32% проб и  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  (до 15 ПДК) в 16% проб. Так же зафиксировано превышение Mg (до 1,8 ПДК) в 3% проб относительно ПДК.

**Сульфатные воды** (21 проба) имеют меньшее распространение. Воды преимущественно солоноватые, минерализация изменяется от 118 до 3140 мг/дм<sup>3</sup>, средняя – 1420 мг/дм<sup>3</sup>. В 62% проб воды минерализация превышает значение ПДК.

Показатель концентрации водородных ионов изменяется от 5,51 до 7,76, при среднем значении 6,9, 14% проб не отвечают нормативам СанПиН.

Воды жесткие и очень жестких (1,0-34,6 мг-экв/л) – 85% проб превышают значение ПДК.

Превышения относительно ПДК зафиксированы по содержанию  $SO_4$  (до 4,3 ПДК) в 48% проб, Mg (до 2,3 ПДК) в 43% проб, Na+K (до 1,4 ПДК) в 5% проб и  $Fe_{общ}$  до 3 ПДК) в 29% проб.

**Нитратные и хлоридные воды** (2 пробы) пресные со средней минерализацией 626 мг/дм<sup>3</sup>, по значению рН нейтральные, средней жесткости и очень жесткие (4,9-14,0 мг-экв/л). Превышения относительно ПДК зафиксированы по содержанию Cl (до 1,3 ПДК) и Mg (до 1,2 ПДК), так же концентрации  $NO_3$  (до 2,6 ПДК) по одной пробе каждая.

Зафиксирована слабая зависимость химического состава подземных вод от глубины опробования (рис. 6) – с глубиной минерализация возрастает и воды приобретают сульфатный состав. Однако отсутствует сезонная зависимость [11].

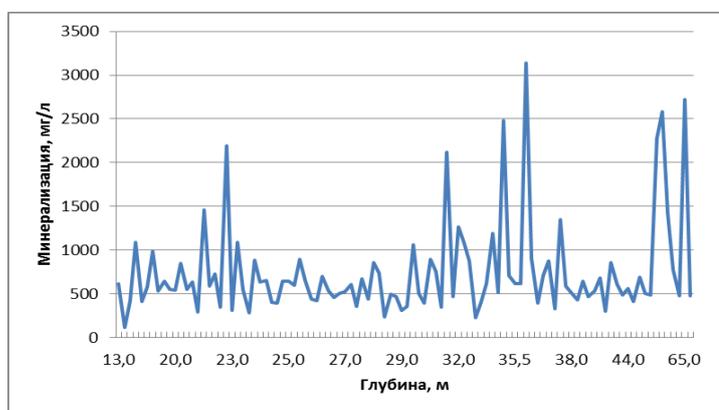


Рис. 6. Изменение минерализации подземных вод аллювиального четвертичного водоносного горизонта

### Результаты изучения подземных вод родников

Гидрохимический состав подземных вод *четвертичных отложений* изучен по данным опробования 6 родников (12 проб).

На территории исследования распространены подземные воды гидрокарбонатной (64%) и сульфатной (36%) формации. Фациальный состав пестрый (рис. 7).

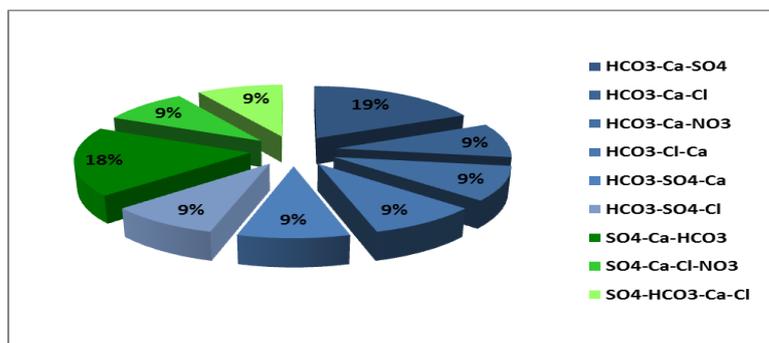


Рис. 7. Фациальный состав подземных вод аллювиального четвертичного горизонта по данным опробования родников

**Гидрокарбонатные воды** пресные, со средней минерализацией 458 мг/дм<sup>3</sup>. Показатель концентрации водородных ионов изменяется от 5,8 до 7,6, при среднем значении 6,9. Воды мягкие и средней жесткости (от 2,8 до 7,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>), только 1 проба превышает значение ПДК. Концентрация почти всех компонентов HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, NH<sub>4</sub>, Mg и (Na+K) находится в пределах ПДК, за исключением NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>. Концентрации NO<sub>2</sub> (до 11 ПДК) и NO<sub>3</sub> (до 1,5 ПДК).

**Сульфатные воды** пресные, со средней минерализацией 375 мг/дм<sup>3</sup>. Показатель концентрации водородных ионов изменяется от 5,8 до 6,2 при среднем значении 6,0. Воды мягкие и средней жесткости (от 3,6 до 5,3 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Концентрация почти всех компонентов HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, NH<sub>4</sub>, Mg и (Na+K), NO<sub>2</sub> находится в пределах ПДК, за исключением NO<sub>3</sub> (до 1,1 ПДК) в 50% проб.

Гидрохимическая характеристика **шешминского водоносного горизонта** изучена по данным 8 родников (32 опробования).

На территории исследования распространены подземные воды гидрокарбонатной (87%) и сульфатной (13%) формаций. Фациальный состав представлен преобладающей HCO<sub>3</sub>-Ca-SO<sub>4</sub> гидрохимической фацией, которая составляет 56% (рис. 8).

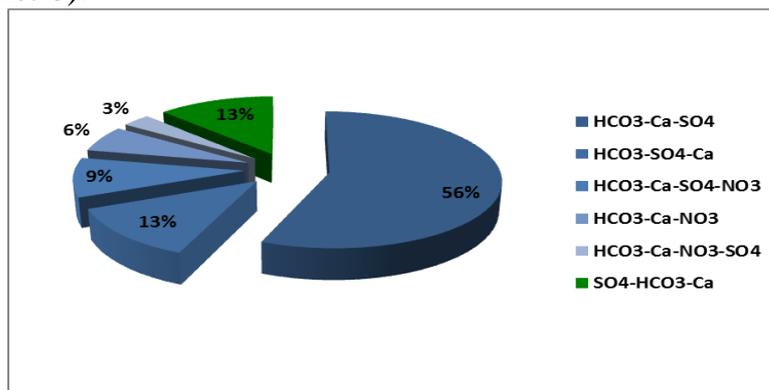


Рис. 8. Фациальный состав подземных вод шешминского терригенного водоносного комплекса по данным опробования родников

**Гидрокарбонатные воды** преимущественно пресные, минерализация изменяется от 392 до 1193 мг/дм<sup>3</sup>, со средней минерализацией 711,4 мг/дм<sup>3</sup>, 18% проб превышают значения ПДК.

Показатель концентрации водородных ионов изменяется от 6,5 до 7,7, при среднем значении 7,3, что отвечает нормируемым пределам [7, 10, 11]. Общая жесткость изменяется от 4,8 до 15 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация почти всех компонентов HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, NH<sub>4</sub>, Mg и (Na+K) находится в пределах ПДК, за исключением NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>. Концентрации NO<sub>2</sub> превышают значения ПДК (до 36 ПДК) в 25% пробах во время весеннего половодья, NO<sub>3</sub> (до 2,7 ПДК) в 18% проб.

**Сульфатные воды** пресные и слабосоленоватые, со средней минерализацией 996,3 мг/дм<sup>3</sup>. Показатель концентрации водородных ионов изменяется от 7,0 до 7,4 при среднем значении 7,2. Воды очень жесткие.

Концентрация почти всех компонентов находится в пределах ПДК, за исключением NO<sub>2</sub> (до 2 ПДК).

### Обсуждение результатов

В результате анализа более 200 проб отобранных из аллювиального четвертичного горизонта и шешминского водоносного комплекса были выделены классы подземных вод по преобладающему аниону (табл. 1).

Воды четвертичного водоносного горизонта, относятся к гидрокарбонатному сульфатному и хлоридному классам. Гидрокарбонатные воды в обоих источниках пресные, мягкие, превышающими ПДК являются соединения азота, а превышение железа характерно только для проб, отобранных из скважин. Сульфатные воды имеют меньшее распространение и кардинальные отличия химического состава грунтовых вод водозаборных скважин и родников. Для родников характерны пресные, мягкие воды с превышением ПДК по нитратам, тогда как для скважин солоноватые, жесткие воды с превышением ПДК по сульфатам и железу.

Таблица 1

Краткая характеристика подземных вод

Возраст	Источник	Класс воды	Кол-во проб, шт		Минерализация, мг/л <u>min-max</u> средняя	Жесткость, мг-экв/л	Макрокомпоненты превышающие ПДК
Q	родник	Гидрокарбонатный	12	8	<u>257-580</u> 458	5,4	NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>
		Сульфатный		4	<u>308-508</u> 375	4,1	NO <sub>3</sub>
	скважина	Гидрокарбонатный	22	18	<u>165-866</u> 523	6,3	NO <sub>3</sub> , Fe
		Сульфатный		3	<u>701-2149</u> 1305	16	SO <sub>4</sub> , Fe
		Хлоридный		1	490	6,3	-
P188	родник	Гидрокарбонатный	32	28	<u>392-1193</u> 711	8,9	NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>
		Сульфатный		4	<u>966-1016</u> 996	12,8	NO <sub>2</sub>
	скважина	Гидрокарбонатный	102	79	<u>229-1267</u> 573	7	NO <sub>3</sub> , Mg, Fe
		Сульфатный		21	<u>118-3140</u> 1420	17,7	SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Mg, Na+K, Fe
		Хлоридный		2	<u>398-855</u> 623	9,5	Cl, NO <sub>3</sub> , Mg

Воды шешминского водоносного комплекса, относятся к гидрокарбонатному сульфатному и хлоридному классам. Гидрокарбонатные воды в обоих источниках пресные, средней жесткости, превышающими ПДК являются соединения азота, а превышения железа и магния характерны только

для проб отобранных из скважин. Сульфатные воды от пресных до слабосоленых, жесткие, превышения ПДК зафиксированы в родниках по нитритам, а в скважинах по нитритам, сульфатам, магнию, железу и натрию с калием.

Хлоридные воды зафиксированы только в скважинах как в четвертичном, так и в шешминском водоносных подразделениях. Они преимущественно пресные, средней жесткости до жестких, концентрация хлора, нитратов и магния выше ПДК.

Необходимо отметить, что повышенные минерализация и жесткость подземных вод, а так же превышение ПДК по сульфатам характерны для сульфатных вод. Повышенные концентрация железа отмечены только в водозаборных скважинах. Азотные соединения имеют сезонную зависимость, нитриты зафиксированы в весеннее, а нитраты в летнее и осеннее время.

### ***Библиографический список***

1. Атлас Пермского края / Под ред. А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М., 2003.
3. ГН 2.1.5.2280-07. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения к ГН 2.1.5.1315-03. М., 2007.
4. Кивилева З.В., Ушакова Е.С. Современное состояние подземных вод в микрорайоне Заозерье (г. Пермь) // Геология в развивающемся мире. 2015.
5. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
6. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
7. ОСТ 41-05-263-86. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре.
8. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
9. Фролова И.В., Смолкин А.С. Геодинамическая обстановка в нижнем бьефе камской ГЭС (правобережная часть г. Перми) // Географический вестник. 2009. № 2. С.5-9.
10. Шукова И.В., Катаев В.Н. Подземные воды города Перми: монография. Пермь: Перм. гос. ун-т. 2006. 141 с.
11. Шукова И.В., Кивилева З.В. Качество воды водозаборных скважин в районах малоэтажной застройки городских агломераций // Успехи современной науки. 2016. № 11. С.87-89.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ КИЗЕЛОВСКОГО РАЙОНА

*В статье рассмотрены геоэкологические условия территории Кизеловского района 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 аномалии, гидрогеохимические аномалии, оценка экологического состояния, районирование, геоэкологический потенциал, Кизеловский угольный бассейн, Урал.*

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

<sup>1</sup>Perm State University

<sup>2</sup>Center of social initiatives» «Life Energy», Perm

## GEOECOLOGICAL ESTIMATION AND STABILITY OF NATURAL ENVIRONMENT OF KIZELOVSK DISTRICT

*The article geoecological conditions of the territory of the Kizel district of Perm region are considered. The main anthropogenic and natural geological factors are installed. Characteristics of geochemical and hydro-geochemical anomalous zones is given. Integrated geo-ecological zoning carried out. Map of ecological condition of the natural environment is composed. Assessment of environmental capacity and sustainability of natural systems is made.*

*Key words: geoecology, environment, anthropogenic factors, geological factors, geochemical anomalies, hydrogeochemical anomalies, assessment of the environmental condition, zoning, geo-ecological potential, Kizelovsky coal basin, Urals.*

**Введение.** Кизеловский муниципальный район (МР) расположен в центрально-восточной части Пермского края (общая площадь 1394 км<sup>2</sup>). Входит в состав Кизеловско-Губахинского промышленно-экономического района со специфическими экологическими проблемами. На его территории находятся месторождения и проявления каменного угля, входящие в Кизеловский угольный бассейн (КУБ), и это определило специализацию района – угледобывающая и химическая промышленность. Основные экологические проблемы связаны с освоением КУБ, эксплуатация которого осуществляется около 200: интенсивное загрязнение рек, водоемов, почв, атмосферного воздуха, промзон и территорий освоения месторождений полезных ископаемых, с интенсивное нарушение природных ландшафтов лесных и земельных ресурсов. Определенную опасность представляет трансграничное

загрязнение со стороны Свердловской области [4, 6]. Геолого-экологическую опасность также представляет развитие природных и природно-техногенных, экзогенных геологических процессов, особенно провальных явлений, связанных с карстом.

### **Характеристика природных и техногенных ландшафтов**

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

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

Территория относится к одной ландшафтно-климатической зоне, относящейся к группе горных среднетаежных ландшафтов и к одной области – Среднеуральской горно-таежной [26]. Горно-таежные ландшафты Среднего Урала характеризуются пермацидным (промывным) режимом с преобладанием атмосферных осадков над испарением. Промывной режим и интенсивное выветривание верхнего слоя земной коры ведут к резкому преобладанию выноса химических элементов над процессом их накопления. Исключение составляют депрессии и межгорные понижения. По особенностям водной миграции горно-таежные ландшафты относятся к классу кислых и кислых глеевых. Ведущее значение в рассматриваемой ландшафтно-геохимической зоне принадлежит биогенной миграции элементов в сочетании с физико-химическими и механическими процессами. Немаловажную роль играет техногенная миграция, в которую вовлекается все больше рассеянных элементов (выбросы предприятий, стоки, работа автотранспорта). Поверхностные воды, в основном, слабоминерализованные, существенно гидрокарбонатного состава.

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

На площади выделяются эрозионно-структурные депрессии, в пределах которых в геохимическом отношении довольно резко обособляются горизонты гумусовых дерново – подзолистых глеевых почв. В них интенсивно накапливаются такие элементы как цинк, медь, свинец, марганец, которые из группы рассеивающихся перешли в группу накапливающихся, кларки концентрации (КК) составляют 3-10 и выше.

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

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

Горно-холмистый рельеф осевой части Среднего Урала характеризуется низкогорным рельефом с широкими, мягко очерченными субмеридиональными хребтами. В отличие от области остаточных гор Западного склона, здесь развиты зоны гольцовой денудации, приуроченные к наивысшим абсолютным отметкам рельефа более 1000м (наибольшая высота 1119,4 м – г. Ослянка). Обе геоморфологические области расположены в зоне преимущественной денудации. Наиболее крупными денудационными типами рельефа являются олигоценовые, олигоцен-миоценовые и олигоцен-четвертичные поверхности, созданные комплексом денудационных процессов, срезающих древнее складчатое основание (цокольный пенеплен).

Долинный ландшафт с эрозионно-аккумулятивным и аккумулятивно-эрозионным рельефом включает комплекс террас и склонов современной гидросети. В долинах крупных рек (р Косьва) фрагментарно выделяются участки высокоцокольных террас (исетская, уфимская, кустанайская и наурзумская) и практически всюду (на крупных и малых реках) четко прослеживается комплекс террас (камышловская и режевская) и поймы. Осадки представлены галечниками, песками, глиной. Преобладают луговые и лугово-болотные почвы, разнотравные и осоково-кочкарные луга [11].

В результате хозяйственной деятельности человека происходит исчезновение естественных природных комплексов или их отдельных компонентов, возникают антропогенные ландшафты, которые сохраняют отдельные черты коренных ландшафтов и часто включают фрагменты естественных экосистем. Природные (естественные) или малоизмененные ландшафты представлены преимущественно лесными, луговыми и болотными разновидностями, сохранившимися в удалении от городских и промышленных территорий и испытывающими минимальное техногенное воздействие. Из этих ландшафтов первичные леса занимают 25 % территории; вторичные леса – 50 %, выруб – 10%. Сельскохозяйственные комплексы являются

трансформированными антропогенными модификациями природных ландшафтов и характеризуются заменой естественной растительности на сельскохозяйственные культуры, к ним относятся пашни. Сельскохозяйственные земли распространены фрагментарно и занимают в западной части района небольшую площадь – до 7 %.

Техногенно-измененные ландшафты – пространственно приурочены к селитебным и промышленным зонам, а также выделяются, как линейные промышленные объекты (железные, шоссейные и грунтовые дороги; линии электропередач; газопроводы).

Техногенно-образованные ландшафты характеризуются существенными нарушениями природных зон (угольные терриконы, отвалы пород, отстойники, свалки, дражные отвалы и др.).

#### Геодинамическая и геохимическая устойчивость и защищенность подземных вод.

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

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

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

В состав Кизеловского МР с административным центром в городе Кизел входят одно городское и четыре сельских поселения. Территория в западной части насыщена шахтерскими поселками, крупнейшие из них – г. Кизел, пгт. Северный Коспашский, Центральный Коспашский, Южный Коспашский, Шахта, Рудничный; всего 18 населенных пунктов (рис.1).

Угледобывающая промышленность в КУБ развивалась до 1997 г.; уголь добывался на 16 шахтах (в т.ч. 4 – в Кизеловском муниципальном районе) – добыча осуществлялась ОАО «Кизелуголь». Другие виды промышленности, в большей части, обеспечивали производство, ремонт и обслуживание горношахтного оборудования. В настоящее время все шахты законсервированы и закрыты.

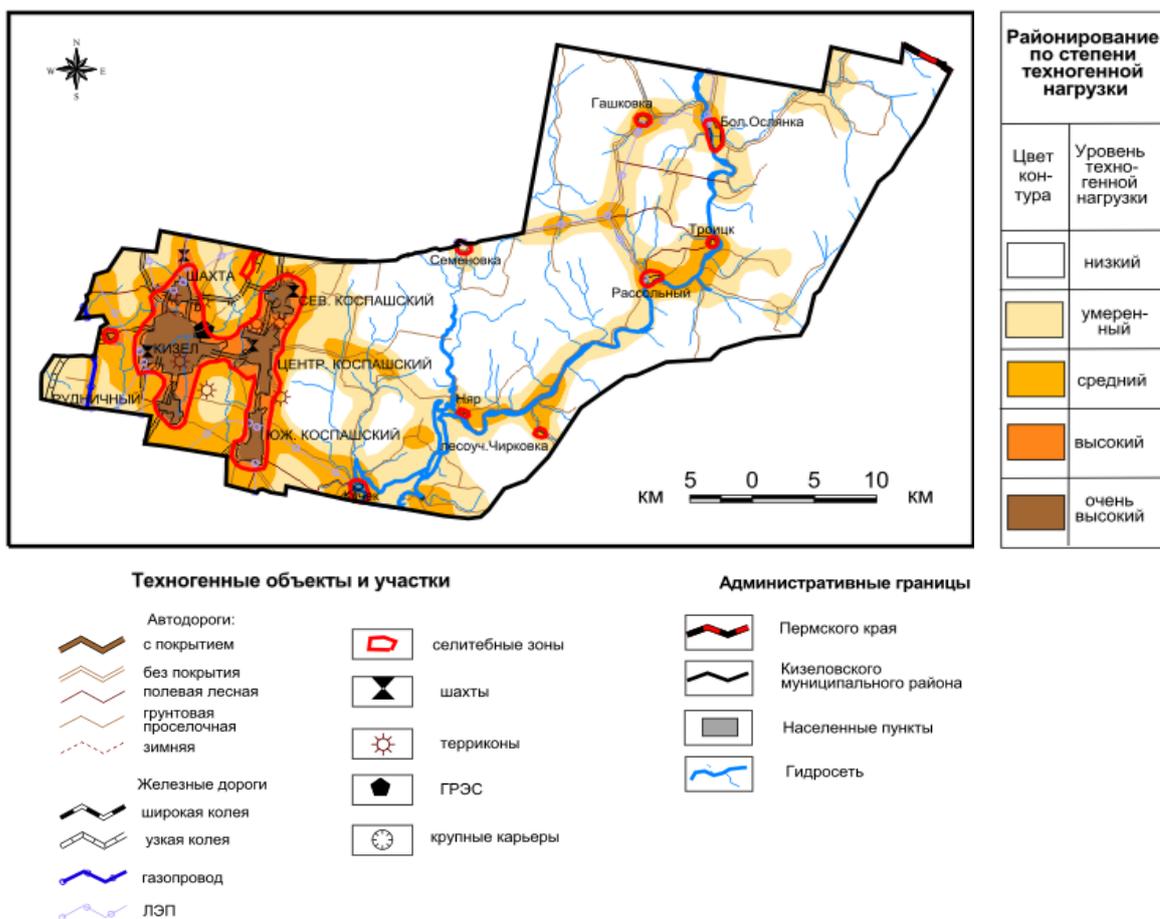


Рис. 1. Карта техногенных факторов экологических условий Кизеловского района

Экономику района представляют промышленные, строительные и лесозаготовительные предприятия и организации – ООО «Западно-Уральский крановый завод», ООО «Кизеловский машиностроительный завод», ОАО «Строитель-2», ООО «Деревообрабатывающая компания», ООО «Западно-Уральская лесопромышленная компания», ЗАО «Кама-лес», Кизеловский лесхоз, швейная фабрика ООО «Инициатива», ЗАО «Кизелкомполит», типография. Производством и переработкой сельскохозяйственной продукции занимаются ООО «Кизеловский рыбцех», хлебокомбинат, ИП «Кизеловский молокозавод». Агропромышленный комплекс представлен главным образом подсобными и небольшими фермерскими хозяйствами. Электроэнергетикой район обеспечивает «Кизеловская ГРЭС-3», использующая как топливо уголь и газ. В транспортном отношении район освоен слабо. Проходит электрифицированная железнодорожная линия Чусовская - Соликамск (ее протяженность в пределах территории 22 км) с ответвлениями: Няра - Южный, Кизел - Шахта, Обогащитель - Южный Коспашский, Обогащитель-Северный Коспашский. Имеются лесовозные узкоколейные железные дороги: разъезд Расик - Усолка, Северный Коспашский - Верхняя Косьва. Плотность автодорожной сети (км на 100 км<sup>2</sup>) всего 8,83, в том числе с твердым

покрытием - 7,92, из них с усовершенствованными - 1,66. В западной части района проходит небольшой участок газопровода.

В настоящее время в большей части района, в связи с прекращением добычи угля, сложилась катастрофическая ситуация. Наиболее существенное воздействие на геологическую среду района оказывают отходы угледобычи и углеобогащения, складываемые в отвалы и шахтные воды, сбрасываемые в речную сеть. Отмечаются различные виды техногенных и природно-техногенных процессов: горные удары, землетрясения, изменения гидрогеологических условий, активизация карста, изменение рельефа, загрязнения подземных и поверхностных вод, почв и грунтов. Длительная эксплуатация бассейна привела к формированию нескольких депрессионных воронок в надугольном карбонатном водоносном комплексе с понижением уровня подземных вод от 50 до 150 м за счет шахтного водоотлива. Одна из актуальных геоэкологических задач, связанной с закрытием и реструктуризацией предприятий угольной промышленности, связана с затоплением шахт после ликвидации шахтного водоотлива и восстановлением естественного уровня залегания подземных вод, сниженного на десятки и сотни метров при ведении горнодобычных работ. При ликвидации и затоплении горных выработок, занимающих площадь в десятки квадратных километров, возникают условия для широкого и масштабного загрязнения подземных вод. На территории шахтных полей КУБ в результате их затопления образуются техногенные водоносные горизонты шахтных вод, мощность которых может достигать 25-30 м, область распространения - до 20 км<sup>2</sup>.

Добыча угля в Кизеловском бассейне обусловила нарушение земель, сочетающее деформированные над выработками поверхности (провалы, воронки), отвалы пород. Общая площадь нарушенных земель, по данным Б.А. Бачурина [2], составляет более 720 га, из которых около 330 га занято промплощадками ликвидированных шахт и около 300 га задействовано под размещение отходов горного и обогатительного производства (53 отвала с объемом складированной породы более 24 млн. м<sup>3</sup>). Породы отвалов содержат ряд микроэлементов, некоторые из которых относятся к категории экотоксикантов. Для большинства из них (Sc, Zr, Be, Y, Ge, Ti, Ni, Co, Zn и Mn) отмечается повышенное содержание. Расчетный суммарный индекс загрязнения (Zc) угольно-породных отвалов показывает, что по существующей градации уровень их загрязнения колеблется от умеренного до высокого.

В результате выветривания материала отвалов возникают растворимые соединения, поступающие в стоки, объем которых достигает 2,0-2,5 тыс. т с 1 га отвальной поверхности. Стоки в свою очередь, поступают в поверхностные водотоки и подземные воды. Они имеют, кислую реакцию (pH 1 – 3) и минерализацию до 50 мг/л и более. В стоках содержатся значительные концентрации сульфат-иона, железа, алюминия, тяжелых металлов. Пирит способствует развитию в отвалах сернокислотного гидролиза, способствующего активизации миграционных процессов. Ветровой разнос пыли с отвалов происходит в меньших масштабах (400 т с 1 га отвалов), однако их влияние на загрязнение распространяется на расстояние более 2 км.

Увеличение газопылевого поступления загрязнения наблюдается при самовозгорании пород отвалов. Загрязнение почв и растительности на территории Кизеловского промышленного района Б.А. Бачурин [2] оценивает как умеренно опасное. Основному загрязнению подвержены верхние горизонты почвенного покрова и участки понижений рельефа, концентрирующие содержащиеся в потоках подвижные формы микроэлементов.

Размещение отвалов по берегам рек приводит к поступлению их материала в русла и его перемещению на значительные расстояния. Установлено сильное загрязнение донных отложений рр. Косьва (ниже Губахи), Кизел и Вильва (ниже Кизела), влияющее на качество воды вплоть до устьев этих водотоков и далее по рекам-водоприемникам (Усьва, Яйва) до Камского водохранилища.

В Кизеловский пруд поступали стоки с 17 шахт. Мощность накопленных в нем антропогенных техногенных осадков колеблется от 0,5 до 7,0 м, их общий объем оценивается в 1,2 млн. м<sup>3</sup>. Техногенные донные отложения представляют собой уплотненную угольно-породную смесь, содержащую гидроокиси металлов и микроэлементов, вымываемые паводковыми водами. В результате воды по химическому составу становятся близкими к кислым шахтным водам (рН 2,7 – 3,6), содержат в сверхнормативных концентрациях железо (до 100 мг/дм<sup>3</sup>), алюминия (до 30 мг/ дм<sup>3</sup>), а также Be, V, Cd, Co, Mn. Снижение концентраций отмеченных элементов до норм ПДК за счет природного выщелачивание техногенных осадков произойдет не ранее, чем через 10 лет при условии осуществления рекультивационных мероприятий и исключения поступления новых стоков с породных отвалов.

Еще одним негативным фактором, влияющим на экологическую обстановку Кизеловского бассейна является самоизлив шахтных вод. Шахты Кизеловского угольного бассейна в период эксплуатации были одними из самых обводненных в стране (водоприитоки достигали 2800 – 3500 м<sup>3</sup>/час). Шахтные воды имели минерализацию до 11 000 мг/л, характеризовались повышенной кислотностью (рН 2,3 – 3,5), большим содержанием сульфатов (до 7000 мг/л), железа (до 2500 мг/л), алюминия (до 420 мг/л), сверхнормативным содержанием целого ряда микроэлементов (Be, Co, Li, Ni, Mn, Pb, Zn и др.). Сброс шахтных вод приводил к загрязнению поверхностных водотоков на протяжении десятков километров.

С прекращением в 2002 г. добычи угля в Кизеловском бассейне и затоплением шахт экологическая обстановка ухудшилась. В течение нескольких лет произошло восстановление уровня подземных вод и самоликвидирование сформировавшихся под влиянием шахтного водоотлива депрессионных воронок. Подъем уровня вод в шахтном пространстве привел к формированию самопроизвольного излива подземных вод на поверхность и к поступлению их в гидросеть изученной площади. Изменений химического состава шахтных вод не произошло, напротив, в ряде случаев концентрация загрязняющих веществ повысилась. В настоящее время самопроизвольный излив шахтных вод, происходит на 14 участках Кизеловского бассейна. Суммарный объем поступления самоизлившихся шахтных вод в реки достигает

2,5 тыс. м<sup>3</sup>/час. Зафиксировано поступление этих вод в 19 рек, 15 из которых выведены в связи с этим из хозяйственного использования. Постоянно фиксируются экстремально высокие уровни загрязнения даже таких крупных рек, как Косьва, Вильва, и Яйва.

Нарастающее антропогенное воздействие на природную среду, изменение и разрушение мест обитания ведут к уменьшению численности и даже к полному исчезновению ряда видов растений и животных. В «Красную книгу Среднего Урала» занесены некоторые виды животных, обитающих на площади: обыкновенный еж, северный кожанок, водяная ночница, болотный лунь, филин, воробьиный сыч, ястребиная сова, бородастая неясыть, жужелица ребристая, шмель белтеатус, а также 15 редких видов растений, в том числе астра альпийская, венерин башмачок пятнистый, кубышка желтая [34].

### **Природно-геологические факторы воздействия на окружающую среду и геолого-экологические условия**

*Инженерно-геологические условия и районирование.* Территория Кизеловского района 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) [28, 31].

По инженерно-геологическому районированию Кизеловский район расположен 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. Выделяется несколько инженерно-геологических районов и участков.

Инженерно-геологические формации. В пределах района 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 (туффыты, 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. 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. 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 [21].

**Неотектоническая, сейсмическая активность и геодинамическая опасность.** Территория района по ОСР-97-С относится к территориям 7-балльной сейсмической опасности [8]. По схеме сейсмического районирования

Среднего Урала масштаба 1: 1 000 000 [7], на рассматриваемой площади выделены потенциально сейсмоопасные зоны, протягивающиеся в северо-западном направлении.

По картам неотектонической активности и геодинамических активных зон Пермского края масштаба 1: 500 000 (Копылов и др., 2004ф), в пределах данного района выделялась крупная площадная геодинамическая активная зона [9]. По данным аэрокосмогеологических исследований (Копылов, Хурсик, 2010ф) эту зону пересекает несколько линейных региональных мобильных геодинамических зон северо-восточного простирания, а сама крупная аномальная зона по плотности линеаментов и мегатрещин «разбивается» на ряд более мелких). 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 (рис. 2) [13, 14].

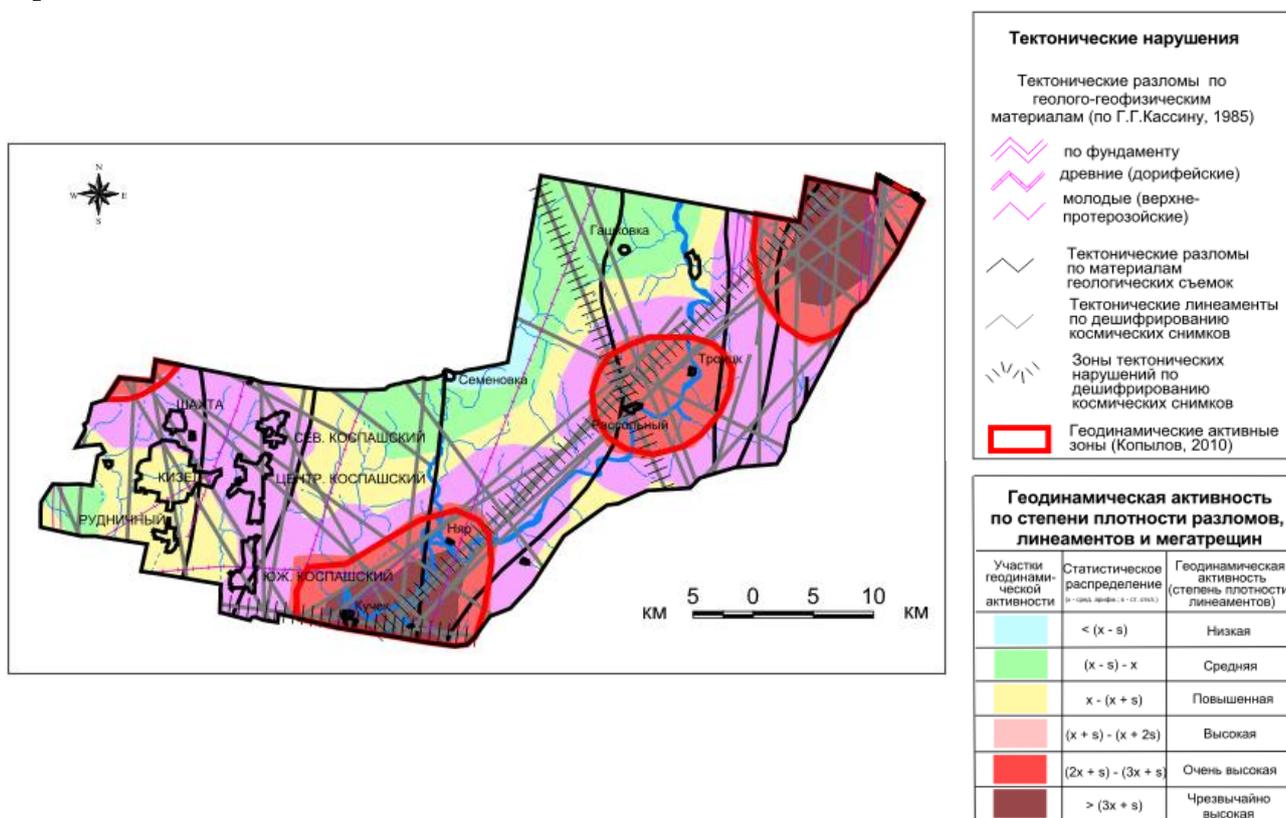


Рис. 2. Карта геодинамических активных зон и геодинамической опасности Кизеловского района

Геодинамические активные зоны имеют рудоконтролирующее и геопатогенное значение (известны случаи, когда геологи, находясь в этих зонах, изучая проявления полезных ископаемых, получали серьезные заболевания). Геодинамические активные зоны также являются потенциально опасными аварийными участками на инженерных сооружениях (нефтегазопроводах, железных дорогах, ЛЭП и др), и особенно – в высоко урбанизированных

городских территориях, где вероятны чрезвычайные ситуации с экологическими последствиями [10, 30, 35].

**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 (рис. 3).

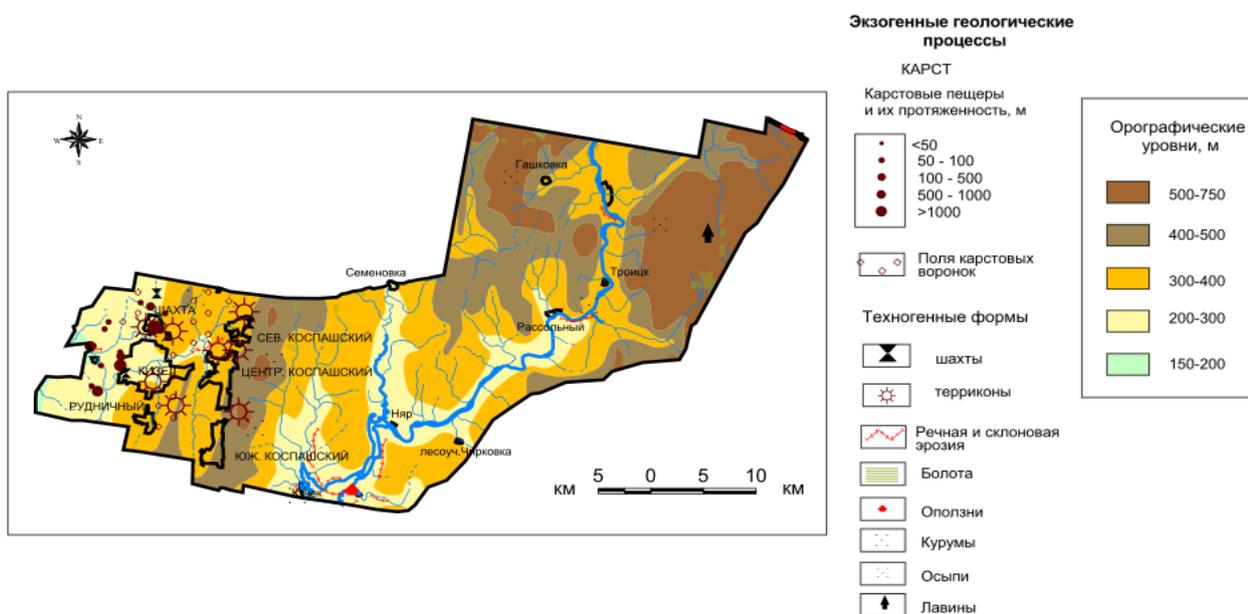


Рис. 3. Карта экзогенных геологических процессов Кизеловского района

Территория расположена в пределах Уральской карстовой страны; занимает часть Западно-Уральской и Центрально-Уральской карстовых провинций находится в пределах Яйвинско-Кизеловского района карбонатного [36]. Карстовые явления развиваются преимущественно в известняках и доломитах карбона и девона. Наиболее закарстованы доломиты верхнего девона, химически чистые визейские известняки (плотность воронок в среднем – 50-60, до 259 шт/км<sup>2</sup>). Менее интенсивно карст протекает в известняках и доломитах среднего и верхнего карбона (плотность воронок в среднем – 5-20 и менее шт/км<sup>2</sup>). 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. Подземные формы представлены пещерами, каналами, кавернами. В районе насчитывается 15 пещер, самой значительной из которых является Кизеловская Виашерская (протяженность 7600 м), а также – Кизеловская Медвежья (710 м), Колбасная (180 м), Расик (140 м), другие пещеры – менее 100 м

Современный и древний карст проявляется на поверхности в образовании мульд оседания, расширенных участков долин, нередко заполненных водой или заболоченных. Отмечается проявление техногенного карста. Данный природно-антропогенный процесс в Кизеловском районе малоизучен, специфика этой разновидности карста – его развитие в зоне непосредственного воздействия технической деятельности. Происходят процессы оседания земной поверхности над отработанными горными выработками.

### ***Эколого-гидрогеохимические и геохимические условия***

**Эколого-гидрогеохимические условия.** По материалам региональных геоэкологических исследований (Копылов и др., 2001ф) в центральной и южной частях рассматриваемой территории (на площади около 521 км<sup>2</sup>) расположена Косьвинская гидрогеохимическая аномальная зона (АЗ) (рис. 4).

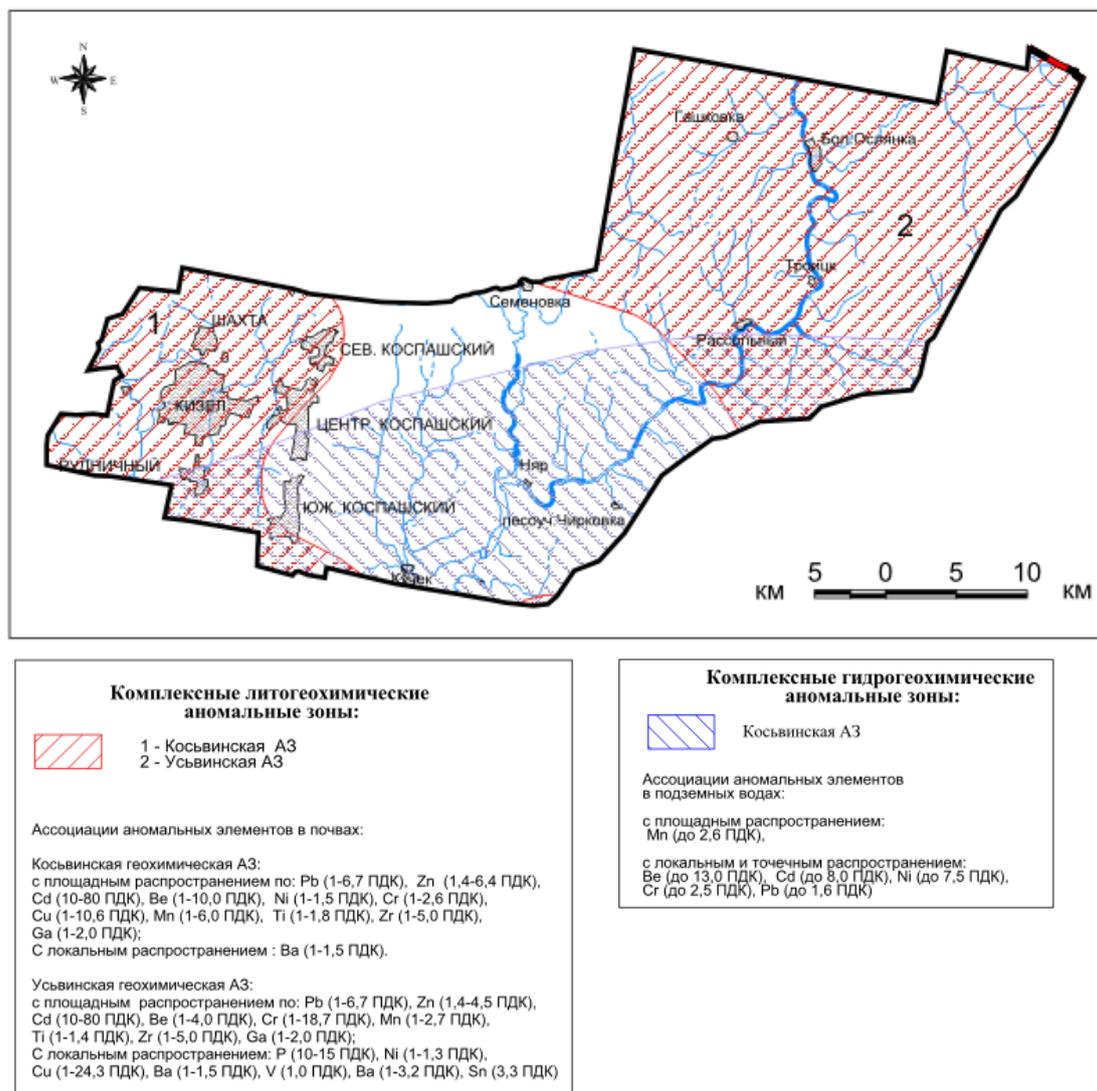


Рис. 4. Карта геохимических и гидрогеохимических аномальных зон Кизеловского района

Приурочена она к водоносным подразделениям рифейско-вендских терригенных и метаморфических кварцитовидных пород. Изоминеры соответствуют значениям 0,2-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Площадными можно считать 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) [16, 18, 19, 22].

Эколого-геохимические условия. На рассматриваемой территории по материалам ландшафтно-геохимических исследований (Копылов и др., 2004ф) расположены 2 крупных геохимические аномальные зоны: Косьвинская и Усьвинская [15, 17, 24] (рис. 4).

*Косьвинская геохимическая АЗ* расположена в западной части района в бассейне р. Кизел. В структурно-тектоническом отношении она расположена в ЗУЗС (южной части Западно-Кизеловского вала). Площадь аномалии около 2500 км<sup>2</sup>. Выделяется как площадная аномалия по: Pb (1-6,7 ПДК, 90% площади АЗ), Zn (1,4-6,4, 45%), Cd (10-80, 50%), Be (1-10,0, 90%), Ni (1-1,5, 50%), Cr (1-2,6, 90%), Cu (1-10,6, 40%), Mn (1-6, 70%), Ti (1-1,8, 50%), Zr (1-5, 95%), Ga (1-2,0 ПДК, 90% площади АЗ). С локальным распространением Ba (1-1,5 ПДК, 10% площади АЗ).

*Усьвинская геохимическая АЗ* расположена в восточной части района, в бассейне верховьев р. Косьвы, в пределах ЦУП, на площади 615 км<sup>2</sup>. Выделяется как площадная аномалия по: Pb (1-6,7 ПДК, 90% площади АЗ), Zn (1,4-4,5, 90%), Cd (10-80, 30%), Be (1-4, 60%), Cr (1-18,7, 60%), Mn (1-2,7, 60%), Ti (1-1,4, 30%), Zr (1-5, 95%), Ga (1-2, 90% площади АЗ). С локальным распространением: P (10-15 ПДК, 5%), Ni (1-1,3, 5%), Cu (1-24,3, 15%), Ba (1-1,5, 10%), V (1,0, 5%), Ba (1-3,2, 10%), Sn (3,3 ПДК, 3% площади АЗ).

Генетическая природа этих АЗ 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.

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

Комплексная оценка геолого-экологических условий Кизеловского МР была выполнена при геоэкологическом картографировании Пермского края по комплексу геоэкологических критериев (Копылов и др., 2000ф) и, более поздним геоэкологическим оценкам авторов [1, 5, 12, 20, 27, 33]. За прошедший период общее состояние природной среды изменилось незначительно, в настоящее время дается следующая интегральная оценка (рис. 5).

Территории с благоприятными и удовлетворительными экологическими условиями (менее 20 баллов) выделены локально в северной части (до 5 %). К ним относятся площади с природными условно-естественными лесными или природно-антропогенными ландшафтами, в целом имеют благоприятную (допустимую) степень нарушенности среды, отвечают уровню экологической нормы. Характеризуются редким развитием слабых по интенсивности и локальных по распространенности природных процессов. Геохимические аномалии отсутствуют, или незначительно превышающие ПДК, имеют локальный характер.

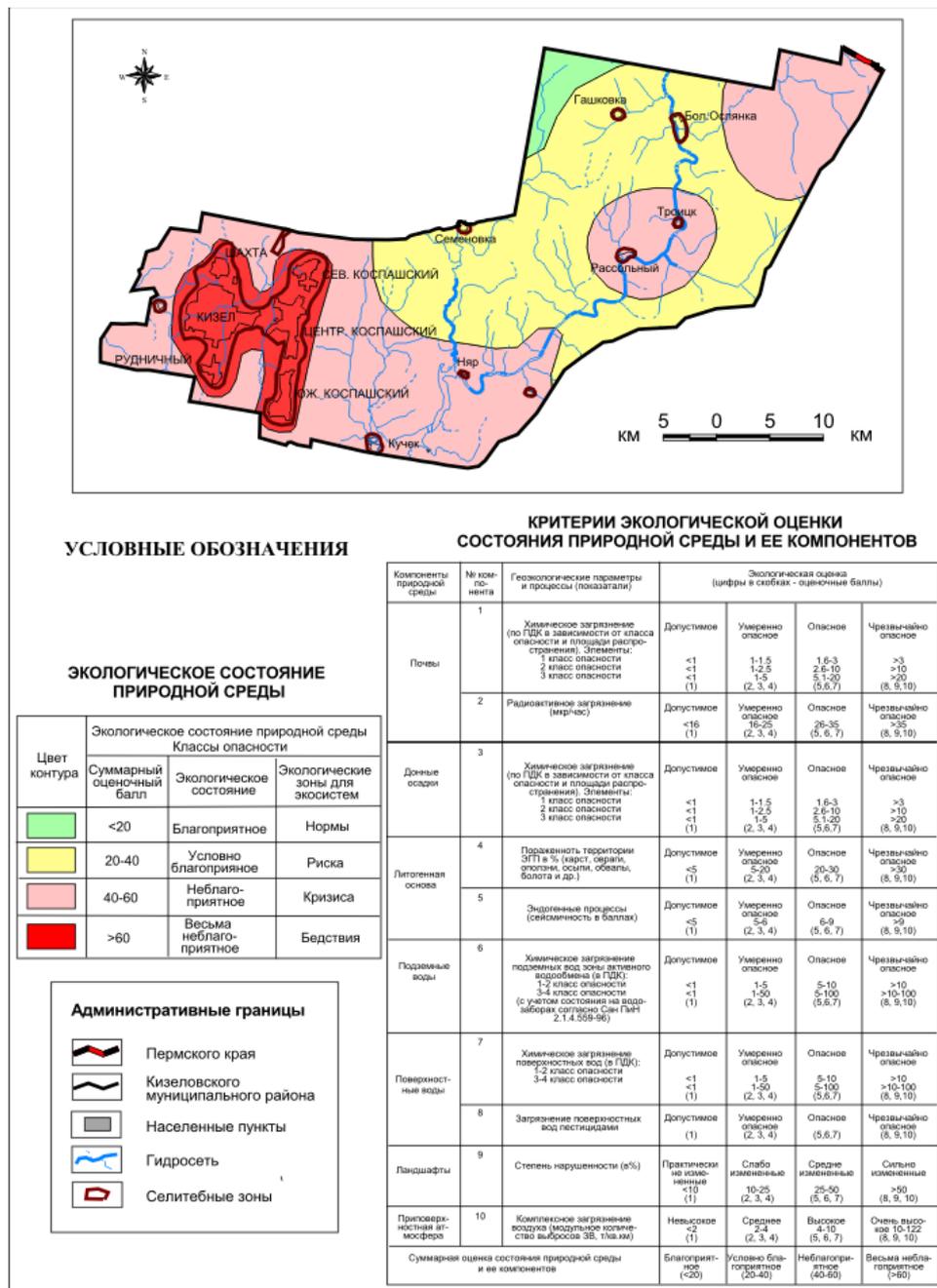


Рис. 5. Карта экологического состояния природной среды Кизеловского района

Техногенная нагрузка незначительна или отсутствует. Наибольшее распространение (45 %), преимущественно в восточной половине района имеют территории с напряжённой степенью опасности. Характеризуется условно благоприятными экологическими условиями (20-40 баллов) и входят в зону экологического риска. Определяющими ЭП являются, заболачивание, овражная и склоновая эрозия, осыпи. Техногенная нагрузка: в основном предприятия лесозаготовительного и реже другого профиля. Локальные геохимические аномалии – отмечается загрязнение почвогрунтов, подземных и поверхностных вод до уровня 8 ПДК, реже – выше.

Большое распространение, около 40% территории, преимущественно в западной половине, имеют участки с неблагоприятными экологическими

условиями (40-60 баллов), входят в зону экологического кризиса. Участки с кризисными геоэкологическими условиями приурочены главным образом к территориям, где развиты различные промышленные комплексы и селитебные ландшафты. Для них характерно значительное изменение природных ландшафтов, а также площадное химическое загрязнение с высоким уровнем превышения ПДК. Определяющими ЭГП являются, карст, а также гравитационные процессы (курумы, осыпи, склоновые процессы и др.) в горной части района, а также имеются крупные геодинамические активные зоны.

Выделен район с весьма неблагоприятными экологическими условиями (более 60 баллов), охватывающий промышленно-селитебные зоны города Кизел и шахтерских рабочих поселков. Занимает площадь 10 %. В этом районе сказывается влияние всех факторов с явным преобладанием техногенного. Активно развит карст. Установлены обширные геохимические аномалии по всем средам с ореолами и потоками с чрезвычайно опасной степенью загрязнений, достигающих 32 и более ПДК. Этот район классифицируется, как территория с катастрофическим экологическим состоянием природной среды, отвечает категории экологического бедствия. Здесь отмечается самый высокий уровень заболеваемости населения.

#### **Геоэкологический потенциал и устойчивость природных комплексов**

В настоящее время при экологической оценке территорий используется понятие геоэкологического потенциала природных систем и комплексов. Его носителем является способность природы к самовосстановлению. Чем большим потенциалом устойчивости обладают экосистемы - тем больше чистого воздуха, воды, пищи достанется, в конечном счете, человеку. Устойчивость экосистем - это сложный комплекс адаптивных реакций, позволяющий ассимилировать загрязнение среды. Для интегральной характеристики экологического потенциала природных экосистем используется комплекс показателей характеризующих массу, продуктивность и структурное разнообразие сохранившихся участков живой природы. На основе анализа ландшафтно-геологических систем составлена карта геоэкологического потенциала и устойчивости природных комплексов района с ранжированием по 4 уровням геоэкологической устойчивости – от очень низкой до высокой [23]. На территории Кизеловского района отмечается преобладание средней (более 80% территории) экогеохимической и геодинамической устойчивости природных комплексов, участки с высокой, низкой и очень низкой устойчивостью расположены локально (рис. 6).

#### **Мероприятия по охране и улучшению окружающей среды**

Экологическая политика в Пермском крае направлена на уменьшение образования отходов, внедрение экологически безопасных методов их обезвреживания, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу, водоемы, почвы, сохранение лесных ресурсов. В Пермском крае разработан и реализуется ряд экологических проектов с природоохранными мероприятиями: «Чистая вода», «Чистый воздух», «Решение проблемы карстовых пустот», «Лесной план» и др. Эти мероприятия актуальны и для Кизеловского МР. В проекте «Чистая вода» одной из важнейших задач является «Экологическая

реабилитация промышленных территорий Кизеловского угольного бассейна в связи с закрытием шахт».

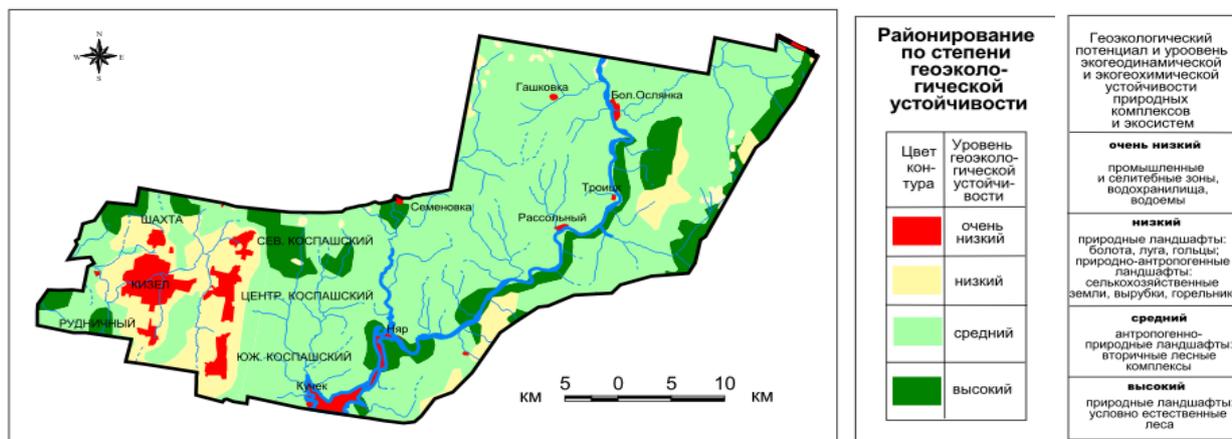


Рис. 6. Карта геозоологического потенциала и устойчивости природных комплексов Кизеловского района

Необходимо продолжить осуществление комплекса мероприятий по совершенствованию технологии производства на промышленных предприятиях с целью снижения выбросов вредных веществ, уменьшения стоков. Чтобы полностью исключить сброс сточных вод в водоемы необходимо создавать оборотные системы водоснабжения не только в пределах отдельных предприятий, но и в масштабах промышленных узлов и районов. Прямоточная система водоснабжения по схеме: водоем – технология – очистные сооружения – водоем экономически невыгодна и экологически ненадежна. Замкнутый цикл водообеспечения не требует глубокой очистки сточных вод (достаточна лишь технологически приемлемая схема), поэтому он значительно дешевле и при нем полностью прекращается сброс сточных вод в водоемы [3].

С целью сохранения, а в некоторых случаях и улучшения состояния окружающей среды необходимо организовать экологический мониторинг на наиболее опасных участках загрязнения, а также на особо важных объектах. Представленный комплекс карт может служить основой для организации экологического мониторинга. На участках выделенных локальных экогеохимических аномалий следует провести детальное изучение почво-грунтов, донных осадков, поверхностных и подземных вод, снежного покрова, биогеохимические и медико-биологические исследования. Рекомендуется составление карт периодического контроля за состоянием природной среды через каждые 2-3 года. Оперативный контроль на выделенных участках для проведения комплексного мониторинга следует проводить ежегодно [23].

Особое внимание следует обратить на участки с повышенной геодинамической активностью. Необходимо провести детальную оценку геодинамической опасности территории селитебных и промышленных зон, крупных и инженерных объектов и трасс линейных сооружений с применением аэрокосмогеологических методов с целью выявления потенциально опасных

участков возникновения чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями [29].

Важным экологическим направлением является развитие и модернизация комплекса ООПТ. Создание природных парков с необходимым природоохранным обустройством и квалифицированным персоналом позволит: сохранить уникальные природные объекты, предотвратить деградацию экосистем, снизить риски здоровью населения, приведет к повышению экологической культуры людей. В качестве обеспечивающих направлений рассматривается: актуализация «Перспективной схемы развития земель природно-заповедного фонда Пермского края»; создание других местных, региональных ООПТ доступных для эколого-познавательной деятельности; формирование на базе существующих ООПТ и других земель со специальным режимом охраны природы экологической сети (каркаса) территорий в районах существенной антропогенной нагрузки.

### **Библиографический список**

1. Атлас Пермского края / Под редакцией А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Бачурин Б.А. Экологические проблемы горнопромышленных районов пермского края // *Экология и промышленность России*. 2006. № 4. С. 32-35.
3. Гаев А.Я. Охрана окружающей среды, или введение в геоэкологию. Пермь: ПГУ, 2001, 243 с.
4. Грязнов О.Н. Природно-технические системы - универсальные системы взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды // *Известия Уральского государственного горного университета*. 2015. № 4 (40). С. 5-10.
5. Даль Л.И., Копылов И.С. Региональные техногенные факторы и их воздействие на природную среду Пермского края // *Современные научные исследования и инновации*. 2016. № 7 (63). С. 288-294.
6. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края за 2000-2017 гг. / Официальный сайт «Природа Пермского края»: <http://www.pertmecology.ru>.
7. Кашубин С.Н. и др. Схема сейсмического районирования Среднего Урала масштаба 1 000 000. «Баженовская геофизическая экспедиция», Екатеринбург, 1998.
8. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. М., 1999. 57 с.
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. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.
12. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
13. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
14. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
15. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного

распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 16-34.

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

18. 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.

19. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 468-484.

20. Копылов И.С. 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. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47.

23. Копылов И.С. Экологические условия Кизеловского муниципального района / Отчет по составлению экологического раздела для разработки Схемы территориального планирования Кизеловского муниципального района. ООО Мастер СВ. Пермь. 2010. 34 с.

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. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.

27. 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.

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. 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.

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. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 102-112.

32. 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.

33. Копылов И.С., Наумов В.А., Спаский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5. С. 678.

34. Красная книга Среднего Урала. Свердловская и Пермская области. Екатеринбург: Уральский университет, 1996, 278 с.

35. 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.

36. Назаров Н.Н. Карст Прикамья. Физико-географические (геоморфологические) аспекты. Изд-во Перм. ун-та, Пермь, 1996. 95 с.

**А.М. Морева, И.С. Репин**  
Пермский государственный национальный исследовательский  
университет

## **ОСОБЕННОСТИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В Д.ПАВЛОВО (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)**

*Изучена экологическая проблема химического и нефтяного загрязнения бассейна реки Тураева в районе Павлово на Кокуйском газонефтяном месторождении.*

*Ключевые слова: загрязнение гидросферы, нефть, химический состав, подземные и поверхностные воды, Кокуйское газонефтяное месторождение.*

**A.M. Moreva, I. S. Repin**  
Perm State University

## **FEATURES OF OIL POLLUTION IN PAVLOVO (PERM KRAI)**

*Environmental problem of chemical and oil pollution river basin Turaeva in the area of Pavlovo for Kokuyskoye oil and gas field were studied .*

*Key words: pollution of the hydrosphere, oil, chemical composition, groundwater and surface water, Kokuyskoye oil and gas field.*

### **Введение**

Более 20 лет в Пермском крае в Кунгурском и Ординском районах существует и развивается серьезная экологическая проблема, связанная с разработкой Кокуйского газонефтяное месторождение и загрязнением окружающей среды в населенных пунктах (особенно – в д.Павлово). Кокуйское газонефтяное месторождение (расположено в 28 км юго-западнее г. Кунгура) открыто в 1961 г., эксплуатируется с 1965 г. ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» (рис. 1).

Разработка ведется в сложных инженерно-геологических условиях, вызванных развитием карстовых процессов в пермских отложениях в условиях высокой тектонической трещиноватости.

Впервые залповый выброс нефти вблизи д. Павлово произошел 18 апреля 1997 г. Вода в реке покрылась плёнкой нефти 20 сантиметровой толщины. В воздухе стоял специфический запах. В 250 метрах выше деревни, в месте выхода из горы реки Тураевка, обнаружили выделения нефти, в течение 10 дней последствия аварии были ликвидированы [1].

После этого встал вопрос об изучении источников, механизмов и возможных причинах нефтяного загрязнения, а также вопрос оценки экологического состояния в д. Павлово.

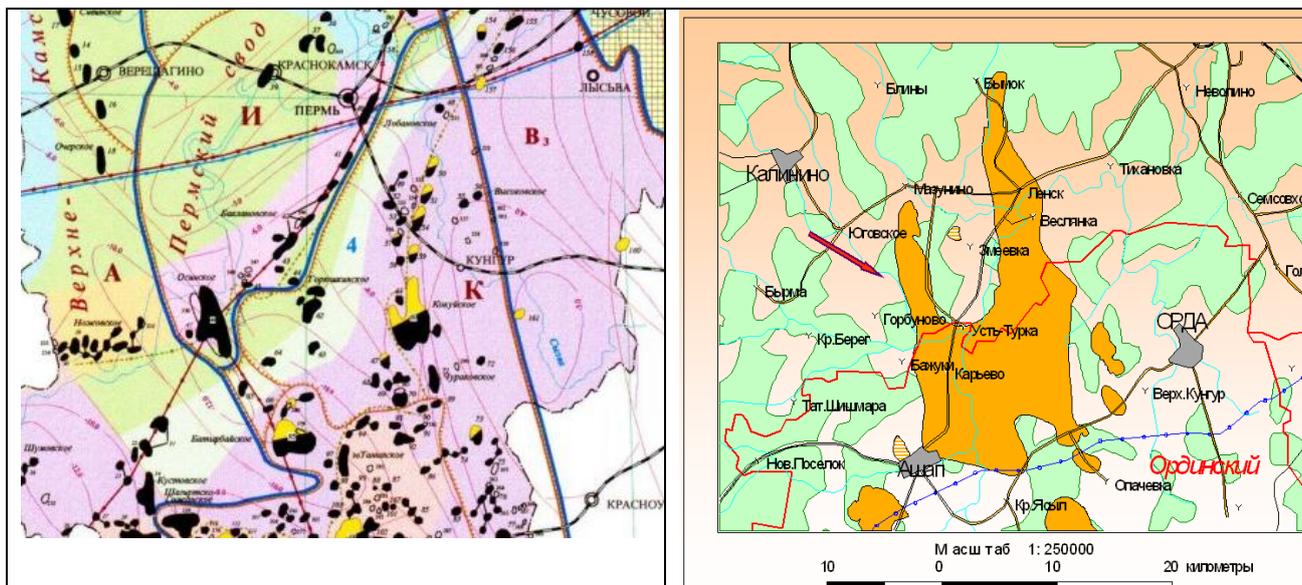


Рис. 1. Район исследований на карте нефтегазоносности Пермского края

Специалистами Горного института УрО РАН, ООО ПермНИПИнефть, ПНИКИ ДЭП, Госсанэпиднадзора, Пермского центра по гидрометеорологии, ПГНИУ и др. был осуществлён большой комплекс исследований для выявления источников, причин и механизмов загрязнения [5].

В ходе изучений было установлено, что наибольшую опасность для здоровья населения представляет не нефть, а нефтепродукты и сопутствующие компоненты. Так превышение ПДК по содержанию нефтепродуктов в воде Тураевки было увеличено в 4-5 раз, а в атмосферном воздухе – по углеводородам.

После жалоб населения и проведённых исследований, по рекомендации учёных и надзорных органов нефтяниками был осуществлён комплекс природоохранных мероприятий. В местах выхода нефти были сооружены нефтеловушки. Локализация выхода нефти облегчает ее сбор и обезвреживание.

### **Геолого-гидрогеологические условия**

В тектоническом отношении Кокуйское месторождение расположено в пределах Бымско-Кунгурской впадины. Поверхность на большей части площади представляет собой слаборасчлененное плато, прорезанное сетью глубоко врезанных эрозионно-карстовых долин и суходольных логов. Основной особенностью изучаемого района является повсеместное развитие сульфатно-карбонатного карста. Земная поверхность осложнена карстовыми формами рельефа, повсеместно развиты кары, поноры, воронки, котловины, овраги, рвы, лога, пещеры.

Движение глубинных вод на территории района происходит как по вертикали, так и в латеральном направлении через сеть линейных трещинно-разрывных структур, отображённых в строении земной поверхности прямолинейными линеаментами. В пределах месторождения выявлена неравномерно плотная сеть прямолинейных линеаментов, предположительно

отображающих субвертикальные трещинно-разрывные структуры осадочного комплекса [2-4] (рис. 2).

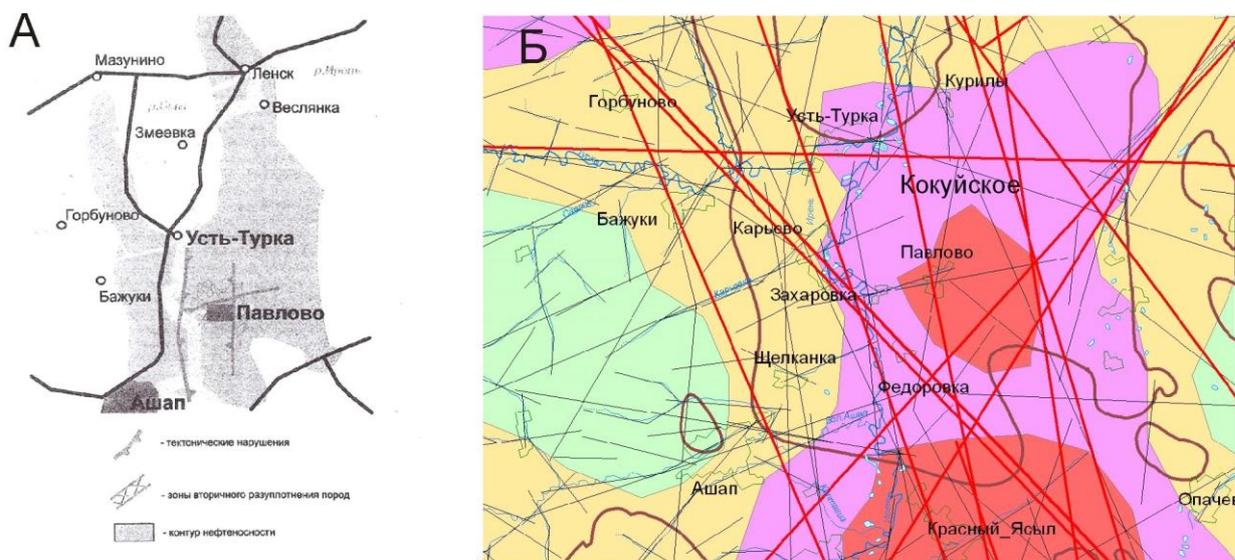


Рис. Тектоническая трещиноватость на Кокуйском месторождении (А - по А.А. Оборину и др., 2008; Б – по И.С. Копылову, 2012)

### Методика и объекты и задачи исследований

Исследования авторов проводились в составе экспедиции кафедры динамической геологии и гидрогеологии ПГНИУ.

Объектами исследования являются геологическая среда, нефтяное загрязнение в д. Павлово (р. Тураевка), предметом – закономерности изменения химического состава вод на основе изучения результатов исследований предшественников (гидрогеологической съёмки масштаба 1:200 000, 1972ф, производственных работ ООО «НТС-нефтегаз», 2003-2004 гг. и авторских исследований (2016г.) в д. Павлово по р. Тураевка.

Цель работы - исследование особенностей нефтяного загрязнения в д. Павлово (р. Тураевка).

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи: собрать и проанализировать материалы прошлых лет (по фондовым и опубликованным материалам); изучить физико-географические, литологические, тектонические, геоморфологические условия, гидрогеологические, карстологические особенности района; провести современные исследования и отобрать пробы на общий химический анализ, микрокомпоненты и нефтепродукты на изучаемой территории; проанализировать результаты исследований по содержанию нефтепродуктов, отследить их пространственно-временные изменения; выявить предполагаемые источники, возможные причины и механизмы нефтяного загрязнения, сделать выводы.

### Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что река Тураевка берет начало из крупного карстового источника на северо-восточной окраине д. Павлово и имеет длину 3,5 км. К востоку (вверх) от источника долина речки продолжается, но уже в виде

карстового суходола с небольшими участками поверхностного течения. В склонах долины р. Тураевка обнажаются гипсы и ангидриты лунежской пачки, мощностью до 70 м.

Итоговым результатом гидрогеохимических исследований стало построение карт по точкам опробования вод, анализ и систематизация ранее проведенных аналогичных работ. Условно было выделено 8 обобщённых точек, сгруппированных на основании одинакового или близкого местоположения точек опробования разных лет (рис.3).



Рис. 1 Карта фактического материала

При изучении химического состава подземных и поверхностных вод бассейна р. Тураевка установлено, что исследуемые воды относятся к  $SO_4$ -Ca- $HCO_3$  фации, реже к  $SO_4$ -Ca-Cl (по классификации Г.А. Максимовича). Преобладающим компонентом является ион  $SO_4$ . Это обусловлено литологией водовмещающих пород - преимущественно гипсов и ангидритов.

По результатам исследований была построена диаграмма, в которой были использованы средние значения результатов опробования вод в разные годы. Было установлено следующее. Пространственное прослеживание содержания нефтепродуктов по течению р. Тураевка **Ошибка! Источник ссылки не найден.** показало, что наибольшее загрязнение установлено в точке наблюдения 5, где наблюдения проводились в 2004 и 2016 гг. Среднее содержание нефтепродуктов в этих точках  $7,81 \text{ мг/дм}^3$ , что почти в 80 раз превышает ПДК для питьевой воды  $0,1 \text{ мг/дм}^3$  [7].

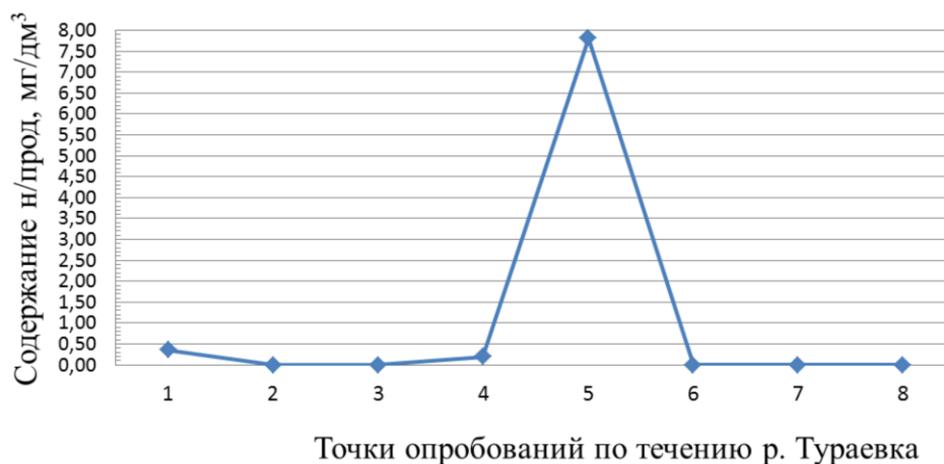


Рис. Содержание нефтепродуктов на р.Тураевка

Такое аномально высокое содержание нефтепродуктов может быть связано с миграцией флюидов и высокоминерализованных вод из продуктивных горизонтов по субмеридианальным зонам трещиноватости. А так же с подтоком загрязнённых вод с северной территории, которая по абсолютным отметкам находится выше, и на которой непосредственно разрабатывается Кокуйское месторождение.

Временной среза показал, что наиболее высокое содержание нефтепродуктов наблюдается по результатам 2016 и 2003 гг, в которых среднее содержание нефтепродуктов по точкам опробования также превышает фоновые значения составляет 0,05 мг/ дм<sup>3</sup>.

В заключение, необходимо отметить, что причины аномально высокого содержания нефтепродуктов в воде, могут быть как техногенными, так природными. Природные связаны с интенсивным перетоком нефтеносных и высокоминерализованных вод по вертикальным трещинным зонам (которые отображаются в строении земной поверхности линеаменами). Техногенные связаны с негерметичностью и неэффективностью крепления скважин.

Вероятнее всего, главным источником нефтепроявлений является постоянная миграция флюидов из продуктивных горизонтов по зонам неотектонической трещиноватости. На территории Кокуйской группы месторождений в естественных условиях в разрезе палеозойских отложений имеются в наличии субвертикальные трещине зоны, по которым возможна вертикальная восходящая миграция компонентов глубинных пластовых флюидов из нижних продуктивных горизонтов в приповерхностную гидросферу.

Кроме того, в карбонатно-сульфатном комплексе пород толщи, перекрывающей продуктивные горизонты, отсутствуют глинистые водоупоры, широко развиты карстовые процессы, что способствует вертикальной проницаемости перекрывающего комплекса пород. Это обеспечивает гравитационное всплывание техногенной нефти до уровня грунтовых вод и накопления её в карстовых полостях [6].

Но в тоже время поступление флюидов из недр в приповерхностные горизонты идёт по всей зоне неотектонической активности, и, возможно, не только в поверхностные воды р. Тураевки. Поэтому принятые ранее (в 2007 г.) меры по локализации нефти на фильтрационной станции не способны перекрыть всю флюидопроницаемую зону, в которой расположена д. Павлово, и окончательно решить экологическую ситуацию.

### ***Библиографический список***

1. Алексеева С. Кто виноват? // *Российская газета*. 2002. 29 ноября (№227). С. 13.
2. Копылов И.С. *Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. С. 14-19.
3. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
4. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
5. *Нефтезагрязненные биогеоцинозы (процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы): монография / А.А. Оборин, В.Т. Хмурчик, С.А. Иларионов, М.Ю. Маркарова, А.В. Назаров; УрО РАН; Перм. гос. ун-т; Пермь, 2008. 511 с.*
6. *Отчёт ООО «НТС-нефтегаз» по исследованиям 2003-2004.*
7. СанПиН 2.1.4.1116-02. *Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды.*

**И.Н. Ташкинова**  
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СТРУКТУРАТОРА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И  
СНОСА, СОДЕРЖАЩИХ АМИНО- И НИТРОАРОМАТИЧЕСКИЕ  
СОЕДИНЕНИЯ, В РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ И  
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Рассмотрена возможность использования отходов строительства и сноса промышленных зданий и сооружений, загрязненных продуктами и полупродуктами органического синтеза, в качестве структуратора для рекультивационных целей. Представлены результаты экспериментальных исследований по оценке экологической безопасности структуратора на основе отходов строительства и сноса, содержащих анилин и нитробензол. Предложено безопасное для окружающей среды процентное содержание минерального структуратора на основе отходов строительства и сноса в почве. Даны рекомендации по применению минерального структуратора, содержащего amino- и нитроароматические соединения, при рекультивации нарушенных и загрязненных территорий.*

*Ключевые слова: отходы строительства и сноса, структуратор, фитоиндикация, рекультивация, восстановление территорий, загрязнение, анилин, нитробензол.*

**I.N. Tashkinova**  
Perm National Research Polytechnic University

**DETERMINATION OF PARAMETERS OF APPLICATION OF THE  
STRUCTURANT BASED ON CONSTRUCTION AND DEMOLITION  
WASTE CONTAINING AMINO- AND NITROAROMATIC COMPOUNDS IN  
THE RECULTIVATION OF VIOLATED AND CONTAMINATED  
TERRITORIES**

*The possibility of using construction and demolition wastes of industrial buildings and structures contaminated with products and intermediate products of organic synthesis as a structure for reclamation purposes is considered. The results of experimental studies on the assessment of the ecological safety of the structure on the basis of construction and demolition waste containing aniline and nitrobenzene are presented. An environmentally safe percentage of a mineral structurant based on construction and demolition wastes in the soil was proposed. Recommendations are given for the use of a mineral structurant containing amino and nitroaromatic compounds in the remediation of disturbed and contaminated areas.*

*Keywords: construction and demolition waste, structurant, phytoindication, reclamation, restoration of territories, pollution, aniline, nitrobenzene.*

В соответствии с требованиями российской нормативно-правовой базы, захоронение отходов, в состав которых входят полезные компоненты, подлежащие утилизации, запрещено. К числу таких отходов относятся отходы

строительства и сноса (ОСС), ресурсный потенциал минеральных компонентов которых должен быть использован с целью получения вторичных материалов и продуктов. Отходы ликвидации и модернизации промышленных зданий и сооружений также обладают высоким ресурсным потенциалом. Одним из приоритетных направлений вторичного использования таких отходов является получение минерального структуратора для восстановления нарушенных и загрязненных территорий.

Минеральный структуратор почв на основе отходов строительства и сноса позволяет восстановить структуру нарушенных земель, повысить водопроницаемость почв для лучшей водной миграции, повысить противоэрозионную и противодефляционную устойчивость, увеличить аэрацию грунта, что особенно важно при биологической рекультивации. Также минеральный структуратор благоприятно влияет на рост и развитие молодняка лесных пород, их используют для озеленения и закрепления откосов и склонов.

Для вовлечения минеральных ОСС в ресурсный цикл актуальным становится определение параметров использования структуратора на их основе в рекультивации нарушенных и загрязненных почв.

С терминологической точки зрения под отходами строительства и сноса понимают такие отходы, которые образуются при строительстве, сносе, разборке, реконструкции и ремонте зданий и сооружений, а также при производстве строительных материалов и конструкций. Большинство видов ОСС включены в перечень Федерального классификационного каталога РФ. К основным источникам образования ОСС относятся: снос, разборка, реконструкция и строительство зданий и сооружений промышленного и жилого фондов.

Состав отходов строительства и сноса жилых и промышленных объектов требует уточнения, однако экспериментально установлено, что преобладающими компонентами по морфологическому составу являются бетон, кирпич, железобетон (рис.1).

Все ОСС можно разделить на следующие основные группы: 1) ОСС на минеральной основе; 2) ОСС на органической основе; 3) ОСС на химической основе (табл. 1).

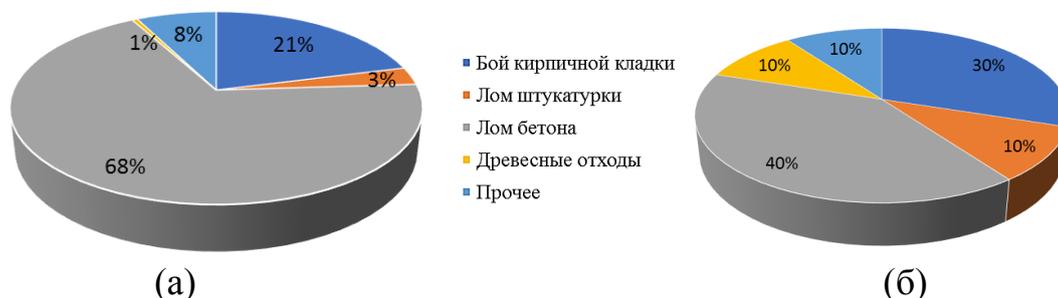


Рис.1. Примерный состав отходов при сносе, демонтаже и разборке зданий и сооружений промышленного (а) и гражданского (б) назначения, % масс. [8]

Самыми ценными с точки зрения ресурсного потенциала и преобладающими количественно являются ОСС на минеральной основе. К

основным направлениям использования минеральных ОСС относятся планирование и санация территории.

Таблица 1

Группы отходов строительства и сноса и приоритетные направления их вторичного использования

Группы ОСС	Подгруппы ОСС	Наименование основных видов ОСС в подгруппе	Приоритетные направления вторичного использования
ОСС на минеральной основе	Отходы на основе натурального камня. Отходы на основе бетона и строительных растворов. Отходы на основе минеральных вяжущих веществ. Отходы на основе стекла и приравненные к ним. Отходы на керамической основе.	Бой облицовочных плит; отходы материалов на гипсовой основе; отходы силикатных материалов; щебень; сухие отходы штукатурных смесей; отходы материалов на гипсовой основе (панели и плиты для перегородок, гипсокартонные листы, вент-блоки); кирпичный бой; бой сантехкерамики; бой фаянсовой и керамической плитки и др.	- Производство строительных материалов и материалов для планирования территорий (засыпка котлованов, выравнивание). - В качестве структураторов почв в рекультивации нарушенных и загрязненных земель с целью улучшения функций почв.
ОСС на органической основе	Древесные отходы. Бумажные и картонные отходы.	Древесные материалы и конструкции, теплоизоляционные материалы на древесной основе, ДСП, фанера, ДВП, МДФ, столярные изделия, деревянная тара	
ОСС на химической основе	Отходы асфальтовых, дегтевых бетонов Отходы рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов. Отходы пластмасс и полимеров.	Битумные, дегтевые, дегтебитумные, битумополимерные, резино-дегтевые и битумные и безосновные материалы (изол); материалы на основе картона (рубероид, пергамин, толь); на стеклооснове (стеклорубероид), асбестовой бумаге и др.	- В качестве сырья для различных отраслей промышленности, замена природных ресурсов.

Переработке и вторичному использованию подлежат только экологически безопасные фракции ОСС. Для оценки безопасности ОСС применяют радиационный контроль и определяют класс опасности ОСС, это связано с возможностью накопления продуктов и полупродуктов технологического процесса в строительных материалах промышленного и жилого фонда.

Проанализирована возможность использования минеральных отходов строительства и сноса промышленных зданий и сооружений, загрязненных

продуктами и полупродуктами органического синтеза, в качестве структуратора для рекультивационных целей.

Объектом исследования стали минеральные отходы сноса и демонтажа, образовавшиеся при ликвидации цехов анилинового производства, содержащие amino- и нитроароматические соединения в установленных количествах.

Исследование экологической безопасности и эффективности минерального структуратора на основе ОСС выполнено методами фитоиндикации: «Фитотест» и методом проростков (рис.2) [2, 3, 6]. Дополнительно, предложено использовать содержание в полученной растительной биомассе аскорбиновой кислоты, как индикатора процессов борьбы растительного тест-объекта с токсичными органическими веществами [4].

В качестве нарушенной почвы (контрольной), подлежащей восстановлению, взята частично замещенная дерново-подзолистая почва, отобранная на территории, смежной с площадкой проведения строительных работ. В качестве фоновой пробы использована незагрязненная дерново-подзолистая почва, взятая на условно чистой территории (лесопарковая зона). Согласно проведенным исследованиям, при нарушении / загрязнении данного типа почв с целью улучшения свойств к самоочищению и восстановлению требуется улучшение воздухопроницаемости, воздухоемкости и влагоемкости почвы.

По результатам патентного обзора установлено, что для рекультивации нарушенных земель в большинстве случаев используют органические структураторы (древесные опилки, щепки коры, трава, сено и т.д.), вносимые в почву вместе с различными минеральными удобрениями, которые добавляются к загрязненной почве в диапазоне от 33 до 75 % [1].

Выполнено моделирование по внесению в почву структуратора на основе минеральных ОСС различных фракций и в различном соотношении с почвой. Рассмотрено 3 варианта соотношения структуратора и почвы: 1) 30%:70%, 2) 50%:50% и 3) 70%:30% и следующие размеры фракций структуратора: 0-1, 1-3 и 0-3 см.

С возрастанием концентраций анилина и нитробензола в структураторе показатель продуктивности растительных тест-объектов увеличивался. Пробы с дисперсностью 0-1 мм (1П: анилин – 830 мг/кг, нитробензол – 210 мг/кг; 2П: анилин – 121 мг/кг, нитробензол – 54 мг/кг) преобладают над контролем по результатам всхожести семян. Также с повышением концентрации анилина и нитробензола в структураторе наблюдается увеличение стимулирующего действия грунта (по классу токсичности почв, содержащих структуратор). В пробе 1 – VI («значительная стимуляция»); в пробе 7 – VI («средняя стимуляция») (табл.2). В пробе 1П с концентрацией схожей с пробой 1 зафиксирована «средняя токсичность» (III), что может быть обусловлено маленьким размером частиц структуратора, что способствует увеличению площади взаимодействия. Следовательно, имеет смысл использовать более крупные фракции структуратора (1-10 мм и более).

Таким образом, экспериментально установлено, что минеральный структуратор на основе ОСС с содержанием анилина в диапазоне 9,3 – 830,0 мг/кг и нитробензола в диапазоне 1,4 – 210,0 мг/кг экологически безопасен и может быть использован в рекультивационных целях в рассмотренных вариантах фракционного состава – 0-30 мм. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растительных тест-объектов создает структуратор на основе рассмотренных минеральных ОСС размером фракции 1-3 см [7].

Таблица 2

Результаты исследования фитотоксичности почвы, содержащей структуратор на основе минеральных ОСС, методом проростков

Код пробы *	Анилин, мг/кг	Нитробензол, мг/кг	Энергия прорастания (В), %	Фитотоксический эффект (Фэпр)	Класс токсичности**
1	832,3	121,3	58	1,83	VI (ЗНС)
2	671,6	97,9	75	1,50	VI (ЗС)
3	467,7	120,3	83	1,46	VI (СС)
4	199,7	29,1	58	1,13	VI (СС)
5	113,7	16,6	75	1,56	VI (ВС)
6	27,1	6,9	75	1,50	VI (ЗС)
7	9,3	1,4	75	1,23	VI (СС)
1П	830,0	210,0	83	0,66	III (СТ)
2П	121,0	54,0	83	1,00	V (Н)
К	-	-	66	-	-

\* К - условно чистая проба почвы. Размер фракции структуратора: пробы с кодом 1-7: 1-10 мм; с кодом 1П-2П: 0-1 мм

\*\* Характеристика класса токсичности: ЗНС – значительная стимуляция, ЗС – заметная стимуляция, СС - средняя стимуляция, ВС – выраженная стимуляция, СТ – средняя токсичность, Н - норма



Рис.2. Эксперимент по оценке экологической безопасности минерального структуратора на основе ОСС методом проростков

В качестве дополнительного индикатора процессов борьбы растительного тест-объекта с токсичными органическими веществами было предложено использовать содержание в полученной растительной биомассе аскорбиновой

кислоты. Определение аскорбиновой кислоты проводилось йодометрическим методом [4]. Оптимальное содержание аскорбиновой кислоты в овсе должно составлять около 132 мг/100 г [5]. Анализ содержания аскорбиновой кислоты в биомассе растительных тест-объектов показал, незначительное возрастание токсичности почвы с увеличением концентрации amino- и нитроароматических продуктов органического синтеза в структураторе.

Также согласно расчетным данным и результатам биотестирования на дафниях (*DaphniamagnaStraus*) и протококковых водорослях (*Scenedesmusguadricauda* (Turp.) Breb.) исследованные минеральные ОСС, содержащие amino- и нитроароматические вещества, отнесены к 4 классу опасности («малоопасные») [8], что подтверждает возможность применения ОСС в целях восстановления загрязненных и нарушенных земель в соответствии с ГОСТ 17.5.1.01-83, ГОСТ Р 54098-2010.

Таким образом, в соответствии с результатами проведенных экспериментальных исследований для восстановления нарушенных дерново-подзолистых почв, рекомендуется использовать экологически безопасные минеральные отходы строительства и сноса в качестве структураторов почв в процентных соотношениях структуратор:почва - 50:50 % и 70:30 % масс. Рекомендуемый размер фракции минерального структуратора на основе ОСС от 1 до 3 см. Предложенное процентное содержание минерального структуратора в почве отнесено к безопасным для окружающей среды согласно показателям фитоиндикации: всхожести, энергии прорастания, фитотоксическому эффекту.

Применение структуратора почв на основе минеральных ОСС, содержащих amino- и нитроароматические соединения в предложенном соотношении и размере фракций позволяет повысить всхожесть от 4 до 7 раз, увеличить динамику роста растительных культур за счет улучшения параметров почвы, отвечающих за аэрацию.

Предложенные рекомендации могут быть применены при восстановлении нарушенных и загрязненных дерново-подзолистых почв, характеризующихся низкой или недостаточной аэрацией.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00411 мол\_а.*

### **Библиографический список**

1. Азматова Е.С., Мякишева А.В., Ташкинова И.Н. Теоретическое и экспериментальное обоснование применения отходов строительства и сноса для восстановления нарушенных территорий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 31. С. 110–125.

2. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 159 с.

3. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. Экологическое почвоведение: лабораторные занятия для студентов-экологов (бакалавров): метод. указания / Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 35 с.

4. Гуськова В.П., Сизова Л.С. *Химические методы исследования свойств сырья и продукции: учеб. пособие / Кемер. технол. ин-т пищ. пром. Кемерово, 2007. Ч. 2. Лаб. практ. 29с.*

5. Дэвис Д. *Биохимия растений // Учебное пособие. – Мир: Москва, 1966. 488 с.*

6. Кауричева И.С. *Практикум по почвоведению: учеб.пособие/ И. С. Кауричева. Москва: Колос, 1980. 272 с.*

7. Ташкинова И.Н. *Исследование экологической безопасности структуратора на основе отходов строительства и сноса, содержащих amino- и нитроароматические соединения // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. № 14. С.139-142.*

8. Швецова И.Н. *Обеспечение экологической безопасности при ликвидации зданий и сооружений химических предприятий и рекультивации нарушенных территорий (на примере анилинового производства): дисс... канд.техн. наук. Москва, 2013. 193 с.*

**А.И. Тетерин**  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет

## **СОВРЕМЕННАЯ РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА И ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ**

*Изучены радиационные условия Осинского нефтяного месторождения на участке проведения подземных ядерных взрывов. Установлено, что радиационная обстановка на месторождении характеризуется естественным радиационным фоном.*

*Ключевые слова: радионуклиды, подземные ядерные взрывы, нефть, Пермский край.*

**A.I. Teterin**  
Perm State University

## **CURRENT RADIATION STATUS AND ESTIMATION OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS CONSEQUENCES ON THE TERRITORY OF OSA OIL FIELD**

*Radiation status of the part of Osa oil field where underground nuclear explosions were made has been studied. It is revealed that radiation status of oil field is characterized as natural background radiation.*

*Keywords: radionuclides, underground nuclear explosions, oil, Perm region.*

### **Введение**

В Пермском крае существует экологическая проблема радиоактивного загрязнения, связанная с проведениями подземных ядерных взрывов (ПЯВ). Всего в Пермском крае было проведено 10 ПЯВ. На Осинском нефтяном месторождении в 1969 г. на глубине 2300 м было проведено два ядерно-промышленных взрыва мощностью до 8 килотонн (объект «Грифон»). Их целью стало изучение возможностей интенсификации добычи нефти методом ядерно-взрывной технологии (ЯВТ) и увеличение коэффициента нефтеотдачи путем увеличения гидропроводности нефтяного коллектора в результате создания искусственной трещиноватости. Взрывы изменили естественную геологическую структуру, стимулировали активизацию глубинных разломов и усугубили аномальную миграцию радона по зонам трещиноватости в земной коре. По данным радиационного контроля в последние годы наметилась опасная тенденция к распространению радионуклидного загрязнения на больших площадях [2, 6] (рис. 1).

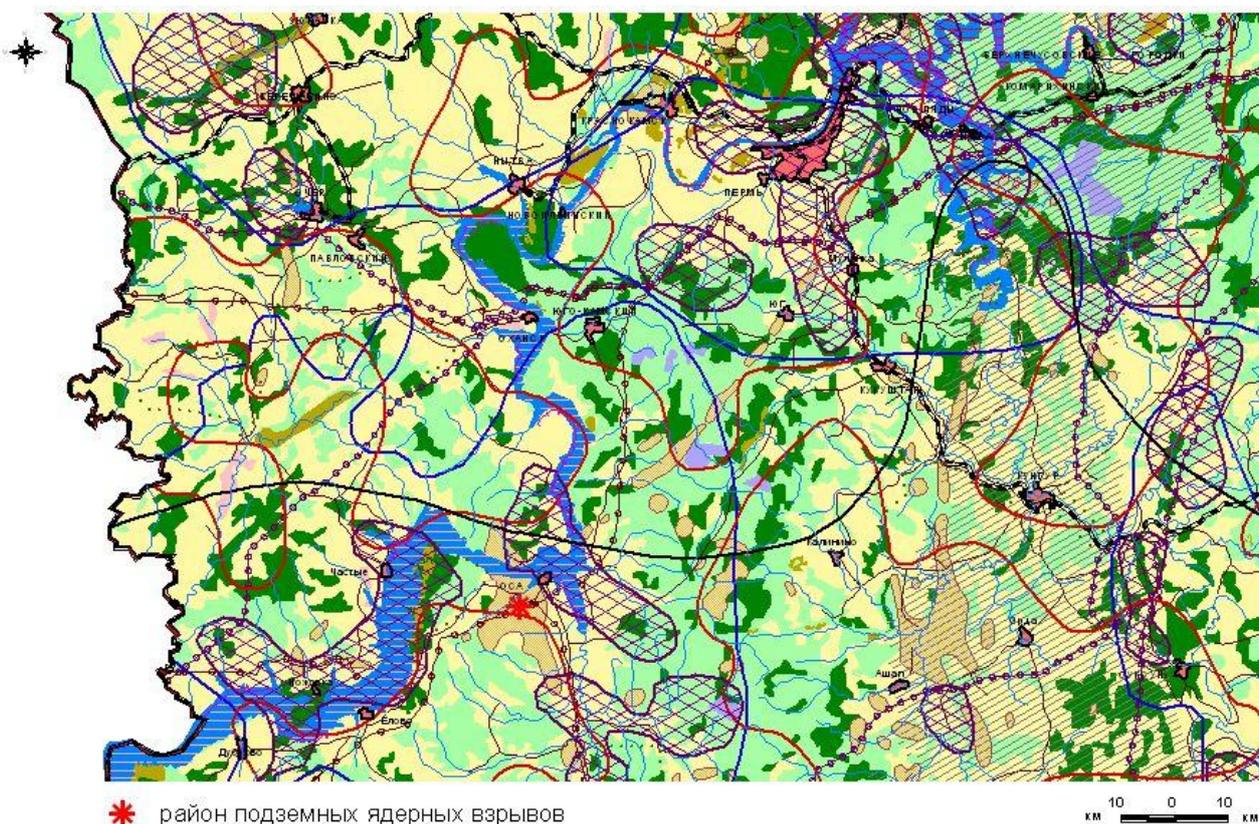


Рис.1. Фрагмент геозологической карты Пермского края [2, 3]

### **Изучение и анализ истории проведения ядерных взрывов**

Для предотвращения загрязнения нефти техногенными радионуклидами проведение ядерных взрывов производилось в зоне застойных вод, подстилающих продуктивные горизонты [4]. Были выбраны глубины заложения ядерных устройств, при которых центральная зона взрыва со всеми радиоактивными продуктами взрыва в момент взрыва располагалась ниже водонефтяного контакта (ВНК). Такая технология проведения взрыва, согласно прогнозам, исключала миграцию радионуклидов в продуктивный горизонт.

В момент проведения взрывов никаких радиационных проявлений на земной поверхности нефтепромысла и в продуктивных горизонтах не было зафиксировано. Добываемая продукция оставалась чистой. Проявлений радиоактивности на земной поверхности не было. При завершении взрыва основная масса образовавшихся радионуклидов (до 95 %), включая все тугоплавкие и промежуточные элементы, содержится в расплаве. Оставшиеся радионуклиды, часть летучих и газообразные, после обрушения полости заполняют межобломочные пустоты столба обрушения.

Первичным источником радиоактивного загрязнения недр являются 2 пункта размещения особых радиоактивных отходов (ОРАО), образованных в результате проведения подземных взрывов ядерных зарядов в технологических скважинах, расположенных на расстоянии 1050 м друг от друга.

Пункт размещения ОРАО - это центральная зона взрыва, включающая полость и столб обрушения, образованные при взрыве. За центральной зоной

взрыва последовательно расположены: зона дробления, зона интенсивного трещинообразования, зона отдельных трещин и зона раскрытия замкнутых пор [5].

Впервые выход техногенных радионуклидов с добываемой продукцией имел место в 1977 г. при освоении двух прокольных скважин № 1003 и 1004, образовавших прямые каналы связи между нефтяной залежью и центральными зонами взрывов.

Проведение в прокольных скважинах солянокислотных обработок призабойного пространства создало между продуктивной толщей и водонасыщенной зоной каналы связи (гидродинамическую связь). Произошло соединение призабойной зоны этих скважин с первоначальным источником радионуклидов – столбом обрушения. Имело место значительное увеличение дебитов жидкости: по скважине № 1003 – с 7-8 т/сут до 226 т/сут, по скважине № 1004 – с 5 т/сут до 248 т/сут. Эксплуатация скважин с таким дебитом привела к резкому снижению забойного давления и созданию перепада давления между нефтяной толщей и полостями взрывов до 12,3-12,5 МПа. Эти процессы явились причиной притока пластовой воды из столба обрушения, содержащей техногенные радионуклиды в прокольных скважинах и распространения по нефтяной толще до забоев эксплуатационных скважин [5].

В результате механического воздействия образовалась система трещин и разрушений геотехнической структуры полости взрыва, которая привела к миграции радиоактивных веществ с подземными водами. Часть залежи нефти, оборудования и внешней окружающей среды подверглась загрязнению техногенными радионуклидами - цезием-137, стронцием-90, тритием, а в недрах образовался источник радиоактивного загрязнения. За счет повторных закачек в нефтяную залежь подтоварной воды, содержащей радионуклиды, ареал рассеяния радионуклидов по территории нефтепромысла и в недрах широко распространялся [1]. Количество добывающих скважин с загрязненной продукцией превысило 200, число нагнетательных скважин принимающих подтоварную воду с радионуклидным загрязнением, достигло 38.

В итоге на земной поверхности возникли многочисленные и разнообразные вторичные источники ионизирующих излучений в виде загрязненных техногенными радионуклидами участков приустьевых площадок, арматуры скважин, промыслового оборудования и оборудования установок по подготовке и перекачке нефти (УППН).

Вторичные источники ионизирующих излучений на земной поверхности возникали вследствие проливов продукции из-за неплотностей арматуры на скважинах, аварийных разрывов трубопроводов и сорбции радионуклидов на грунте.

Наряду с выходом радионуклидов с попутной водой имел место вынос радионуклидов на твёрдых минеральных (глинистых) и органических (асфальтены и смолы) частицах. Удельная активность этих компонент превышала объёмную активность попутной воды в десятки раз [7]. Хотя содержание твёрдых веществ в нефти очень мало, их осаждение и постепенное накопление приводило к загрязнению буллитов, насосов и другого

промышленного оборудования и оборудования установки подготовки и перекачки нефти.

После ликвидации прокольных скважин и консервации ряда скважин выход воды с высокими уровнями объёмной активности радионуклидов прекратился.

Для устранения последствий техногенного загрязнения был создан пункт захоронения технологических отходов (ПЗТО) предназначенный для захоронения грунта, снимаемого в процессе дезактивации загрязнённых радионуклидами выше контрольных уровней участков территории промысла, и других материалов и оборудования, образуемых в разработки месторождения, категории «промышленные отходы, содержащие техногенные радионуклиды».

Создан специальный горный отвод (СГО) для предотвращения миграции техногенных радионуклидов за пределы пунктов размещения ОРАО. СГО включает пункты размещения ОРАО, зону взрывов и буферную зону. Проектом СГО запрещаются любые виды техногенного воздействия на охранный целик, в том числе механическое, химическое и гидродинамическое. Добыча нефти в СГО не осуществляется (эксплуатация нефтяной залежи в пределах СГО не производится). Балансовые запасы выведенной из эксплуатации части залежей в пределах СГО списаны. Добывающие и нагнетательные скважины в пределах СГО ликвидированы или переведены в статус контрольных [5].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Автором в октябре 2017 г. проведены радиометрические исследования современного радиационного состояния Осинского месторождения в районе проведения подземных ядерных взрывов. Замеры выполнены дозиметром гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд» со статической погрешностью 7% (рис. 2). Замеры производились непосредственно на участках прокольных скважин №1003 и №1004 по периметру со всех сторон (рис. 3, 4).

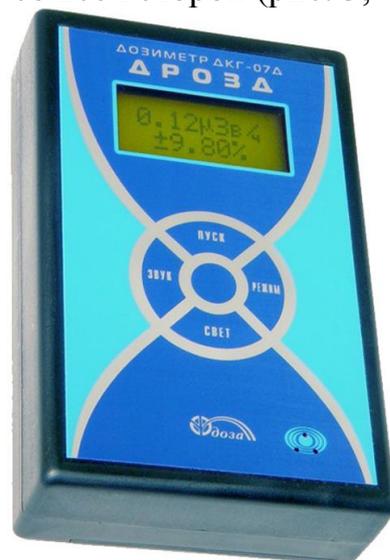


Рис.2. Дозиметр «Дрозд»



Рис. 3. Прокольная скважина №1003



Рис. 4. Прокольная скважина №1004

По результатам замеров радиационный фон в г. Оса и Осинском районе колеблется от 8,0 мкЗв/ч до 13,0 мкЗв/ч. В Осинском районе, в связи с тем, что здесь проводились подземные ядерные взрывы, контрольный уровень составляет 30 мкЗв/ч. По состоянию на 13.10.17 радиационные замеры, выполненные непосредственно вблизи ликвидированных скважин не превышают контрольные уровни (10-19 мкЗв/ч).

## **Заключение**

В настоящее время эксплуатация месторождения при штатном сохранении гидродинамического режима СГО является радиационно безопасной. Радиационная обстановка на Осинском месторождении характеризуется естественным радиационным фоном. Небольшие локальные превышения над фоновыми значениями вероятно связаны с незначительным содержанием радионуклидов в грунте отдельных технологических площадок, накопление которых произошло в прошлые годы. Существует необходимость последующего проведения систематического геоэкологического радиационного мониторинга по разным компонентам природно-геологической среды.

## **Библиографический список**

1. Кирюхина Н.Н., Шахиджанов Ю.С. Разрушение геологической среды и её радиационное загрязнение в результате ядерных испытаний в недрах // *Разведка и охрана недр*. 2005. № 2-3. С. 46-53.

2. Копылов И.С. и др. Составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет Геоэкологической партии по результатам геоэкологических исследований на территории Пермской области в 1998-2000 гг. ПГГСП «Геокарта», Пермь, 2000. 250 с.

3. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

4. Михайлов В.Н. (ред.) Ядерные испытания СССР. Том 2: Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки. Саров, РФЯЦ, ВНИИЭФ. 1999. 248 с.

5. Отчет о работе "Технологический проект разработки Осинского месторождения" Раздел "Радиационная безопасность" ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» филиал «ПермНИПИнефть» в г. Пермь, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», АО «ВНИПИпромтехнологии». Москва, 2015. 93 с.

6. Состояние и охрана окружающей среды Пермской области / Пермский областной комитет по охране природы и Государственный комитет по охране окружающей среды Пермской области. Пермь. 1999. 111 с.

7. Шахиджанов Ю.С., Кирюхина Н.Н. Геоэкологические последствия подземных ядерных взрывов при разработке газовых месторождений в России и США // *Разведка и охрана недр*. 2005. № 7. С. 35-40.

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ENGINEERING GEOLOGY, GEODYNAMICS, AND GEOLOGICAL SAFETY

---

УДК 556.3

**А.В. Анюхина**

Пермский государственный национальный исследовательский университет

## **КАССИФИКАЦИЯ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ГЛИНАХ ОСНОВАННАЯ НА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Проведен анализ теоретических и экспериментальных исследований связанной воды в грунтах для создания единой терминологической базы и обобщенной классификации. Разработан авторский вариант классифицирования связанной воды глинистых грунтов, который подтверждается путем проведения ряда экспериментальных исследований.*

*Ключевые слова: глина, связанная вода, каолинит, монтмориллонит, термогравиметрия.*

**A.V. Anukhina**

Perm State University

## **CLASSIFICATION OF RELATED WATER IN CLAYS BASED ON THEORETICAL AND EXPERIMENTAL DATA**

*The analysis of theoretical and experimental studies of bound water in soils has been carried out to create a single terminological base and generalized classification. The author's version of classification of bound water of clay soils is developed, which is confirmed by carrying out a number of experimental studies.*

*Keywords: clay, bound water, kaolinite, montmorillonite, thermogravimetry.*

### **Введение**

Вода, наряду с минеральной составляющей является важнейшей компонентой пород. Вода в глинистых грунтах находится в различных состояниях, которые во многом определяют физические, физико-химические и механические свойства грунтов [11].

В данной работе рассмотрены глинистые грунты, которые всегда содержат в своем составе связанную воду. Если в них присутствует только адсорбционная вода, то они представляют собой довольно прочные породы твердой консистенции. При наличии в них осмотической и капиллярной воды они приобретают свойство пластичности, липкости, капиллярной связности, легко деформируются и резко теряют за счет увлажнения свою прочность [8].

На смену прочностным свойствам приходят упругие. При наличии в глинах свободной воды они приобретают свойство текучести и ведут себя как жидкообразные текучие тела.

В современной литературе существует большое количество классификаций видов связанной воды в грунтах. Отсюда терминологическая классификационная свобода, не позволяющая (затрудняет) получать информацию, о влиянии той или иной категории связанной воды на свойства грунтов, сравнивать результаты экспериментальных исследований между собой, а также изучать взаимосвязи между различными типами связанной воды и. т. д.

Поэтому целью работы является проведение анализа теоретических проблем с разработкой терминологической базы, проведение экспериментальных исследований с помощью термогравиметрического прибора фирмы – NETZSCH STA 409 PC Luxx и создание обобщенного классифицирования связанной воды в глинистых грунтах.

### **Теоретический анализ проблемы классифицирования вод в глинистых грунтах.**

Изучением связанной воды в грунтах занимались многие ученые [5, 7, 9, 12] которые предложили различные классификации, основанные на экспериментальных и теоретических данных.

Одной из первых основных наиболее детальных классификаций связанной воды является работа профессора А.Ф. Лебедева, по передвижению вод в почвах и грунтах, разработанная в конце 19 и начале 20 веков [5]. Его идеи получили огромное распространение и прочно вошли не только в почвоведение, но и во многие другие дисциплины – гидрогеологию, грунтоведение и т.д. Для грунтоведения, одним из важных этапов его работ, явилась классификация вод в грунтах. А.Ф. Лебедевым выделяются: 1.Кристаллизационная и химически связанная вода; 2.Гигроскопическая; 3.Пленочная; 4.Гравитационная.

В дальнейшем другие ученые и их последователи, исследовавшие вопросы связанной воды в грунтах, для теоретической базы использовали именно эту классификацию. А также, оспаривали и привносили новые варианты выделения классов связанной воды, которые подтверждали на основе проведения ряда экспериментов.

Основной концепцией А.Ф. Лебедева является первостепенная роль в поведении почвенной влаги молекулярных сил (мы бы сказали теперь — адсорбционных и сорбционных). Другим силам — капиллярным, он отводит второстепенную роль.

Свою классификацию он выделил путем проведения серии опытов в различных фазовых состояниях воды связанных с изучением почвенной влаги. Перемещение воды в парообразном состоянии он определил при помощи соединения двух различных состояний почв, сухой и насыщенной водяным паром, а также с небольшим расстоянием между ними. Перемещение происходило из более влажного слоя в сторону менее влажного слоя при одинаковой температуре. Что доказывает большую сорбционную активность сухого состояния почв. Также немало важную роль играет температура почв.

При повышении температуры насыщение (перемещение парообразной воды) сухих почв влагой происходит быстрее.

Перемещение воды под воздействием молекулярных сил подтверждалось экспериментально при плотном прилегании влажной почвы к сухой с одинаковой мощностью в одном случае, и при прокладке парафиновой пластины в другом. Также, экспериментально подтвердил, что наиболее сильное взаимодействие (притяжение) между молекулами воды и частицей прекращается тогда, когда твердые частицы почвы покрываются водной пленкой толщиной в один ряд молекул, т.е. становятся максимально гигроскопичными. Максимальная гигроскопичность почвы есть низкий предел влажности, при котором делается невозможным передвижение воды под влиянием молекулярных сил [5]. Также обосновал понятие максимальной молекулярной влагоемкости. С помощью сильного центрифугирования избыточно влажной почвы определил влажность соответствующую максимальному смачиванию почв. Также, эта граница перехода смачивания передвигания воды под действием молекулярных сил на передвигание воды под действием силы тяжести.

Перемещение воды под действием сил тяжести определялось в результате помещения 3 состояний почвы в пробирки с одинаковой мощностью, средняя зона была насыщена водой две другие в воздушно-сухом состоянии. После проведения опыта было выявлено, что в нижней части почвы влажность выше, чем в верхней, это объясняется не только молекулярными силами перемещения, но и силами тяжести.

Были изучены и проанализированы ряд классификаций различных ученых этой области. Свои классификации они разрабатывали на основе проведения серии опытов, экспериментов и рассмотрения теоретической базы. Рассмотрим данные классификации путем группировки схожести взглядов и выделения классов связанной воды в грунтах.

1. Теория гигроскопичности Родевальда, согласно которой максимальная гигроскопичность соответствует тому состоянию увлажнения, когда частицы гигроскопического вещества окружены водяной пленкой, состоящей из одного ряда молекул. Легко видеть, что водяная пленка, облегающая частицы гигроскопического вещества, должна иметь в этих условиях как бы мозаичную структуру, причем между пространствами, покрытыми одномолекулярной пленкой воды, будут выступать безводные участки поверхности гигроскопического вещества. Обогащение грунтов водой, благодаря гигроскопической способности грунтов, обуславливается молекулярными силами сцепления между частицами грунтов и парами воды и этот процесс прекращается, когда влажность грунтов достигает максимальной гигроскопичности [5,10]. Опираясь на обоснование данной концепции, А.Ф. Лебедев и Е.М. Сергеев классифицируют связанную воду следующим образом:

А.Ф. Лебедевым выделяются: 1.Кристаллизационная и химически связанная вода; 2.Гигроскопическая; 3.Пленочная; 4.Гравитационная.

Е.М. Сергеевым: 1.Кристаллизационная вода и химически связанная; 2.Прочносвязанная вода; 3.Рыхлосвязанная вода; 4.Гравитационная вода (капиллярная, подвешенная вода) [10].

2. В выделении следующего ряда классификаций в основу были положены такие два физических свойства, как удельная поверхность и пористость. Природа этих сил едина, но по особенностям проявления можно разделить силы сорбционные и менисковые (капиллярные). На опытно-теоретической основе физических формул выявлены причины капиллярного подъема. Сорбционные силы испытывают ослабление по мере нарастания толщины водных оболочек, следовательно, сорбционные силы уменьшаются и не могут удерживать остальную часть почвенного раствора от гравитационного стекания [2, 9, 12]. Рассмотрены соотношения сил, действующих на границе раздела твердое –

Жидкое – газообразное [9]. Описано возникновение изолированных скоплений в точках контакта частиц между собой за счет водных менисков, образующихся за счет соприкосновения частица – вода. На основе данного научного обоснования С.И. Долговым, А.А. Роде и Дж. Боюкосом выделены следующие классы связанной воды.

С.И. Долгов: 1.Сорбированная на плоскости кристалла; 2.Прочносвязанная вода; 3.Рыхлосвязанная вода; 4.Капиллярная вода. В своих обоснованиях отводит капиллярным силам главную роль [2].

А.А. Роде: 1.Вода, осажденная на поверхностях кристалла (на энергетически активных плоскостях); 2.Прочносвязанная вода (гигроскопическая); 3.Рыхлосвязанная вода; 4.Гравитационная свободная и подвешенная вода. В своих трудах дал обоснование и создал новое направление в почвоведении — гидрология почв. Описал возникновение изолированных скоплений в точках контакта частиц между собой за счет водных менисков, образующихся за счет соприкосновения частица – вода.

Дж. Боюкос: 1.Кристаллизационная вода; 2. Прочносвязанная вода; 3. Рыхлосвязанная вода; 4. Свободная вода [12].

3. Согласно следующей основе выделения классов вода в горных породах может относиться к трем категориям: связанной, переходного типа и свободной. Согласно этой классификации, связанная вода удерживается в породе за счет химических и физических сил связи (с энергией 0,1 – 800 кДж/моль), действующих со стороны поверхности минералов и изменяющих структуру и свойства воды. Также, было экспериментально установлено, что плотность связанной воды в тонких пленках, толщиной примерно в 5 нанометров, повышена всего лишь на 1,5% по сравнению со свободной водой и составляет примерно 1,02 г/см<sup>3</sup> [3, 4]. Классификационное выделение данных классов, отличаются по природе и условиям образования, по свойствам и многим другим особенностям, которые, в свою очередь, подразделяются на виды. Рассмотрено поведение воды в грунтах в различных фазовых состояниях, также выявили закономерность поведения воды в грунтах при повышении температуры [3, 11]. На данной основе связанную воду в грунтах

классифицировали Р.И. Злочевская, В.Т. Трофимов, которые имеют следующий вид.

Р.И. Злочевская выделяет: 1.Связанная вода (вода кристаллической решетки минералов (немолекулярная форма воды типа ОН-групп, кристаллизационно-связанная вода различных кристаллогидратов), связанная вода координационно-ненасыщенными атомами и ионами кристаллической решетки минералов); 2.Адсорбционная вода (мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции); 3.Вода переходного типа от связанной к свободной (осмотически-поглощенная и капиллярная); 4.Собственно свободная вода (замкнутая в крупных порах породы и вода грунтового потока) [3,4].

В.Т. Трофимов: 1.Вода кристаллической решетки минералов (конституционная, кристаллизационно-связанная); 2.Адсорбционная вода (островной, мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции); 3. Осмотически поглощенная вода; 4. Переходного типа (капиллярная вода (капиллярной конденсации и капиллярного впитывания); 5.Свободная (замкнутая в крупных порах (иммобилизованная), текучая.

В работах Лебедева и Долгова противостоят одна другой две весьма различные теоретические концепции классификации связанной воды. Нам кажется, что для правильного решения интересующих нас вопросов требуется сочетание взглядов, лежащих в основе этих двух концепций. Дело в том, что нельзя все почвы и грунты рассматривать односторонне, не учитывая различий в их свойствах, особенно в их механическом составе, агрегатном состоянии и сложении. Поэтому в работе Роде рассмотрены два важных физических свойства: удельная поверхность и пористость [2, 5, 9].

#### **Методика и результаты исследований**

Для проведения экспериментов был использован прибор фирмы – NETZSCH STA 409 PC Luxx. Этот прибор позволяет проводить термогравиметрию (ТГ) и одновременно дифференциальный термический анализ (ДТА).

Термогравиметрия (ТГ) – метод термического анализа, с помощью которого происходит регистрация изменения массы образца в зависимости от температуры.

Дифференциальный термический анализ (ДТА) основан на регистрации разности температур исследуемого вещества и инертного образца сравнения при их одновременном нагревании или охлаждении.

Предварительная подготовка образцов глин (каолинит, монтмориллонит), для исследования на термогравиметрическом приборе осуществлялась по следующей методике: исходный глинистый грунт помещался в ступку и растирался песком. После чего грунт помещался в бумажный пакет и хранился при  $t=18^{\circ}\text{C}$  в эксикаторе с реагентом для выравнивания влажности. Затем проба грунта, массой около 0,05 г помещалась в корундовый тигль и помещался в прибор. Подача температуры в термогравиметрическом приборе производится равномерно и непрерывно со скоростью  $10^{\circ}\text{C}$  в минуту. На основании полученных данных мы получаем термогравиметрические графики изменения массы от температуры (рис. 1).

Аномальные особенности связанной воды, такие как понижение диэлектрической проницаемости, температуропроводность, наличие нерастворяющегося объема связанной воды и другие, придают горным породам, в которых она находится, характерные специфические свойства. Также, на свойства глинистых минералов влияет их энергетический потенциал поверхности кристаллитов [6]. Энергетический потенциал увеличивается в сторону поверхности кристаллита. В таблице приведены средние и стандартное отклонения по потерям массы вещества в каолиновой и монтмориллонитовой глинах (табл. 1).

Из этой таблицы видно, что монтмориллонитовая глины теряет больше массы воды в процентном соотношении, чем каолиновая. Потеря же прочносвязанной воды, наоборот, ниже в 1,6 раза.

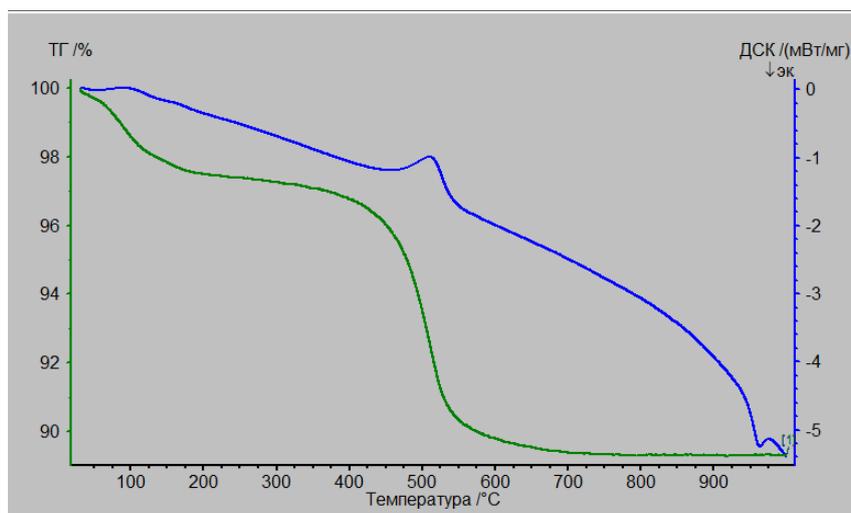


Рис. 1 График изменения массы изучаемого вещества (каолинит) (кривая ТГ – изменение массы воды в % (нижняя кривая), кривая ДСК – изменение температуры в °C (верхняя кривая))

Таблица 1

Статистические показатели термогравиметрических данных

Тип глин	Монтмориллонитовая		Каолиновая	
	Среднее	Стандартное отклонение	Среднее	Стандартное отклонение
Потеря массы рыхлосвязанной воды, %	7,88	1,15	4,83	1,48
Потеря массы прочносвязанной воды, %	4,30	3,50	7,03	1,39
Потеря массы воды поверхности кристаллитов, %	2,63	2,12	0,68	0,89
Потеря массы кристаллической решетки минералов, %	2,13	2,84	0,63	0,93
Общая потеря массы, %	16,93	8,06	13,15	2,73

После проведения серии опытов выяснилось, что в каолиновой глине наблюдается следующая закономерность – при нагревании образца

первоначально теряется незначительное количество рыхлосвязанной воды, затем потери массы возрастают за счет прочносвязанной воды. После повышения температуры, потери воды поверхности кристаллитов резко уменьшаются до уровня потерь масс перекристаллизации минералов.

В монтмориллонитовой глине при нагревании первоначально теряется значительная масса рыхлосвязанной воды, затем наблюдается уменьшение масс прочносвязанной воды и поверхности кристаллитов, а также отмечается потеря массы перекристаллизации минералов [1].

### **Предложенная классификация**

На основании вышеизложенного анализа и проведения экспериментальных исследований автором предложен вариант классифицирования связанной воды в глинах.

Сопоставляя полученный экспериментальный материал, а также данные [1] можно предположить, что в адсорбции глины участвуют поверхности различных структурных элементов глин. Так на уровне коллоида выделяются слои рыхлосвязанной (РВК) и прочносвязанной (ПВК) вод. Известно, что в строении коллоида принимают участие несколько сотен глинистых кристаллитов, имеющих размер менее 0,1-0,01мкм. Поэтому на этом уровне выделяется вода поверхности кристаллитов (ВПК). В строении минералов также участвует вода, которая формирует воду кристаллической решетки минералов (ВГМ).

### **Заключение**

На основании выше изложенного сделаны следующие выводы.

1. Были изучены и проанализированы ряд классификаций связанной воды в грунтах различных ученых исследуемой области.

2. Проведены термогравиметрические эксперименты прибором фирмы – NETZSCH STA 409 PC Luxx, результатом которых являются термогравиметрические графики изменения массы от температуры.

3. На основании теоретических и экспериментальных исследований в данной работе предложена единая терминологическая база и классификация связанной воды в глинах.

Автором были выделены следующие классы: 1.Рыхлосвязанная вода (РВК), 2.Прочносвязанная вода (ПВК), 3.Вода поверхности кристаллитов (ВПК), 4.Вода кристаллической решетки минералов (ВГМ). Данная классификация основана на теоретических, практических и экспериментальных данных.

### **Библиографический список**

1. Анюхина А.В., Федоров М.В. Изменение содержания воды в глинах при высоких давлениях // *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. Пермь, 2017. С. 100-101.

2. Долгов С.И. О связанной и капиллярной воде в почве // *Почвоведение*. №9-10. 1943.

3. Злочевская Р.И., Королев В.А., Кривошеева З.И., Сергеев Е.М. О природе изменения свойств связанной воды в глинах под действием повышающихся температур и давлений // *Вестник Московского Университета Серия 4. Геология*. 1977. №3. С.80-96.

4. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М.: Изд-во Москва. гос. ун-та. 1969. 175с.
5. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.-Л.: Сельхозгиз, 1930.-278 с.
6. Мальгина Ю.О., Пешкова Т.А., Питкина С.Н. Изменение дзета-потенциала глинистых частиц в водном растворе // Геология в развивающемся мире. Сб. науч. тр. в 2 т.; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 440-444.
7. Осипов В.И., Солоколов В.Н. Глины и их свойства. М.:ГЕОС. 2013. 576 с.
8. Приклонский В.А. Грунтоведение. М.: Гос. науч. техн. изд. лит. по геологии и охране недр. 1955. 430 с.
9. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва. 2008. Т. 3. 664 с.
10. Сергеев Е.М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение. М.: МГУ, 1973. 388 с.
11. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение.М.: Изд.-во МГУ, 2005. 1024 с.
12. Vouyoucos G. Classification and measurement of the different forms of water in the soil by means of the dilatometer method: Mich. Agr. Exp. Techn. Bul. 1917. 70 с.

## **ИНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СТАРЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ГОРОДА ПЕРМИ**

*В статье рассматриваются особенности инженерно-геологических условий на территории старых горных выработок города Перми. Методика производства работ при инженерно-геологических изысканиях в данных условиях. Результаты работ и рекомендации.*

*Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, геофизические методы, бурение, старые горные выработки, г.Пермь*

**A.V. Batrygin**  
JSC «Verhnekamtisiz», Perm

## **GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS IN THE TERRITORY OF THE OLD MINING TOWN OF PERM**

*In article features of engineering-geological conditions in the territory of the old mining town of Perm, methods of production of works at engineering-geological investigations in the circumstances, the results and recommendations are considered.*

*Key words: geological engineering, geophysical methods, drilling, old mine workings, Perm.*

### **Введение**

Город Пермь характеризуется различной степенью сложности инженерно-геологических условий. Одной из важнейших инженерно-геологических проблем города является наличие подработанных пространств. Пермь была построена на территориях разработок медистых песчаников, проводившихся в XVIII-XIX веках. Под жилыми микрорайонами города пролегают шахты и штольни, как правило, не засыпанные и не закрепленные. Для строительного освоения новых территорий города, актуализация информации о расположении старых горных выработок имеет большое значение для учета данной информации при проектировании и строительстве объектов, что позволит обеспечить безопасность объектов капитального строительства.

Одним из примеров получения информации о наличии старых горных выработках на территории города Перми является оценка инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки по ул. Комбайнеров, 30а в Индустриальном районе г. Перми будущего строительства для проектирования детского сада и инженерных сетей.

Для достижения данной цели решались следующие задачи: сбор и обработка теоретического материала; анализ и систематизация фактических

данных по материалам инженерно-геологических изысканий прошлых лет, выполненных на исследуемой площади; выполнение геофизических работ и анализ полученных результатов; выполнение бурения разведочных скважин по результатам анализа геофизических работ.

### **Методика инженерно-геологических работ**

Методика инженерно-геологических исследований обоснована требованиями нормативных документов, сведениями о природно-геологических условиях района работ [1-14].

*Инженерно-геологическая рекогносцировка.* Основной задачей являлось изучение и оценка современного состояния исследуемой территории. При проведении рекогносцировки изучались геоморфологические условия территории с техногенными изменениями. Учитывая особенность данного участка – наличие старых горных выработок – работы проводились в 3 этапа: на 1 этапе были выполнены геофизические работы и выделены аномальные зоны, где было намечено бурение разведочных скважин (30 м). Разведочными скважинами обнаружены старые горные выработки. После согласования с проектировщиком и небольшой перепосадки здания были выполнены работы по 2 и 3 этапу: бурение скважин ниже подошвы вскрытых полостей (до 15 м).

*Геофизические работы* на площадке проектируемого строительства выполнялись в соответствии с требованиями нормативных документов как составная часть инженерно-геологических изысканий с целью:

- литологическое расчленение геологического разреза;
- выявление ослабленных зон.

Для решения этих задач предусматривалось выполнение комплекса геофизических работ: электроразведочные работы (ВЭЗ, МЗ) и геофизические исследования скважин – каротаж.

Работы проводились в два подэтапа:

1) выполнение электроразведочных работ методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), по результатам которых были выделены аномальные участки и намечено местоположение разведочных скважин. А также, выполнение каротажа в скважине.

2) выполнение электроразведочных работ методом заряда (МЗ) для оконтуривания ослабленных зон и полостей, вскрытых скважинами.

*Методика вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)* заключалась в измерении разности потенциалов электрического поля, создаваемого питающей линией АВ и вычислении кажущегося электрического сопротивления как функции величины разносов питающей линии АВ.

*Метод заряда (МЗ)* выполнен согласно РСН 64-87 и ВНМД 36-80 с целью определения границ полостей, вскрытых скважинами №№ 1, 6, 7.

Полевые электроразведочные работы методами ВЭЗ и МЗ выполнены с помощью электроразведочной аппаратуры «АМС ИМ 2470 №039» на переменном токе низкой частоты (4.88 Гц).

*Гамма-каротаж* проведён для определения естественной радиоактивности горных пород, слагающих участок изысканий, а также для уточнения границ литологических слоёв.

Методика каротажа заключалась в регистрации ряда физических параметров по стволу исследуемой скважины в масштабе 1:100, с помощью скважинных приборов: зонда гамма-каротажа ГКМ-43, каверномера КМ-3, зондов каротажа сопротивлений (КС) А0.4М0.1N и N0.4М0.1А и резистивиметра РИСТ-42. Работы выполнены согласно РСН 75-90 с использованием цифровой каротажной станции Кедр-02..

*Бурение скважин* производилось механическим колонковым способом станком УРБ 2А-2, начальным диаметром 151 мм, с креплением трубами неустойчивой части разреза.

В процессе бурения скважин велось порейсовое описание всех встреченных разновидностей грунтов с отражением их структурных особенностей в соответствии с требованиями ВНМД 34-78 [1], отмечались все встреченные водоносные горизонты, особое внимание обращалось на случаи легкого погружения или провала бурового снаряда.

На 1 этапе работ были пробурены две скважины глубиной 30 м в аномальной зоне, выделенной по результатам геофизических исследований. По результатам буровых работ были вскрыты незаполненная (11.2-12.5 м) и заполненная (2.5-12.8 м) полости с остатками деревянной крепи. В связи с тем, что полости зафиксированы в интервале глубин 11.2-12.8 м, на 2 этапе на площадке намечено бурение скважин глубиной 15 м (т.е. ниже подошвы полости).

### **Изученность инженерно-геологических условий района инженерных изысканий**

При составлении отчета проанализированы и учтены результаты изысканий, выполненные вблизи участка работ (рис. 1).

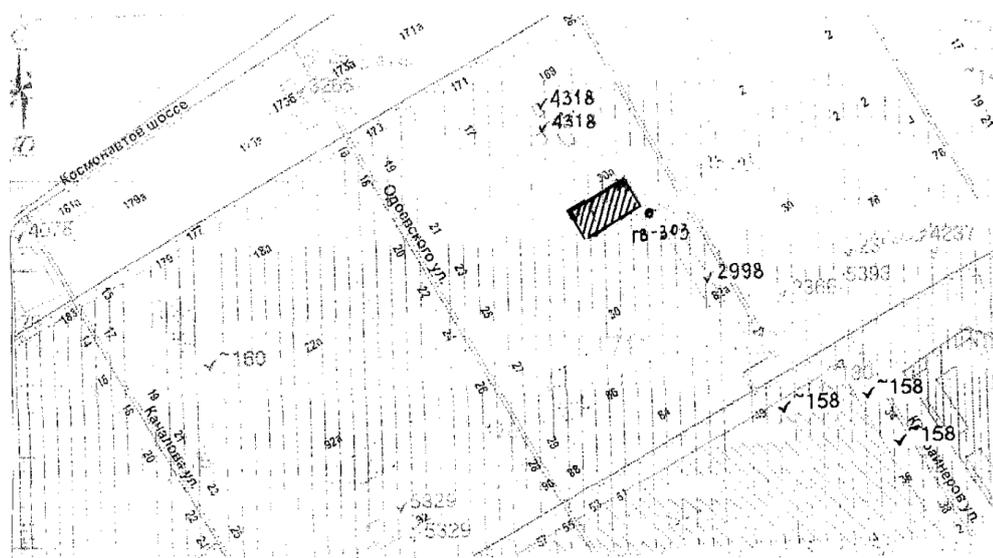


Рис. 1 План расположения участка изысканий масштаба 1:5000

▨ - участок изысканий

2998 - материалы изысканий прошлых лет, их архивный номер в фондах ВерхнекамГИСИза

Ближайший объект расположен в 20 м южнее, юго-восточнее проектируемого (173г, фонды ОАО «ВерхнекамГИСИЗ»). В декабре 1961 г. Уральским трестом инженерно-строительных изысканий были выполнены инженерно-геологические работы по площадке строительства «Дошкольное учреждение на 140 мест в кв. 759 пос. Балатово гор. Пермь». Детальным обследованием участка установлено, что площадка дошкольного учреждения расположена на шахтном отвале, предположительно устье ствола шахты находится в 20-22 м к северу от шурфа №1. В связи с этим площадка не рекомендовалась для строительства детского сада. Схема участка представлена на рис. 2.

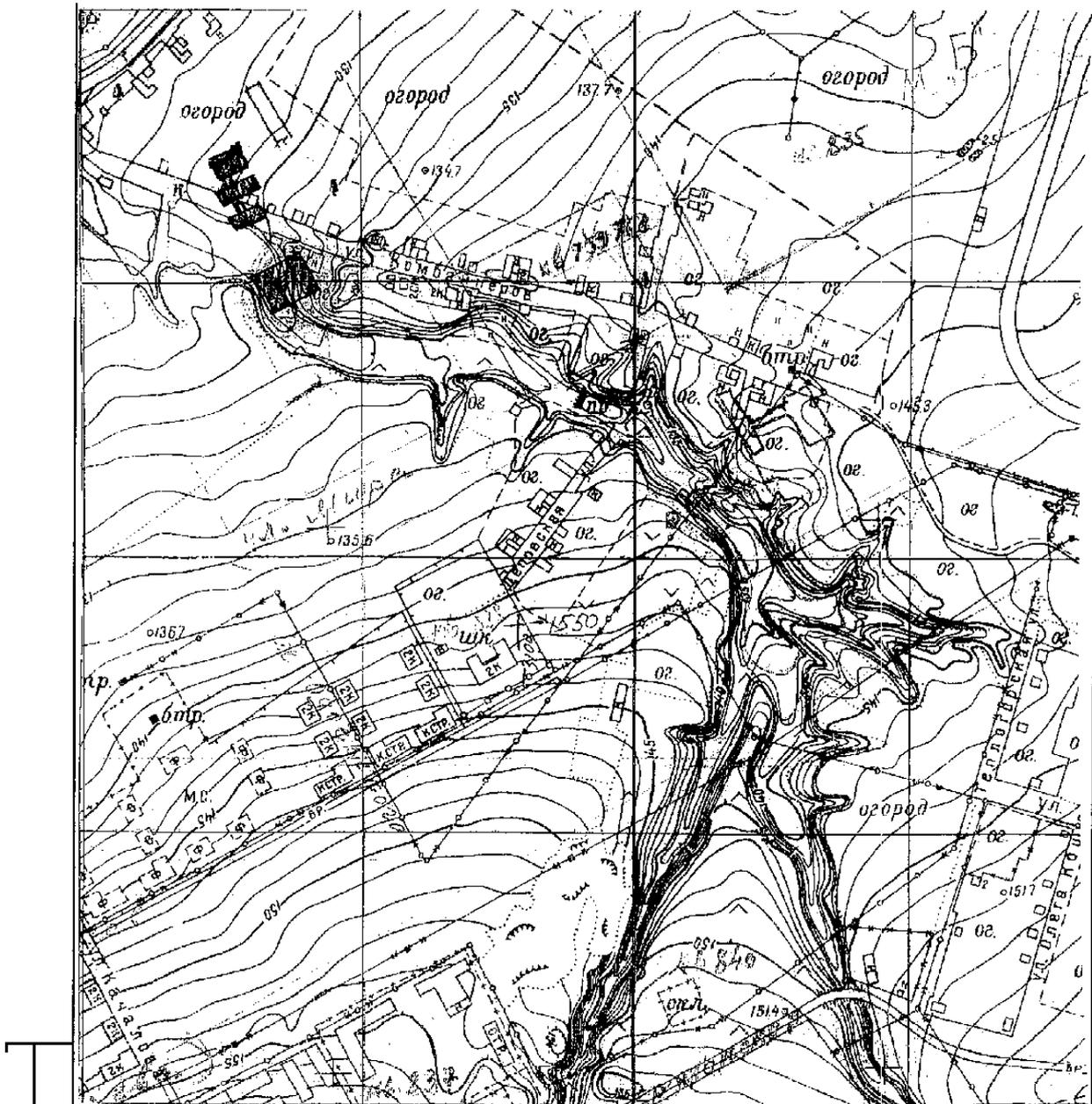


Рис. 2. Схема расположения участка работ (топосъемка «Гипрокоммунстроя» 1953 г. масштаб 1:5000. Рельеф перенесен с планов масштаб 1:2000 съемки Уралгипрогора 1933 г.)

### **Физико-географические и техногенные условия района работ**

В геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к III надпойменной левобережной террасе р. Камы, осложнённой логом субмеридионального простираения (долина реки Балатовки) с многочисленными отвершками (материалы топосъемки «Гипрокоммунстроя» 1953 г. масштаба 1:5000 (рис. 2). В районе площадки работ прослеживалось верховье лога. В связи с массовой застройкой территории овраг почти на всем своем протяжении спланирован.

Рельеф площадки относительно ровный, с небольшим уклоном на северо-запад. Высотные отметки поверхности изменяются в пределах 131,75-132,71 м (в системе высот г. Перми). Участок изысканий представляет собой пустырь, частично заросший кустарником, - площадка бывшего детского сада. В настоящее время здание детского сада снесено по причине аварийности. Со слов жителей района детский сад перестал функционировать около 2-3 лет назад, из-за неравномерной просадки фундамента с образованием вертикальных трещин по всей высоте здания. Предпринятые попытки укрепления фундамента путем заливки бетонного раствора под фундамент результатов не принесло. На период проведения настоящих работ сохранился фундамент (0.5-0.7 м высотой), занесенный снегом. Отличительной особенностью участка изысканий является его расположение на территории разработок медистых песчаников, проводившихся в конце XVIII - начале XIX веков (арх. 1219, фонды ОАО «ВерхнекамТИСИЗ»).

На основании документов: распоряжения Совета Министров РСФСР за №4842 от 23.10.62г.; районирования территории г.Перми по отчету Пермского геологоразведочного треста, 1968г.; заключения-рекомендаций ВНИМИ от 29.01.71г.; протокола совещания у заместителя председателя Пермского облисполкома от 03.02.71г.; на таких участках необходимо изучать геологическую обстановку скважинами глубиной 30м с целью обнаружения возможного появления медистых песчаников.

Ближайшая старая горная выработка № 303 (по речке Балатовой) расположена в ~50 м восточнее проектируемого объекта.

В 1964 г. детальным обследованием участка отмечено, что площадка дошкольного учреждения (арх. 173г) расположена на шахтном отвале, устье ствола шахты находится в 20-22 м к северу от шурфа №1.

При изысканиях в 1972 г. на площадке дома на ул. Мира, 76а (арх. 1610) (около 270 м юго-западнее проектируемого объекта) в интервале глубин от 8.6 до 11.2 м встречены старые горные выработки в виде полостей, заполненных рыхлым щебенистым материалом с остатками деревянной крепи.

При изысканиях в 1980 г. на площадке между домами на ул. Мира, 76а и 78а (арх. 1610) (около 260 м юго-западнее проектируемого объекта) на глубине 12.6 м (отм. 127.6 м) была вскрыта незаполненная полость под хорошо сохранившейся крепью высотой 2.0 м.

На основании вышеописанных природных условий и в соответствии с приложением Б СП 11-105-97 район изысканий относится к III категории сложности по инженерно-геологическим условиям.

### **Инженерно-геологические и гидрогеологические условия**

В геологическом строении участка работ на разведанную глубину (30 м) принимают участие породы пермской системы, представленные переслаиванием аргиллитов и песчаников, перекрытые четвертичными аллювиальными глинистыми и песчано-гравийными грунтами. С поверхности площадка покрыта толщей насыпных грунтов. Участками встречен почвенно-растительный слой (0,2 м). Геолого-литологический разрез участка следующий (сверху вниз):

1). Четвертичные техногенные отложения – tQ.

2). Насыпные грунты представлены, песчаными и глинистыми грунтами, с неравномерным содержанием крупнообломочных включений (гравий, галька) и строительного мусора (обломки кирпича, бетона, стекла) – от единичных включений до 15%. На период проведения работ грунт до глубины 0,7 м мерзлый. Возраст отсыпки более 30 лет. Насыпные грунты образованы в результате засыпки лога, обозначенного на топосъемке 1953 г. (материалы «Гипрокоммунстроя» 1953 г., топосъемка масштаба 1:5000 (рис. 2) и вскрыты на всей площадке с поверхности, под почвенно-растительным слоем и асфальтом. Мощность 2,3-4,8 м.

3). Четвертичные аллювиальные отложения – aQ.

Песок средней крупности, коричневый, средней плотности, средней степени водонасыщения, ниже уровня грунтовых вод – насыщенный водой, с частыми прослойками суглинка туго- и мягкопластичного, с неравномерными включениями гравия и гальки от единичных до 20%. Слой вскрыт под толщей насыпного грунта на глубине 2,3-4,8 м. Мощность 0,5-5,9 м.

4). Суглинок коричневый, тяжёлый песчанистый, легкий песчанистый, туго- и мягкопластичный, с частыми линзами песка мелкого, средней степени водонасыщения и насыщенного водой, редко с линзами глины легкой пылеватой полутвердой и тугопластичной. Слой вскрыт на глубине 3,4-9,0 м. Мощность 1,3-2,9 м.

5). Отложения пермской системы – P<sub>1u</sub>.

Кровля коренных пород на участке неровная, понижение кровли происходит в западном направлении. Коренные породы залегают на глубине 3,0-13,0 м (отм. 118,8-129,7 м) и представлены переслаиванием песчаников и аргиллитов.

Песчаник коричневый, зеленовато-коричневый, мелкозернистый на глинисто-известковистом цементе, от малопрочного до средней прочности, размягчаемый, неравномерно выветрелый, трещиноватый, с прослойками и гнездами аргиллита вишнево-коричневого, сильновыветрелого, трещиноватого. Породы по трещинам обводнены.

Аргиллит вишнево-коричневый, сильновыветрелый, трещиноватый, с прослойками песчаника коричневого, мелкозернистого (до 20 см).

Ниже уровня подземных вод коренные породы по трещинам обводнены.

В верхнем слое песчаников с признаками меденосности, залегающих на глубинах от 3,0 до 13,0 м в трех скважинах (№№1, 6 и 7) были встречены пустоты, участками заполненные рыхлым щебенистым материалом с остатками

деревянной крепи. В скважине №2 отмечена зона перемятия коренных пород, местами разрушенных до щебня. Обнаруженные выработки сосредоточены в юго-восточной части площадки. Кровля пустот отмечена на глубине 10,5-11,2 м (отм. 121,3-121,8 м), подошва пустот зафиксирована на глубине 11,7-12,8 м (отм. 119,9-120,4 м), высота составила 0,9-1,6 м. Зона перемятия коренных пород отмечена в интервале 12,4-14,5 м (отм. 118,1-120,2 м). Ниже этих глубин признаков пустот не встречено.

В соответствии с полевым описанием грунтов, данными лабораторных исследований, выделены следующие инженерно-геологические элементы:

ИГЭ 1 – насыпной грунт, сложенный преимущественно глинистыми грунтами.

ИГЭ 2 – песок средней крупности, средней плотности, средней степени водонасыщения и насыщенный водой.

ИГЭ 3 – суглинок легкий песчанистый, легкий пылеватый, реже тяжелый песчанистый и пылеватый, туго- и мягкопластичный.

ИГЭ 4 – гравийный грунт с песчаным заполнителем.

ИГЭ 5 – песчаник неравномерно выветрелый.

ИГЭ 6 – аргиллит сильновыветрелый.

Среди геологических процессов и явлений, осложняющих инженерно-геологические условия, на территории исследуемого участка также можно отметить подтопление и пучинистость грунтов в зоне сезонного промерзания. Согласно приложению И СП 11-105-97 часть II площадка строительства отнесена к участку 1-А-2 - сезонно подтапливаемые.

По результатам инженерно-геологической рекогносцировки отмечено, что в летнее время на участке снесённого здания детского сада наблюдается выход подземных вод на поверхность земли. При производстве изысканий (февраль 2014 г.) на участке было встречено 2 гидравлически связанных между собой горизонта подземных вод: грунтовые воды четвертичных отложений и трещинно-пластовые воды коренных пород. Появление подземных вод отмечено на глубине 6,8-7,5 м, установившийся уровень зафиксирован на этих же глубинах (отм. 124,1-125,7 м).

### **Заключение**

На основании вышеописанных природных условий и в соответствии с приложением Б СП 11-105-97 район изысканий относится к III категории сложности по инженерно-геологическим условиям. Отличительной особенностью участка изысканий является его расположение на территории разработок медистых песчаников, проводившихся в конце XVIII - начале XIX веков (арх. 1219, фонды ОАО «ВерхнекамГИСИЗ»).

В настоящее время не представилось возможным выделить аномальные зоны в контуре здания по причине экранирования старого фундамента. После ликвидации старого фундамента детского сада рекомендуется бурение контрольных скважин с целью обнаружения или отсутствия старых подземных выработок внутри контура здания. В качестве основания для свайных фундаментов проектируемых сооружений, рекомендуются коренные породы, залегающие ниже глубины 13-14 м (т.е. ниже подошвы вскрытых полостей).

Для погружения свай ниже подошвы вскрытых полостей рекомендовано лидирующее бурение во избежание обрушения старых горных выработок. Необходима гидроизоляция подземных частей здания и отвод поверхностных вод с площадки.

Таким образом, автор обращает внимание на необходимость проведения полного комплекса работ по инженерно-геологическим изысканиям для выявления и предупреждения опасности, влияющей на объекты капитального строительства при проектировании на территориях старых горных выработок города Перми.

### **Библиографический список**

1. *Гидрогеология СССР. Том XIV. Урал. М., Недра, 1972.*
2. *Инженерная геология СССР. Том I. Русская платформа. М.: Издательство Московского университета, 1978.*
3. *Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
5. *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.*
6. *Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.*
7. *Копылов И.С., Коноплев А.В., 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.*
8. *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.*
9. *Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 102–112.*
10. *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.*
11. *Пособие по составлению и оформлению документации инженерных изысканий для строительства. Ч. 2. Инженерно-геологические (гидрогеологические) изыскания. М.: Стройиздат, 1986.*
12. *СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М., 2012.*
13. *СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. – Ч. I. Общие правила производства работ. М., 1997.*
14. *СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. – Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М., 2000.*

**В.А. Березнев<sup>1</sup>, В.В. Никифоров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова», г.Пермь.

<sup>2</sup>Горный институт УО РАН - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, г.Пермь

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРЕДЕЛАХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ СОЛЯНЫХ РУДНИКОВ**

*Выполнены исследования физико-механических свойств грунтов по скважинам, расположенных на территории шахтного поля соляного рудника. Проведен количественный анализ всех полученных материалов. Исследованы интегральные характеристики прочностных свойств, которые выражены в виде средневзвешенного значения предела одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии скальных грунтов в пределах терригенно-карбонатной толщи. На основании экспертных оценок определены наиболее ослабленные участки исследуемой территории.*

*Ключевые слова: подработанная территория, инженерно-геологические свойства, терригенно-карбонатная толща, экспертная оценка, ослабленные участки, соляной рудник, провал.*

**V.A Bereznev<sup>1</sup>, V.V Nikiforov<sup>2</sup>**  
Agricultural Academy<sup>1</sup>, Perm  
Mining Institute UB RAS<sup>2</sup>, Perm

## **VARIABILITY OF ENGINEERING-GEOLOGICAL PARAMETERS UNDER THE POTENTIALLY HAZARDOUS SITES OF SALT MINE**

*Investigations of physical and mechanical properties of soils on the wells located in the mine field of the salt mine are carried out. A quantitative analysis of all the materials was carried out. The integral characteristics of the strength properties are studied, which are expressed as a weighted average value of the uniaxial compression limit in the water-saturated state of rocky soils within the terrigenous-carbonate sequence. On the basis of expert assessments, the most weakened sections of the study area were identified.*

*Keywords: underdeveloped territory, engineering-geological properties, TKT, expert assessment, weakened areas, salt mine, failure.*

На территории одного из соляных рудников Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) в 2014 г. произошел провал грунта. В районе провала выполнен комплекс разнообразных исследований. По результатам геофизических наблюдений в пределах исследуемой территории выделены ряд участков с аномальным строением верхней части разреза [3]. Для

заверки и уточнения, пробурены скважины с отбором проб на физико-механические исследования. Во время бурения проведены ГИС и ОФР в скважинах.

На рис. 1 представлена схема, на которой можно видеть провал грунта и положение исследуемых скважин.

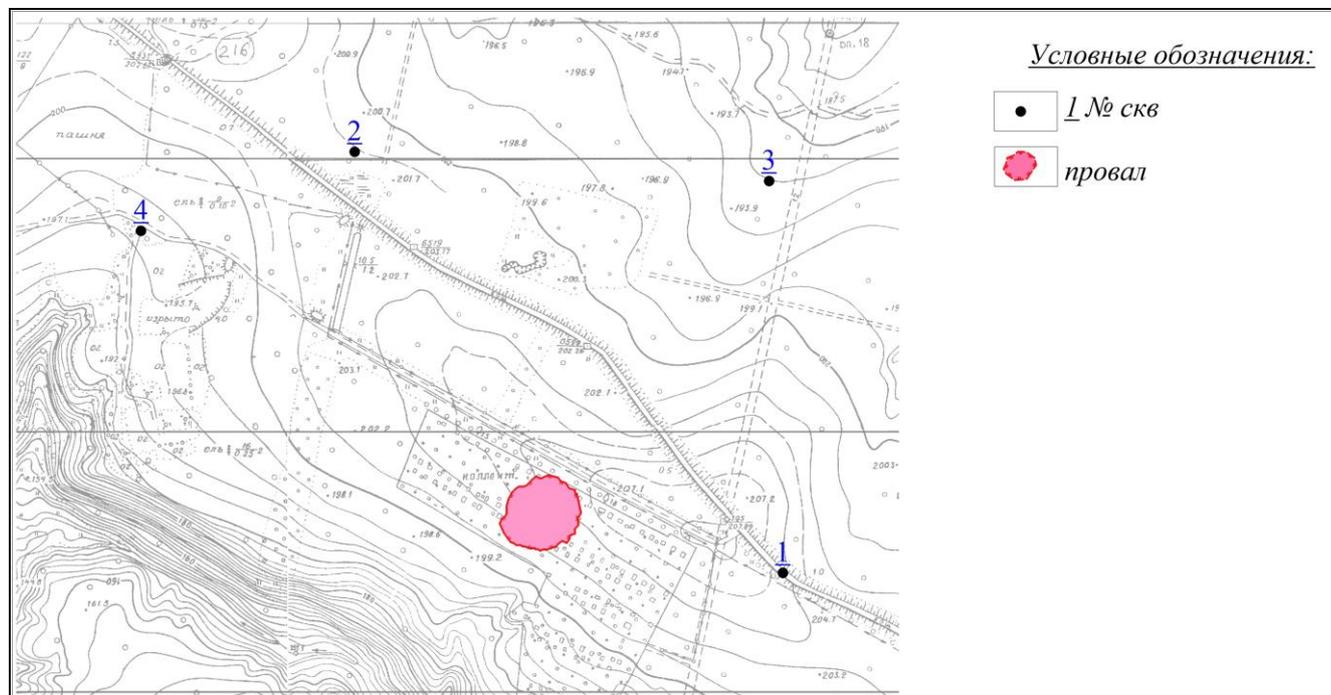


Рис. 1 Схема расположения скважин

Всего на исследование поступило 188 образцов грунта, для которых определялись физические свойства, 112 проб обломочного грунта, определены влажность и гранулометрический состав и 66 проб скального грунта, для которых определены влажность, плотность и сопротивление одноосному сжатию в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии.

**Скважина 1** пробурена в юго-восточной части исследуемой площади до глубины 100,2 м. Пробы в основном представлены дресвой и щебнем известняка и мергеля, на глубине 52,7 м дресва и щебень аргиллита и алевролита. Скальный грунт встречается относительно редко, имеет мощности слоев до 1 м. В целом можно заключить, что вскрытые скважиной породы подверглись весьма значительному техногенному воздействию, что подтверждается сравнительно небольшими суммарными мощностями скального грунта и наличием глинистого заполнителя в обломочных грунтах.

**Скважина 2** пробурена до глубины 98,3 м в северной части исследуемой площади и расположена между скважинами 3 и 4 в непосредственной близости к провалу. Разрез скважины представлен в основном обломочным материалом-щебнем и дресвой известняков и мергелей. Обломочный грунт переслаивается скальными и полускальными известняками и мергелями небольшой мощности (2-3 м) Встречены две пачки скального малопрочного и пониженной прочности известняка и мергеля на глубине 52,8-62,0 м. В целом можно заключить, что

породы, вскрытые скважиной 2, а, как и породы скважины 1, подверглись весьма значительному техногенному воздействию, что подтверждается сравнительно небольшими суммарными мощностями скального грунта, прочность и плотность которого с глубиной уменьшается и наличием глинистого заполнителя в обломочных грунтах.

**Скважина 3** находится на северо-востоке площади, пробурена до глубины 135,8 м. Разрез скважины представлен глинистым грунтом с небольшими прослоями песка мелкого и средней крупности до глубины 19,3 м, далее наблюдается разрез, представленный обломочным материалом, чередующийся со скальными слоями известняков. На глубинах с 19,3 в до 135.8 м четко выделяются 4 пачки известняков. Предварительный анализ разреза этой скважины позволяет сделать заключение о наиболее благоприятной ситуации по сравнению со скважинами 1 и 2. Это обусловлено сравнительно большой долей в разрезе скального грунта, который характеризуется более высокими значениями сопротивления одноосному сжатию.

**Скважина 4** расположена на северо-западе площади и пробурена до глубины 121 м. Исследование проб скважины 11, а позволяет охарактеризовать разрез с глубины 15,3 м до 121,0 м как чередование скальных и обломочных грунтов. Глинистые грунты в разрезе практически отсутствуют за исключением глубины 35,4 -37,3 м, где пробы представлены туго и мягкопластичными суглинками и глинами. Скальные грунты представлены известняками и мергелями. Происходит снижение прочности скального грунта с глубиной. Однако частое переслаивание скального грунта с обломочным по всему разрезу в значительно большей степени характеризует прочностные свойства массива в целом, чем прочность отдельных слоев. По степени ослабленности терригенно-карбонатной толщи разрез этой скважины может быть отнесен к средним показателям между скважинами 2 и 3.

Методика экспертной оценки подработанной территории, более подробно рассмотрена в работах [1, 2]

На рис.2 представлено распределение мощности обломочного грунта по скважинам. Как уже отмечалось выше, обломочный грунт, представленный дресвяными и щебенистыми разностями, имеет весьма значительные мощности во всех скважинах. По сути общая мощность крупнообломочного грунта в каждой скважине составляет около половины глубины скважины.

Верхняя часть разреза, представленная глинистыми, иногда песчанистыми разностями, изменяется в пределах 14-31м. Как было отмечено ранее физические свойства этой толщи определены не во всех скважинах.

Определены мощности скальных грунтов, в которых наблюдается частое переслаивание с обломочным грунтом. На рис. 3 представлено распределение мощностей скального грунта по скважинам.

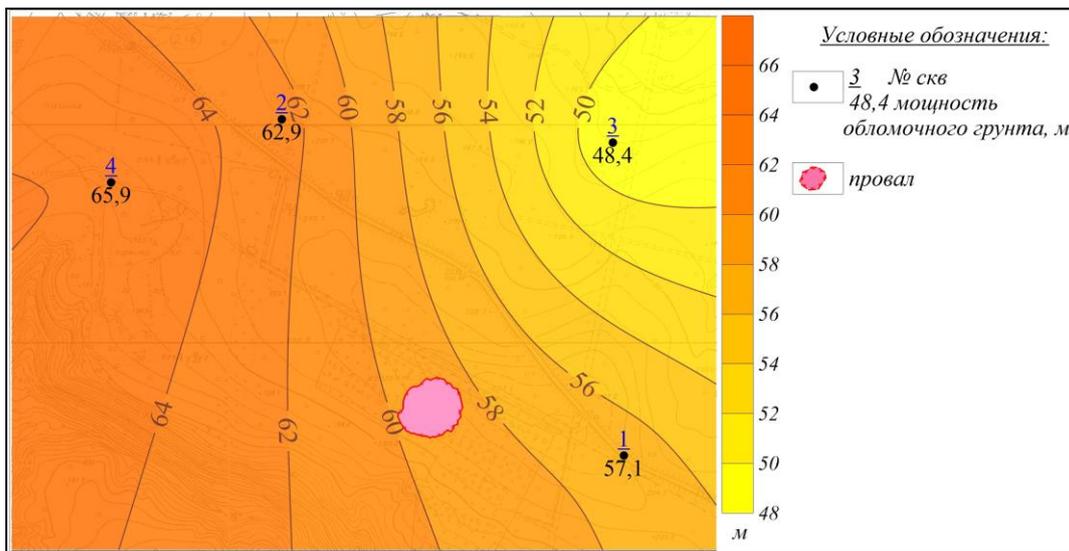


Рис. 2. Распределение мощностей обломочного грунта по скважинам, м

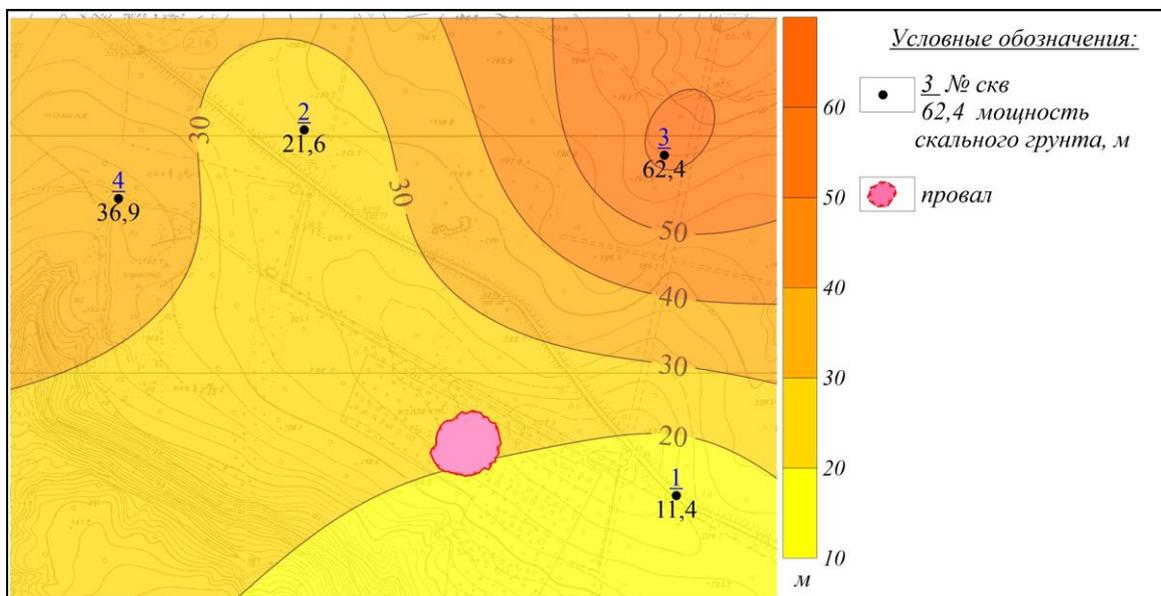


Рис. 3. Мощности скального грунта: песчаника, известняка, алевролита, м.

Мощность скального грунта по абсолютной величине не позволяет сравнивать скважины разной глубины. Поэтому введен параметр относительной мощности – выраженное в процентах отношение суммы мощностей скального грунта к общей глубине скважины.

Глубина скважины 3 – 135,8 м. Мощность скальной толщи в разрезе 62,4м, соответствует 45,9 % от общей глубины скважины. Мощность скального грунта является самой высокой из четырех исследованных скважин. Наиболее близкие значения 36,9 м соответствуют скважине 4. Естественно ожидать, что массив грунта, вскрытый этими скважинами, более устойчив к возможным деформациям, чем в скважинах 2 и 1, где скальный грунт составляет 22,0 и 11,2 % соответственно.

Поскольку прочность толщи во многом определяется сопротивлением одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии, то по результатам лабораторных испытаний были определены его средневзвешенные значения

$$R_{c\text{mt}} = \frac{\sum R_{ci} \cdot h_i}{\sum h_i}, \text{ где}$$

$R_{ci}$  - сопротивление одноосному сжатию каждого образца скального грунта мощности  $h_i$ .  $R_{c\text{mt}}$  является более объективным показателем, чем отдельно взятые характеристики прочности.

Средневзвешенное значение предела прочности  $R_{c(\text{mt})}$  в водонасыщенном состоянии составляет 6,64 МПа в скважине 3 – является наивысшим показателем. Наиболее близкие значения  $R_{c(\text{mt})}$  отмечаются в скважине 4 – 6,42 МПа. Мощность нескального грунта в толще скального составляет в скважине 3 - 34% что, по нашему мнению, ставят разрез этой скважины в ряд наиболее прочных, не измененных подработкой.

На рис. 4 приведены изолинии этого параметра, анализ которых позволяет заключить, что наиболее проблемным для верхней части разреза является участок скв.1, а изгиб изолиний в северо-западном направлении в сторону скв.2 - выделить ослабленную зону в створе этих скважин.

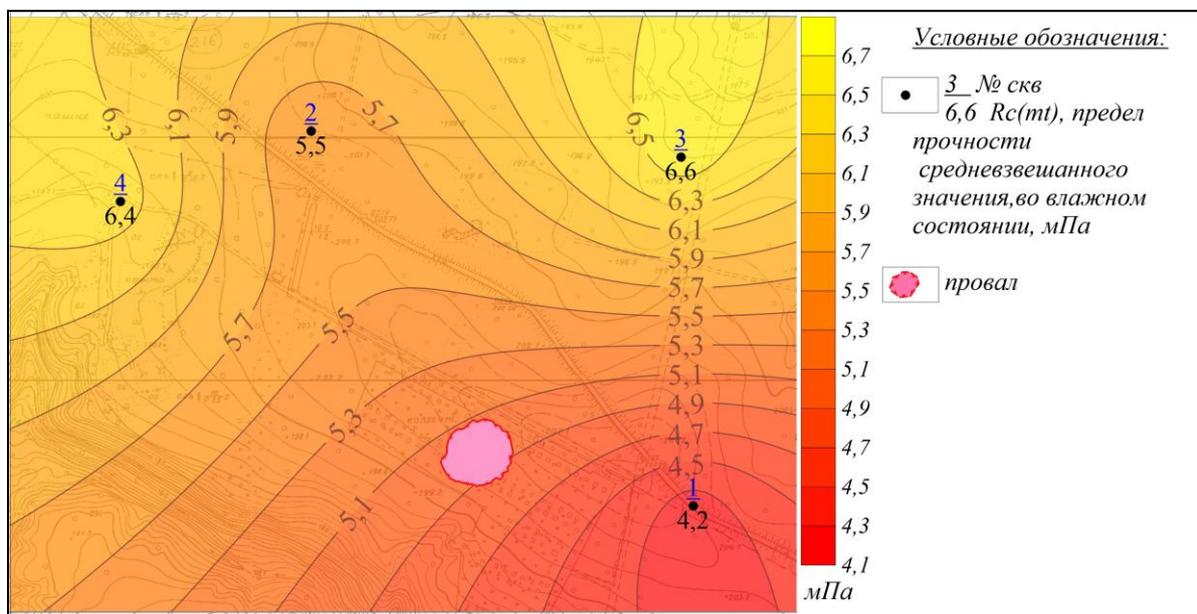


Рис. 4.  $R_{c(\text{mt})}$ , предел прочности средневзвешенного значения в водонасыщенном состоянии, МПа

Поскольку состояние терригенно-карбонатной толщи определяется как качественными параметрами (литологическими особенностями разреза), так и количественными, к которым можно отнести мощности отдельных слоев и характеристику прочности скального грунта, введена балльная оценка этих параметров. При мощности скальной толщи 90-100% - 10 баллов, далее уменьшение мощности на 10% соответствует уменьшению на 1 балл. Значению  $R_{c\text{mt}} = 10$  МПа, - 10 баллов, поэтому интервалу 6-7 МПа соответствует 7 баллов, далее уменьшению на 1 МПа соответствует уменьшению на 1 балл.

Наиболее ослабленные участки характеризуются значениями от -3 до 3 баллов. Как и следовало ожидать из ранее проведенного анализа наиболее

устойчивыми являются участки скважин 3 и 4, а наиболее проблемными - участки скважин 1 и 2.

На рис. 5 приведены изолинии количественной экспертной оценки по четырем исследованным скважинам. Выделена зона в створе скважин 1 и 2, проходящая через провал с юго-востока на северо-запад. Следует отметить, что зона на юго-западе территории практически не исследована и положение проведенных изолиний в дальнейшем может быть скорректировано.

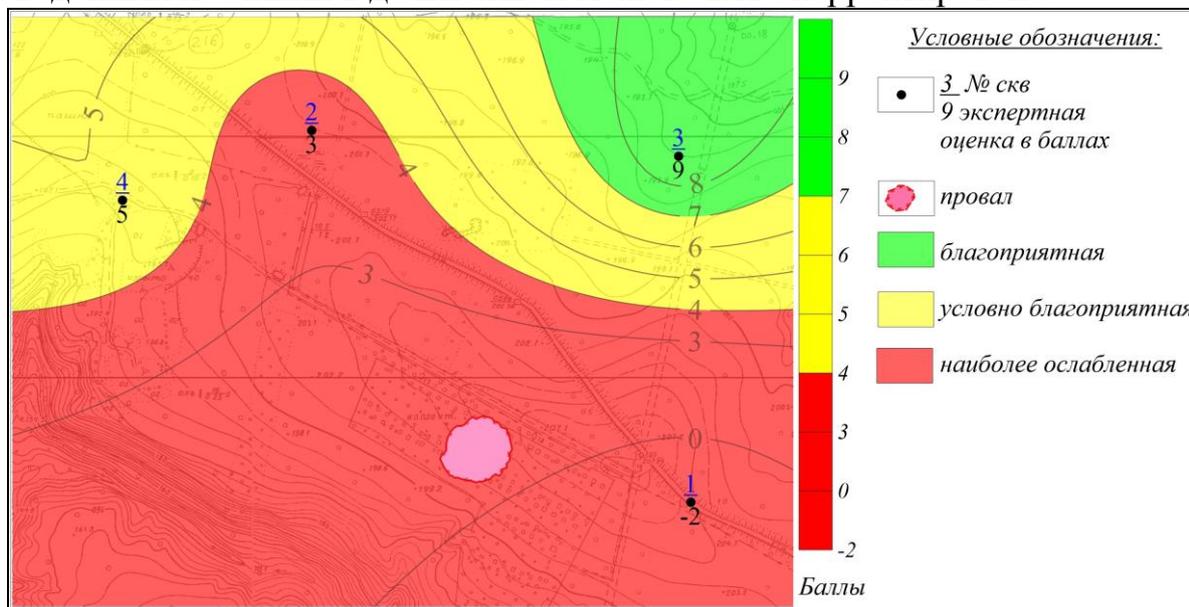


Рис. 5. Экспертная оценка в баллах

Полученные результаты позволяют предположить, преобладающее юго-восточное, северо-западное направления техногенных деформационных процессов в верхней части разреза.

### **Библиографический список**

1. Березнев В.А., Никифоров В.В. Инженерно-геологические критерии вы явления потенциально опасных участков подработанной территории // Мат-лы Международной научно-практической конференции / Под ред. В. М. Шестопалова, М. Г. Демчишина, В. А. Кендзеры, Ю. А. Маслова. К.: Феникс, 2013. С. 205-216.

2. Никифоров В.В. Инженерно-геологические исследования негативных последствий техногенных процессов // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013 №4, изд-во Горная книга. Москва, 2013. С. 390-396.

3. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсмозазведки МОГТ. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 167 с.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНОЙ И СРЕДНЕЭТАЖНОЙ  
ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В С. МИХАЙЛОВКА, МР УФИМСКИЙ,  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

*Изучены инженерно-геологические, гидрогеологические условия, определены мощности, изучены геологическое строение и физико-механические свойства грунтов.*

*Ключевые слова: инженерная геология, гидрогеология, Республика Башкортостан*

**O.V. Bobrov**

Bashkortostan Republican design and survey Institute, Republic of Bashkortostan

**GEOTECHNICAL CONDITIONS FOR THE DESIGN OF LOW-RISE AND  
MIDSTOREY OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT IN THE VILLAGE OF  
MYKHAILIVKA, MR UFA, REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN**

*Engineering-geological, hydrogeological conditions are studied, the power are determined, the geological structure and physical-mechanical properties of soils are studied.*

*Key words: engineering geology, hydrogeology, Republic of Bashkortostan*

**Введение**

Одной их важнейших инженерно-геологических проблем в Башкортостане и других регионах является изучение возможности использования территорий под мало и средне этажное строительство, а также оценка опасных геологических процессов. Целью инженерно-геологических изысканий являлось изучение геолого-литологического строения и гидрогеологических условий участка, определение физико-механических свойств грунтов в пределах активной зоны сооружения, выявление физико-геологических процессов и явлений, которые могут отрицательно повлиять на строительство и эксплуатацию проектируемых объектов.

**Методика**

В методологическом и технологическом отношении для производства инженерно-геологических изысканий на объекте послужила нормативно-техническая литература [2, 3, 10, 15 и др.] и Программа инженерно-геологических работ. Проведены нижеследующие работы.

*Инженерно-геологическая рекогносцировка* выполнялась с целью получения материалов, характеризующих инженерно-геологические условия исследуемого участка работ, уточнения геоморфологии, наличия поверхностных проявлений физико-геологических процессов (подтопление,

суффозию, карст, эрозия и т.п.), способных отрицательно влиять на строительство и эксплуатацию проектируемых объектов.

*Буровые работы* как основной вид полевых работ, выполнялись с целью изучения геолого-литологического строения, гидрогеологических условий и отбора проб грунта (монолитов) для лабораторных исследований.

*Отбор проб грунта* проводится для решения следующих задач:

- определения физических и механических свойств грунтов;
- оценки пространственной изменчивости свойств грунтов;
- расчленение геологического разреза на инженерно-геологические элементы (ИГЭ);

*Лабораторные исследования* физико-механических свойств грунтов проведены в соответствии с ГОСТами и требованиями межгосударственных стандартов.

### ***Геологическое строение и гидрогеологические условия района работ***

В геоморфологическом отношении территория Уфимского района находится в пределах Прибельской равнины, являющейся частью обширных, сильно расчлененных текучими водами, равнин Высокого Заволжья [1]. На территории изысканий в районе г. Уфы с 40-х годов прошлого столетия проводились работы многими исследователями с целью изучения геологического строения и составления геологических и инженерно-геологических карт, для водоснабжения поселков Затон и Дема с определением запасов и качества подземных вод. На эту территорию имеются геологические и гидрогеологические карты масштаба 1:200000 и 1:50000.

Сводный геолого-литологический разрез следующий (сверху-вниз):

1. Почвенно-растительный слой (hQ4) – чернозем. Развит повсеместно. Мощность слоя 0,3-1,0м.
2. Глина коричневая твердая и полутвердая (adQ). Распространена повсеместно. Мощность слоя 1,0-14,0 м.
3. Глина коричневая тугопластичная (adQ). Распространена повсеместно. Мощность слоя 2,0-8,0м.
4. Суглинок коричневый твердый и полутвердый (adQ). Распространен локально в скв - 2, 5, 7, 17. Мощность слоя 2,0-2,5м.
5. Суглинок коричневый тугопластичный (adQ). Распространен локально в скв - 1, 2, 3, 16, 18. Мощность слоя 1,5-4,0м.
6. Суглинок коричневый мягкопластичный и текучепластичный (adQ). Распространен локально в скв - 1, 2, 17, 18. Мощность слоя 0,5-2,0м.
7. Грунт дресвяный (adQ). Распространен локально в скв - 5, 12. Мощность слоя 0,6-1,0м.

Выделено 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

**ИГЭ – 1.** Глина легкая пылеватая полутвердая (adQ). Просадочными (относительная просадочность 0,002) и набухающими (относительное набухание 0,03) свойствами грунты данного элемента не обладают. Поскольку степень влажности  $< 0,8$  (0,923), испытания в водонасыщенном состоянии не проводились. Грунты ИГЭ-1 залегают на глубине промерзания. Показатель текучести равняется 0,149 (слабопучинистый) (табл. 1).

Таблица 1

	кол.проб	мин.	макс	норм	к.вариаци	a=0,85	a=0,95
влажн. природ.	34	0,19	0,3	0,244	0,091	0,248	0,251
коэф. надёжн.						0,984	0,974
влажн. на гр.тек	36	0,28	0,54	0,42			
вл. на гр.раскат.	36	0,19	0,28	0,219			
число пластичн.	36	0,09	0,26	0,20083			
показ. текучести	36	0,04	0,25	0,149			
степень влажн.	31	0,8	1	0,923			
плотность прир.	36	1,85	2,08	1,977	0,023	1,969	1,965
коэф. надёжн.						1,004	1,006
плотн. частиц	36	2,69	2,74	2,733			
плотн. сухого гр.	35	1,48	1,76	1,594			
коэф.пористости	35	0,54	0,851	0,717	0,087	0,728	0,735
коэф.надёжн.						0,985	0,976
пористость	32	37,17	45,99	41,948			
угол.внут.трения	6	20	22,4	20,9	0,039	20,755	20,673
коэф.надёжн.						1,007	1,011
удел.сцепление	6	0,043	0,057	0,048	0,093	0,046	0,045
коэф.надёжн.						1,042	1,068
модуль деформ.	6	23,18	26,28	24,5083	0,048		

**ИГЭ – 2.** Глина легкая пылеватая тугопластичная (adQ). Просадочными (относительная просадочность 0,003) и набухающими (относительное набухание 0,03) свойствами грунты данного элемента не обладают. Грунты ИГЭ-2 залегают на глубине промерзания. Среднепучинистый. (табл. 2).

Таблица 2

	кол.проб	мин.	макс	норм	к.вариаци	a=0,85	a=0,95
влажн. природ.	21	0,23	0,36	0,279	0,109	0,286	0,29
коэф. надёжн.						0,975	0,961
влажн. на гр.тек	21	0,27	0,49	0,387			
вл. на гр.раскат.	21	0,19	0,24	0,21			
число пластичн.	21	0,08	0,25	0,17619			
показ. текучести	21	0,29	0,5	0,388			
степень влажн.	20	0,8	1,01	0,952			
плотность прир.	21	1,86	1,99	1,941	0,021	1,931	1,926
коэф. надёжн.						1,005	1,008
плотн. частиц	21	2,68	2,74	2,727			
плотн. сухого гр.	21	1,37	1,6	1,519			
коэф.пористости	21	0,694	1	0,798	0,092	0,815	0,825
коэф.надёжн.						0,979	0,967
пористость	21	40,96	50	44,215			
угол.внут.трения	12	16,3	22,46	18,733	0,091	18,205	17,892
коэф.надёжн.						1,029	1,047
удел.сцепление	11	0,026	0,037	0,03	0,099	0,029	0,028
коэф.надёжн.						1,033	1,054
модуль деформ.	11	15,86	21,22	19,00727	0,085		

**ИГЭ – 3.** Суглинок тяжелый пылеватый текучепластичный (adQ) (табл. 3). Поскольку степень влажности  $<0,8$  (0,947), испытания в водонасыщенном состоянии не проводились.

Таблица 3

	кол.проб	мин.	макс	норм	к.вариант	a=0,85	a=0,95
влажн. природ.	5	0,27	0,35	0,316	0,089	0,331	0,343
коэф. надёжн.						0,955	0,922
влажн. на гр.тек	5	0,29	0,42	0,354			
вл. на гр.раскат.	5	0,19	0,21	0,202			
число пластичн.	5	0,1	0,21	0,152			
показ. текучести	5	0,57	1	0,774			
степень влажн.	3	0,9	0,97	0,947			
плотность прир.	5	1,42	1,93	1,722	0,128	1,605	1,512
коэф. надежн.						1,073	1,139
плотн. частиц	5	2,7	2,74	2,718			
плотн. сухого гр.	5	0,812	1,39	0,958			
коэф.пористости	4	0,957	48,18	34,884	0,563	46,574	55,814
коэф.надёжн.						0,749	0,625
пористость	4	44,81	48,9	46,87			
угол.внут.трения				13	-	13	8,6
коэф.надёжн.				-	-	1	1,5
удел.сцепление				0,010	-	0,010	0,0087
коэф.надёжн.				-	-	1	1,15
модуль деформ.	0	0	0	5	-	-	-

**ИГЭ – 4.** Грунт дресвяный (adQ). Влажность природная, д.ед. - 0,18. Плотность природная, г/см<sup>3</sup> - 2,00. Условное расчетное сопротивление, кПа - 490

**Подземные воды** в период изысканий (ноябрь 2014г) вскрыты в скважинах 1, 2, 6, 17 на глубине от 7,0 до 12,0м (абс. отм. 138,99-133,37м). Воды безнапорные, поровые и пластово-поровые, приурочены к суглинкам мягко и текуче пластичным. За относительный водоупор принимаются глины твердой и полутвердой консистенции. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в местную эрозионную сеть и частично путем перетока в нижележащие водоносные горизонты. В водообильные периоды возможно образование водоносного горизонта типа «верховодка» участками до глубины 5,0 м.

#### **Обсуждение результатов**

По данным рекогносцировочного обследования на исследованной территории внешние проявления опасных геологических процессов, способных отрицательно повлиять на устойчивость проектируемых зданий и сооружений, не обнаружены.

Участок проектируемого строительства находится на территории «Забелья» в условиях развития сульфатного карста, перекрытого его подкласса. Карстующимися породами являются гипсы кунгурского яруса. Условия

развития карстово-суффозионного процесса и его проявления на поверхности на данном этапе геологической истории в пределах «Забелья» во многом определяется составом и мощностью перекрывающих отложений, а сам процесс носит унаследованный характер и контролируется зонами тектонических, экзотектонических нарушений и палеорусел рек.

Рассматриваемая территория располагается в верхней части восточного склона оврага эрозионно-карстового генезиса, простирающегося в субмеридианальном направлении и открывающегося в долину р. Белой.

В пределах участка проектируемого строительства поверхностные карстопроявления отсутствуют. Существующие воронки, имеющие блюдцеобразную и овальную форму размерами в диаметре от 30 до 120м, приурочены, в основном, к донной части оврага и его отвершков и располагаются на расстоянии более 150м от границы участка проектируемого строительства. Генезис воронок преимущественно карстово-суффозионный.

Установленные в результате дешифрирования аэрофотоснимков карстовые воронки объединены в карстовые поля общим контуром, наведенным на расстоянии 250м от бортов воронок показаны на рис. 1.

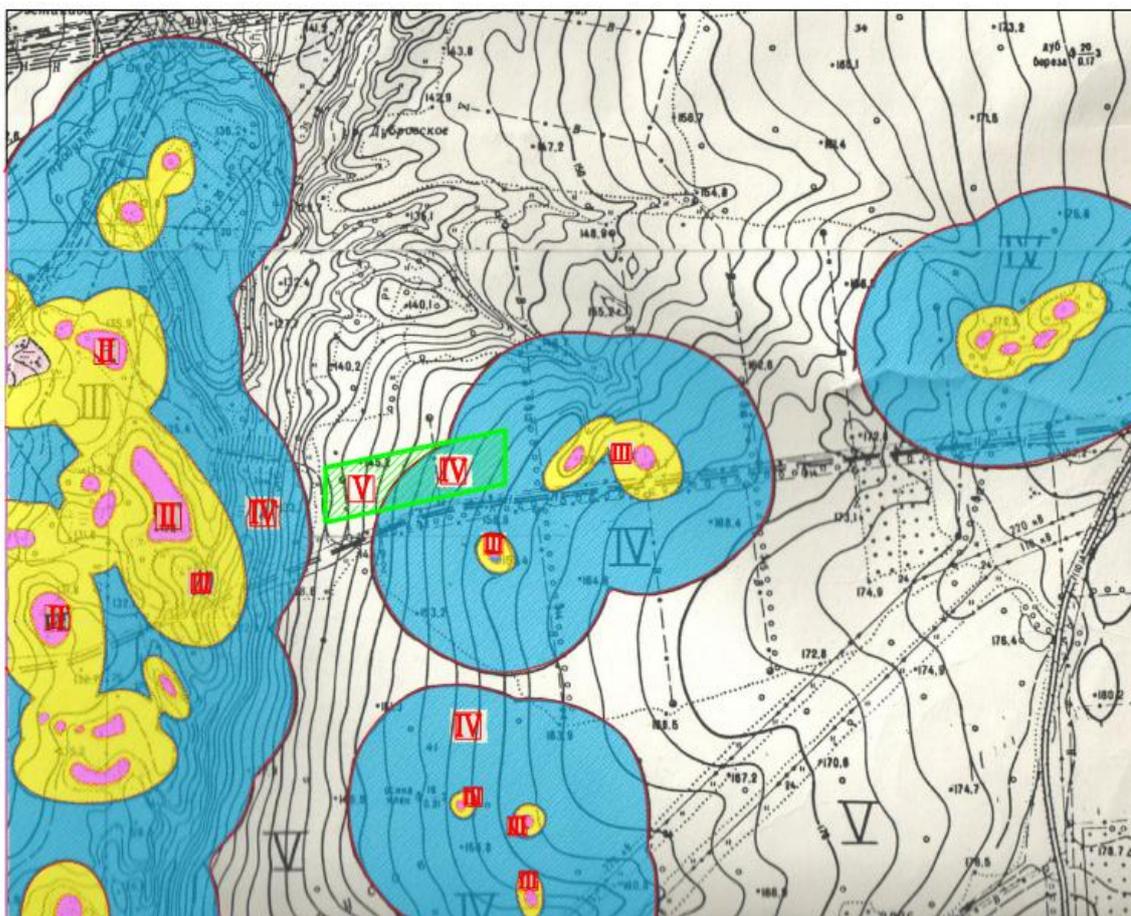
При этом использовалась установленная (Саваренский, 1975г.; Мартин, 1975г.; Миронов, 1979г.) закономерность уменьшения вероятности образования карстовых провалов по мере удаленности от существующих карстовых воронок. Вероятность образования карстовых провалов на расстоянии, превышающем 250м менее 0,01 случая в год на 1 км, т.е. территория за пределами 250м является относительно устойчивой (V категория).

Также известно, что развитие карстовых процессов зависит от степени тектонической трещиноватости. Чем выше плотность тектонических линеаментов, тем выше концентрация карстовых воронок [4-9].

Согласно ТСН 302-50-95. РБ [6] и СП. 116.13330.2012 в пределах участка с V категорией – относительно устойчивой к карстовым провалам возможно строительство зданий и сооружений II уровня ответственности без ограничения этажности с профилактическими мерами противокарстовой защиты.

На участке с IV категорией – несколько пониженной устойчивости относительно карстовых провалов капитальное строительство возможно с профилактическими и конструктивными мерами противокарстовой защиты из расчета на вероятный размер карстового провала диаметром  $2,8 \pm 0,4$ м как для склоновых условий.

Сейсмичность района освоения территории, согласно СП 14.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*) [13] карты ОСР-97-А, В, С оценивается в 5 баллов, что характеризует район как сейсмически неактивный.



Масштаб 1:10000

Рис.1. Карта районирования по карстовой опасности



Рис.2. Условные обозначения к карте районирования по карстовой опасности

### Выводы

После изучения геологического строения и гидрогеологических условий района работ, а также возможности проявления опасных геологических и инженерно-геологических процессов можно с достаточной степенью надежности дать характеристику района работ. Использование данной

территории под мало и средне этажное строительство возможно без ограничений, но с профилактическими и конструктивными мерами противокарстовой защиты.

### **Библиографический список**

1. Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Смирнов А.И. Карст Башкортостана. Уфа. РА «Информреклама» 2002.
2. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. 1996.
3. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. Москва. 2013.
4. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
5. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
7. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. – С. 14-19.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
9. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6.
10. ОСР-97-С Общее сейсмическое районирование РФ.
11. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. М.: Госстрой России, 1997.
12. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
13. СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах. 2011.
14. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. 2012.
15. ТСН 302-50-95 РБ Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях. Уфа, Госстрой РБ, 1996.

**А.В. Буянова**  
Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, г. Казань

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ЖИЛОГО ДОМА НА ТЕРРИТОРИИ П.АЙХАЛ (РЕСПУБЛИКА САХА-ЯКУТИЯ)**

*Рассмотрено геологическое строение площадки под строительство 12 квартирного жилого дома в поселке Айхал. Описано инженерно-геологическое строение участка изысканий, были обработаны результаты лабораторных исследований и построены разрезы.*

*Ключевые слова: инженерная геология, грунт, разрез, скважины, обработка результатов.*

**A.V. Buyanova**  
Kazan Federal University, Kazan, Russia

## **ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEYS FOR CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL HOUSES IN THE TERRITORY AIKHAL (REPUBLIC OF SAHA-YAKUTIA)**

*The geological structure of the site for the construction of 12 apartment houses in the village of Aykhal. Describes the engineering-geological structure of survey area was processed the results of laboratory studies and constructed cuts.*

*Keywords: Engineering Geology, soil, slit, wells, processing of the results.*

### **Введение**

При проведении инженерно-геокриологических изысканий для проектирования и строительства в условиях развития многолетнемерзлых грунтов Восточной Сибири необходимо всесторонне учитывать множество различных факторов и процессов, происходящих в криолитозоне [1, 4-6].

Целью работы изучение инженерно-геологических условий площадки строительства жилого дома в поселке Айхал., влияние процессов в ней происходящих на строительство, выявление наиболее оптимальных путей решения этой проблемы.

### **Инженерно-геологическое строение участка изысканий**

Объектом инженерно-геологических изысканий является 12 квартирный жилой (рис. 1) [7]. При проведении изысканий был выполнен весь комплекс работ (планово-высотная привязка скважин, бурение скважин, опробование грунтов, лабораторные исследования), а также построены разрезы.

Рассматриваемый район относится к Мирнинскому району Республики Саха (Якутия). Район месторождения трубки «Айхал» находится на крайнем северо-западе Якутии (примерно 660 с. ш. и 1110 в. д.). Посёлок построен недалеко от реки Сохсолох.



Рис.1 Ситуационный план площадки [7]

### ***Физико-механические свойства грунтов***

В результате анализа физических свойств грунтов, определенных лабораторными методами, с учетом данных о геологическом строении, криологических условий и литологических особенностях грунтов в разрезе исследованной площадки изысканий автором было выделено 7 инженерно-геологических элемента (ИГЭ). Из них 3 в слое сезонного оттаивания и 4 – в многолетнемерзлой толще. Расчётные значения и нормативные значения физико-механических свойств грунтов основания и их теплофизических характеристик приведены в табл. 1-4 [7].

ИГЭ-1 – Насыпной щебнистый грунт, средней степени водонасыщения

ИГЭ-2 – Щебнистый грунт, средней степени водонасыщения

ИГЭ-3 – Известняк трещиноватый, плотный, прочный, неразмягчаемый

ИГЭ-3а – Известняк трещиноватый, очень плотный, прочный, нельдистый

ИГЭ-3б – Известняк трещиноватый, плотный, сильнольдистый

ИГЭ-4а – Мергель выветрелый до суглинка тяжелого со щебнем и дресвой, засоленный нельдистый

ИГЭ-4б – Мергель выветрелый до дресвяного грунта с суглинистым заполнителем, засоленный, слабольдистый.

Таблица 1

**Нормативные значения основных показателей физико-механических свойств грунтов, слоя сезонного оттаивания**

Номер элемента		Ед. изм.	1	2	3
Влажность грунта	w	д. ед.	0,054	0,088	0,050
Плотность грунта	p	г/см <sup>3</sup>	2,46	2,27	2,44
Плотность частиц грунта	p <sub>s</sub>	г/см <sup>3</sup>	2,87	2,71	2,74
Плотность сухого грунта	p <sub>d</sub>	г/см <sup>3</sup>	2,33	2,09	2,32
Коэффициент пористости	e	д. ед.	0,232	0,297	0,179
Коэффициент водонасыщения	S <sub>r</sub>	д. ед.	0,67	0,80	0,76
Влажность на границе текучести и раскатывания	w <sub>L</sub>	д. ед.	з а 0,28	з а 0,22	н.с.
	w <sub>p</sub>	д. ед.	п 0,20	п 0,17	
Число пластичности и показатель текучести	I <sub>p</sub>	д. ед.	о 0,08	о 0,05	н.с.
	I <sub>L</sub>		л.	л.	
Засоленность грунта и ее степень	D <sub>sal</sub>	%	0,13	0,01	н.с.
Концентрация порового раствора	C <sub>p</sub>	д. ед.	0,0235	0,0011	н.с.
Относительное содержание органического вещества	I <sub>r</sub>	д. ед.	н.с.	н.с.	н.с.
Расчетные удельные касательные силы пучения	τ <sub>th</sub>	кПа	Практ. непучин.	50	н.с.
Водопоглощение		д. ед.	н.с.	н.с.	0,0250

Таблица 2

**Нормативные значения основных показателей физико-механических свойств многолетнемерзлых грунтов**

Номер элемента		Ед.изм.	3а	3б	4а	4б
Суммарная влажность грунта	w <sub>tot</sub>	д. ед.	0,023	0,090	0,161	0,220
Влажность грунта за счет незамерзшей воды, порового льда и ледяных включений	w <sub>w</sub>	д. ед.	0,000	0,000	0,155	0,061
	w <sub>ic</sub>	д. ед.	0,023	0,030	0,006	0,080
	w <sub>i</sub>	д. ед.	0,000	0,060	0,000	0,079
Суммарная льдистость, льдистость за счет порового льда и ледяных включений	i <sub>tot</sub>	д. ед.	0,06	0,22	0,01	0,29
	i <sub>ic</sub>	д. ед.	0,06	0,08	0,01	0,14
	i <sub>i</sub>	д. ед.	0,00	0,14	0,00	0,15
Влажность на границе текучести и раскатывания	w <sub>L</sub>	д. ед.	н.с.	н.с.	0,37	0,31
	w <sub>p</sub>	д. ед.			0,25	0,22
Число пластичности	I <sub>p</sub>	д. ед.	н.с.	н.с.	0,12	0,09
Плотность грунта	p <sub>f</sub>	г/см <sup>3</sup>	2,57	2,44	2,11	1,98
Плотность частиц грунта	p <sub>s</sub>	г/см <sup>3</sup>	2,72	2,74	2,71	2,72
Плотность сух. грунта	p <sub>d</sub>	г/см <sup>3</sup>	2,51	2,23	1,82	1,62
Коэффициент пористости	e <sub>f</sub>	д. ед.	н.с.	н.с.	0,489	0,681
Засоленность грунта и ее степень	D <sub>sal</sub>	%	н.с.	н.с.	0,88 зас.	0,99зас.
Концентрация порового раствора	C <sub>ps</sub>	д.ед.	н.с.	н.с.	0,0518	0,0431
Степень заполнения объема пор льдом и незамерзшей водой	S <sub>r</sub>	д. ед.	0,82	0,40	0,90	0,60
Относительное сжатие грунта при оттаивании	s <sub>th</sub>	д.ед.	практ несж.	0,15	практнесж .	0,16
Водопоглощение	н.с.	д. ед.	0,0237	0,030	н.с.	н.с.
Предел прочности на одноосное сжатие в сухом состоянии в водонасыщенном	н.с.	МПа МПа	116,9	н.с.	н.с.	н.с.

Таблица 3

Расчетные значения теплофизических характеристик грунтов слоя  
сезонного оттаивания

Номер элемента		Ед. изм.	1	2	3
Влажность грунта	w	д. ед.	0,054	0,088	0,050
Плотность скелета грунта	$P_d$	г/см <sup>3</sup>	2,33	2,09	2,32
Кoeff. теплопроводности талого и мерзлого грунта	$\lambda_{th}$	ккал/ (м*ч*град д)	2,29	2,11	1,81
	$\lambda_f$		2,65	2,49	1,98
Объемная теплоемкость талого и мерзлого грунта	$C_{th}$	ккал/ (м <sup>3</sup> *град )	544	559	573
	$C_f$		491	479	523
Температура начала замерзания	$T_{bf}$	град.С	-0,20	-0,15	0,0
Нормативная глубина сезонного оттаивания	$d_{th,n}$	м	4,2	3,5	3,5
Температура на глубине нулевых годовых амплитуд грунтов – $T_0 = -4,0$ °С.	Период температур				
				положительных	отрицательных
Средняя температура воздуха, $T_{th,m}; T_{f,m};$ °С			7,7		-27,6
Продолжительность периода, $t_{th,m}; t_{f,m};$ час			3096		5664

Таблица 4

Расчетные значения теплофизических характеристик многолетнемерзлых  
грунтов

Номер элемента		Ед. изм.	3а	3б	4а	4б
Влажность грунта	w	д. ед.	0,023	0,09	0,161	0,220
Плотность скелета грунта	$P_d$	г/см <sup>3</sup>	2,51	2,23	1,82	1,62
Кoeff. теплопроводности талого и мерзлого грунта	$\lambda_{th}$	ккал/ (м*ч*град д)	2,95	2,35	1,23	1,97
	$\lambda_f$		3,48	2,75	1,24	2,21
Объемная теплоемкость талого и мерзлого грунта	$C_{th}$	ккал/ (м <sup>3</sup> *град)	570	601	686	608
	$C_f$		532	500	681	506
Температура начала замерзания	$T_{bf}$	град.С	0,0	0,0	-2,6	-2,2
Температура на глубине нулевых годовых амплитуд грунтов – $T_0 = -4,0$ °С.	Период температур					
				положительных	отрицательных	
Средняя температура воздуха, $T_{th,m}; T_{f,m};$ °С			7,7		-27,6	
Продолжительность периода, $t_{th,m}; t_{f,m};$ час			3096		5664	

## **Геологические, инженерно-геологические и криогенные процессы, наличие и распространение специфических грунтов**

На площадке изысканий отсутствуют опасные криогенные процессы, за исключением пучинистости грунтов.

Широкое распространение на площадке проектируемых сооружений имеют пучинистые грунты. Расчётные удельные касательные силы морозного пучения к поверхности бетонного фундамента для ИГЭ-2 составляет 50 кПа, грунты ИГЭ-1,2 практически не пучинистые. Категория опасности природного процесса пучение – умеренно опасная [7].

В связи с отсутствием сильнольдистых поверхностных отложений и неглубоким залеганием коренных пород слабольдистых или с массивной криотекстурой, термокарстовые процессы неразвиты.

Согласно СП 14.13330.2011 (Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*), площадка по сейсмической интенсивности не опасна для массового строительства, а так же для строительства объектов повышенной ответственности [2].

### **Прогноз изменения инженерно-геокриологических условий**

Вся территория изысканий в процессе освоения подвергалась и подвергается интенсивному антропогенному воздействию. В этом районе широко развито промышленное строительство - объекты промышленного и гражданского назначения, сеть автодорог, тепло-, водо- несущие коммуникации, газопроводы, линии электропередач.

Для защиты от возможного увеличения морозного пучения грунтов при строительстве объектов и подъездных дорог, необходимо выполнить комплекс гидромелиоративных мероприятий, исключающий доступ атмосферных и техногенных вод в грунты основания, понижающих уровень грунтовых вод, осушающих грунты в слое сезонного оттаивания. Также при необходимости применять открытые и закрытые дренажные системы (водоотводные лотки) [1].

Как показывает практика, строительство и хозяйственное освоение территории приводит к активизации наледеобразования. Основным источником наледей могут стать надмерзлотные воды, выдавливаемые на поверхность в период смыкания верхних и нижних фронтов промерзания, также утечки из водонесущих коммуникаций в зимнее время. Степени потенциальной опасности наледеобразования – умеренно опасные. В связи с отсутствием сильнольдистых поверхностных отложений и неглубоким залеганием коренных пород, слабольдистых, с массивной криотекстурой и морозных, термокарстовые процессы не развиты [4].

### **При проектировании жилых домов рекомендуется:**

- использовать грунты основания по принципу I СНиП 2.02.04-88, СП 25.13330.2012, т.е. с сохранением мерзлого состояния их на весь период строительства и эксплуатации сооружений [7].

- учесть пучинистость грунтов слоя сезонного оттаивания, а также осадку многолетнемерзлых грунтов при оттаивании;

- для уменьшения сил морозного пучения в слое сезонного оттаивания предусмотреть консистентную обмазку свай и обратную засыпку пазух непучинистым крупнообломочным грунтом;
- нагрузку на фундамент производить только после достижения расчетных температур;
- поверхность грунта в вентилируемом подполье проектируемых зданий и сооружений должна быть спланирована с уклоном в сторону наружных отмосток или водосборов, обеспечивающих беспрепятственный отвод воды от сооружения и иметь твердое покрытие;
- инженерные тепловыделяющие коммуникации, размещаемые в вентилируемом подполье, должны быть тепло изолированы;
- предусмотреть мероприятия по охране окружающей среды и инженерной подготовке территории согласно п.6.5.1-6.5.6 СП 25.13330.2012 [8-10].

### **Заключение**

При строительстве на территориях с вечномерзлыми грунтами особое значение имеет правильный выбор площадки для строительства. Кроме того, необходимо выбрать такие объемно-планировочные и конструктивные решения, а также методы осуществления строительства, чтобы обеспечить нормальные эксплуатационные качества здания.

### **Библиографический список**

1. Баранов И.Я. Принципы геокриологического (мерзлотного) районирования области многолетнемерзлых горных пород. М.: Наука, 1965. 149 с
2. Геология СССР. Том 18. М.: Недра, 1979. 535с
3. Зайцев В.Н. Яно-Колымский регион // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М.: Недра, 1989. С.240-280.
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. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.
6. Копылов И.С. 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.
7. Отчёт по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «12 квартирный жилой дом в поселке Айхал». АК «АЛРОСА».
8. СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81.
9. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства Основные положения.
10. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.

**А.В. Гарифулова, А.А. Иванченков, Р.Д. Халиманович, Е.А. Чуракова**  
Пермский государственный национальный исследовательский  
университет

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА БЕРЕГАХ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

*Аннотация: рассмотрены различные условия и факторы, влияющие на подработку берегов камских водохранилищ. В процессе изучения было выявлено, что переработка берегов водохранилищ зависит от структуры пород, гидрологического режима и морфометрии.*

*Ключевые слова: подработка берегов, закономерности, Камское водохранилище, Воткинское водохранилище.*

**A.V. Garifulova, A.A. Ivanchenko, R.D. Khalimanovich, E.A. Churakova**  
Perm State University

## **PATTERNS OF DEVELOPMENT OF THE GEOLOGICAL PROCESSES ON THE SHORES OF THE KAMA RESERVOIR**

*Abstract: the paper examines different terms and factors influencing part time the shores of the Kama reservoir. In the process, it was revealed that the processing of the reservoirs depends on the structure of rocks, hydrology and morphometry.*

*Key words: part time the shores, the patterns of the Kama water storage, Votkinskoe reservoir.*

### **Введение**

Среди современных экологических проблем Прикамского региона большое значение имеет проблема охраны и рационального использования прибрежной территории камских водохранилищ. Это связано с тем, что водохранилища, играя важную роль в хозяйстве Пермского края, нарушают гармонию природных процессов и вызывают необратимые изменения геологической среды побережий. Развитие процессов абразии, эрозии, оползней, карста, суффозии наносит значительный ущерб народному хозяйству. Развитие процессов переработки сказывается не только на территориальных потерях, но и на региональном изменении активности экзогенных геологических процессов, что осложняет освоение прибрежной территории.

Вопросами изучения геодинамики берегов Камских водохранилища занимались многие исследователи Пермского университета (И.А. Печеркин, Ю.М. Матарзин, В.И. Каченов, Г.Б. Болотов, Ш.Х. Гайнанов, А.И. Печеркин, В.Н. Катаев, В.П. Тихонов, В.В. Михалев), Сылвинской гидрогеологической партии Пермской геолого-разведочной экспедиции (Ю.Г. Бурцев, В.Г. Байдин, Н.Н. Назаров, И.С. Копылов) и др. организаций [2-9].

Целью работы является выявление и изучение региональных закономерностей геолого-тектонического строения побережий камских водохранилищ, мероприятий по защите геологической среды от неблагоприятных процессов. Основные задачи: изучение геологического строения пород, слагавших берега водохранилищ; анализ развития геологических процессов на побережье и оценка ущерба наносимого их деятельностью народному хозяйству; мероприятия по защите берегов водохранилищ от переработки.

Изучение берегов и акваторий камских водохранилищ, проводимое Пермским университетом в последнее десятилетие, было направлено на решение нескольких крупных проблем. Установление современной активности экзогенных геодинамических процессов (ЭГП). Для этого на стационарах, многие из которых были заложены еще в 70-х гг. прошлого столетия, с помощью топогеодезических и дистанционных методов проводилось изучение современной скорости переработки берегов. Одновременно велись наблюдения за переформированием прибрежных отмелей и накоплением наносов в акваториях водоемов. Важное место в исследованиях заняло решение вопросов о характере и направленности общей активности рельефообразования в различных частях (районах) водоемов и по мере их развития (с момента образования до современного периода).

#### **Общая характеристика камских водохранилищ**

**Камское водохранилище** расположено в центральной части Пермского края, Воткинское – в юго-западной части, причем южная его граница находится в пределах Удмуртской республики. Наполнение Камского водохранилища начато в 1954 г. и закончено весной 1956 г., когда уровень был доведен до проектной отметки 108,0 м. В 1961 г. отметка НПУ (нормальный подпорный уровень) повышена по экономическим соображениям до 108,5 м. Подпор по р. Каме распространился на 350 км до устья р. Вишера. При общей площади водохранилища в 1915 км<sup>2</sup> объем водной массы составил 12,2 км<sup>3</sup> (табл. 1).

**Воткинское водохранилище** – второй крупный искусственный водоем на р. Каме. Образовано оно в 1961 г. в результате сооружения плотины Воткинской ГЭС ниже устья р. Сайгатки. Наполнено в 1964 г. до НПУ – 89,0 м. Подпор от плотины распространился вверх по течению реки на 360 км до нижнего бьефа Камской ГЭС. Образовался водоем площадью 1120 км<sup>2</sup> и объемом 9,4 км<sup>3</sup> (табл. 1).

Основные региональные факторы формирования инженерно-геологических условий Пермского Предуралья, на территории которого находятся камские водохранилища условно разделены на три группы [7]: 1) физико-географические факторы - орографические, климатические, гидрологические, геоботанические, почвенные условия, 2) геологические факторы - литолого-фациальные условия, структурно-тектоническая обстановка, неотектонические и геоморфологические условия и 3) гидрогеологические факторы. Серьезное влияние на переформирование берегов камских водохранилищ играют антропогенные факторы.

## Характеристика камских водохранилищ

№ п/п	Наименование	Водохранилище	
		Камское	Воткинское
1	Наполнение чаши, год	1954	1961
2	Проектное наполнение, год	1956	1964
3	Нормальный подпорный уровень (НПУ), м	108,5	89,0
4	Уровень сработки (УС), м	101,0	85,0
5	Напор у плотины, м	19,5	22,0
6	Длина водохранилища, км	350	360
7	Ширина водохранилища, км - наибольшая - средняя	13,5 5,5	9,0 3,1
8	Площадь зеркала при НПУ/УС, км <sup>2</sup>	1915 / 650	1120 / 774
9	Объем водной массы при НПУ/УС, км <sup>3</sup>	12,2 / 3,0	9,1 / 6,5
10	Глубина, км - наибольшая - средняя	32,0 6,5	28,0 8,4
11	Длина береговой линии, км	1166	972

**Физико-географические факторы*****Орогидрография***

В орографическом отношении территория, прилегающая к водохранилищам, представляет всхолмленную равнину [1].

Водохранилища образованы в Камской долине и представляют собой сравнительно узкие со значительной извилистостью вытянутые водоемы долинного типа с сезонным регулированием стока. Глубина эрозионного вреза изменяется от 100 до 160 м, ширина – от 3-4 до 25-30 км. Долина реки Кама имеет асимметричное строение: правый склон крутой, обрывистый, сложен коренными песчано-глинистыми породами пермской системы. Левый – низкий, пологий, представлен аллювиальными отложениями надпойменных террас. На всем протяжении водохранилищ река Кама принимает 53 притока, наиболее значительными из которых являются: Косьва, Иньва, Обва, Чусовая, Тулва.

***Гидрометеорологические факторы***

Из всех составляющих гидрологического режима водохранилищ непосредственное и наибольшее воздействие на переформирование берегов оказывают уровенный режим, ветровое волнение, течения.

*Уровенный режим* является одним из важных факторов переработки берегов, поскольку он определяет вертикальную зону волнового воздействия на берег. Волнения при нормальном подпорном уровне и близким к нему уровням вызывает разрушение надводного берегового склона, при более низких уровнях происходит размыв аккумулятивной части прибрежной отмели. Изменения уровня Воткинского водохранилища определяются режимом работы Камской ГЭС и происходят неравномерно по длине водохранилища.

*Ветровое волнение* является важнейшим гидродинамическим фактором переработки берегов. Кроме непосредственного размывающего воздействия на прибрежную зону водохранилищ волны способствуют выветриванию,

размоканию и растворению пород береговых склонов. Они формируют пляжи защищающие берег от размыва. Условия развития ветрового волнения на водохранилищах определяются морфологией чаши и берегов водоёма, размерами акватории и ветровым режимом.

*Течения.* В условия водохранилищ берегоформирующее значение имеют ветроволновые и стоковые течения. Первые активно действуют в зонах постоянного подпора, вторые – преимущественно в верхней зоне водохранилищ. К ветроволновым течениям относятся вдольбереговые волноприбойные, вдольбереговые ветровые и компенсационные. Стоковые течения выполняют эрозионную роль. Скорость течения служит одним из главных показателей, которые необходимо учитывать при оценке участия русловой эрозии в переработке берегов.

### **Геолого-гидрогеологические факторы**

#### ***Литолого-фациальные условия***

Прибрежная зона камских водохранилищ сложена пермскими и четвертичными отложениями. Более древние образования залегают ниже уреза водохранилища и не участвуют в процессах переформирования берегов.

*Пермская система* – отложения системы представлены в береговых склонах приуральским, биармийским и татарским отделами.

*Приуральский отдел* – на поверхность выходят породы кунгурского яруса.

*Кунгурский ярус* включает в себя иренский горизонт, представленный гипсами, ангидритами, с прослоями известняков и доломитов. Закарстованные породы обнажаются в берегах Камского водохранилища и в долинах рек Чусовой и Сылвы. Мощность горизонта около 100 м.

*Уфимский ярус.* Эрозионным врезом р. Камы вскрыты отложения соликамского и шешминского горизонтов. Отложения соликамского горизонта представлены чередованием плитчатых трещиноватых мергелей, глин и известняков с прослоями песчаников. Мощность горизонта от 90 до 100 м. Шешминский горизонт представлен глинами, песчаниками, алевролитами с линзами конгломератов. Характерная особенность отложений горизонта – загипсованность. Породы горизонта по площади и в разрезах не выдержаны, часто сменяют друг друга. Мощность от 260 до 320 м.

*Биармийский отдел.* Казанский ярус – отложения представлены красноцветными континентальными образованиями – песчаниками, конгломератами, алевролитами и глинами. Мощность отложений 70 – 140 м.

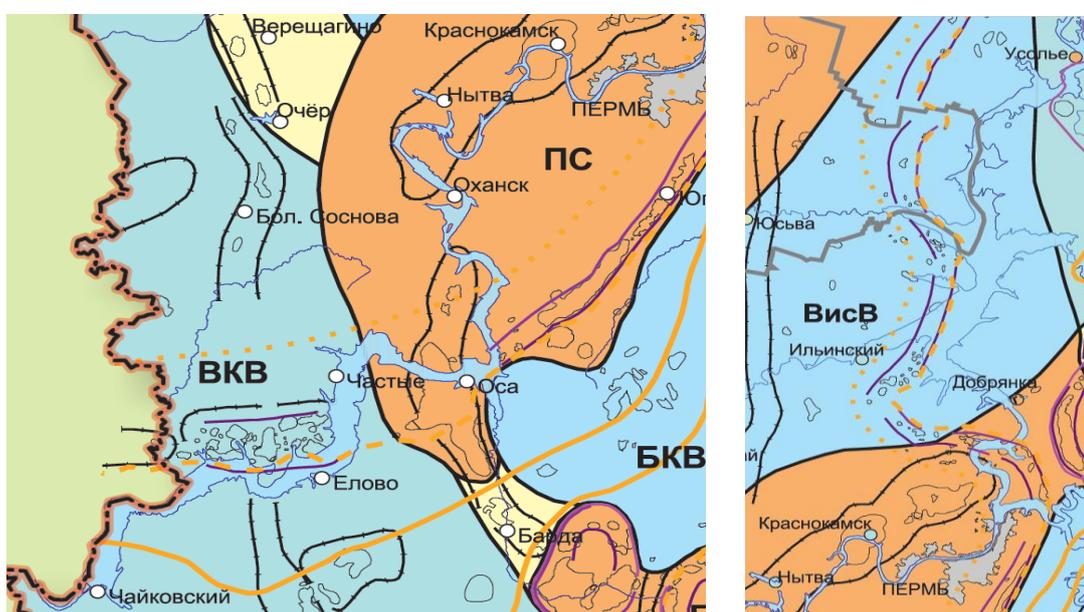
*Татарский отдел.* Отложения слагают береговые склоны в нижней части Воткинского водохранилища. Литологически они представлены красноцветной песчано-глинистой толщей с прослоями мергелей, известняков и конгломератов. Мощность отложений достигает 250 м.

*Четвертичная система.* Отложения имеют широкое развитие по всему периметру водохранилищ. Они представлены очень разнообразным по генезису комплексом осадков: аллювием переуглубленных речных долин (песками, глинами, гравийно-галечными осадками), аллювием 1 и 2 надпойменных террас (галечники, пески, иногда перекрытые суглинками и глинами), озерно-

болотными отложениями (торфы, реже гумусированные глины), делювиальными отложениями (суглинки с прослоями грубозернистых песков), элювиальными отложениями (рыхлые суглинки, галечники), эоловыми отложениями (мелкозернистые пески).

### ***Тектоника и неотектоника***

Рассматриваемая территория приурочена к крупным структурно-фациальным зонам восточной части Восточно-Европейской платформы и Предуральяского краевого прогиба [1, 5]. Общей тенденцией тектонического развития Урала и его обрамлений во второй половине кайнозойской эры, являются поднятия. Они начались еще в олигоцене, обусловив регрессию палеогеновых морей, но более отчетливо проявились в неогене. Поднятия имели колебательно-волновой характер и сменялись эпохами региональных или локальных опусканий.



Воткинское водохранилище

Камское водохранилище

ВисВ – Висимская впадина; ПС – Пермский свод; ВКВ – Верхнекамская впадина;  
БКВ – Бымско-Кунгурская впадина

Рис. 1. Фрагмент карты тектонического районирования [1, 5]

Пространственные закономерности развития геологических процессов во многом определяются условиями, сформированными в ходе тектогенеза данного участка земной коры. Так история тектонического развития Прикамья предопределила закономерности распределения в пространстве геологических формаций и комплексов пород и обусловило особенности строения долины р. Камы и ее притоков. Отрицательные тектонические структуры способствовали образованию озеровидных расширений в Камской долине и накоплению аллювиальных отложений.

Одним из ведущих региональных факторов является неотектоническая активность территории, поскольку именно она, наряду с климатом, определяет общий геоструктурный план территории, степень активности и активизации

различных процессов, в том числе экзогенных [10]. Именно поэтому изучение и оценка неотектонической активности территорий является важной научной и практической задачей, решение которой позволяет прогнозировать изменения активности экзогенных процессов, а значит и предсказывать возможные негативные последствия, своевременно их предотвращать.

Оценка неотектонической активности Пермского Приуралья и Урала проведена И.С. Копыловым, на основе линеаментно-геодинамического и морфонеотектонического анализов. Выделены геодинамические активные зоны которые обуславливают развитие экзогенных геологических процессов [4, 5].

С проявлением новейших тектонических движений связываются развитие таких геологических процессов на берегах водохранилищ, как эрозия, оползни, обвалы, заболачивание. Отмечается, что неотектонические движения, обычно характеризующие унаследованность, усугубляют роль тектонического фактора. Это отражается и в строении береговой зоны водохранилищ. Положительные движения могут обуславливать длительное преобладание абразии берега, а на локальных участках усилить процессы эрозии, оползнеобразования и др. Направленность неотектонических движений определяет тенденцию установившегося режима в развитии геологических процессов, что подтверждается стабильными темпами разрушения берегов на протяжении длительного времени.

#### ***Геоморфологические условия***

При изучении геологических процессов на берегах водохранилищ наибольший интерес представляют формы рельефа, развитые на побережье. Основные формы рельефа, которые в данном случае рассматриваются как геоморфологический фактор формирования и развития экзогенных геодинамических процессов, являются долина р. Кама и прилегающие к ней водораздельные пространства.

По генетическому признаку выделяются два основных типа рельефа: денудационный и эрозионно-аккумулятивный. Денудационный рельеф представлен древними поверхностями, занимающими наивысшие абсолютные отметки (180-200 м) водораздельных пространств. Эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные формы рельефа обязаны своим образованием деятельности водного потока р. Камы. Эти формы представлены коренными склонами долины и террасовыми ступенями. На побережье выделяют I, II, III и IV надпойменные террасы. Причем I и II террасы – аккумулятивные, а III и IV – эрозионно-аккумулятивные.

Другой формой рельефа являются береговые склоны долины р. Кама, сложенные коренными песчано-глинистыми породами верхнепермского возраста. Протяженность их вдоль береговой линии обоих водохранилищ достигает 457 км. Склоны обнажены оползнями и имеют ступенчатый характер.

В области развития карбонатных и сульфатных пород широкое распространение имеют карстовые формы рельефа – воронки, пещеры.

Морфология склонов и конфигурация берегов в плане оказывают большое влияние на характер и интенсивность берегоформирующих процессов. Очевидно, что особенности распределения берегов с различной крутизной,

высотой, расчлененностью обуславливает пространственные закономерности процессов переработки.

### ***Гидрогеологические условия***

Гидрогеологические условия принадлежат к числу важных факторов, определяющих пространственные закономерности развития экзогенных геологических процессов. Никакой другой фактор не реагирует так быстро и в таких масштабах на инженерную деятельность человека как подземные воды. Вызванные созданием водохранилищ изменения в режиме подземных вод приводят к перестройке гидродинамической обстановки на побережье и активирует такие процессы, как карст, суффозию, оползни, подтопление и заболачивание.

По гидрогеологическому районированию территория водохранилищ входит в состав восточной окраины Восточно-русского артезианского бассейна (бассейна первого порядка) и восточной окраины Волго-Камского бассейна (бассейн второго порядка) [3, 5]. По условиям циркуляции вод здесь выделяют: грунтовые воды четвертичных отложений, трещинно-грунтовые водоносных комплексов верхней и средней перми и трещинно-карстовые воды иренских отложений нижней перми. Если водоносный горизонт располагается ниже НПУ, то при сработках водохранилищ под воздействием фильтрующихся вод возникают суффозионные процессы, приводящие к снижению устойчивости береговых склонов.

### **Антропогенные факторы**

Создание камских водохранилищ способствовало развитию не только естественных геологических процессов, но и возникновению антропогенных геологических процессов. В отличие от естественных развитие антропогенных процессов, обусловленных деятельностью человека, останавливается после прекращения инженерного воздействия на геологическую среду.

Ежегодное заполнение и сработка водохранилищ приводит к активизации оползневой деятельности на берегах, проникновение агрессивных поверхностных вод в гипс-ангидритовые массивы вызывает развитие карстово-суффозионных процессов, пренебрежение водоохранными мероприятиями при освоении закарстованных территорий приводит к техногенной активизации сульфатного карста. Вырубка лесов, удаление растительного покрова и другая хозяйственная деятельность активизирует водную эрозию с образованием на склонах промоин и оврагов.

### **Закономерности развития геологических процессов на берегах водохранилищ**

В зоне воздействия камских водохранилищ находятся осадочные горные породы разного генезиса и возраста, отличающиеся литологическим составом, степенью литификации, тектонической нарушенностью, выветрелостью и физико-техническими свойствами. Эти характеристики определяют генетические особенности экзогенных процессов на побережье, а также оказывают существенное влияние на их интенсивность проявления.

В результате изменения гидродинамического режима водохранилища в береговой полосе за урезом могут происходить такие геологические процессы,

как карст, овражная эрозия, суффозия, изменяющие структуру массивов горных пород. Следствие этих процессов является ухудшение геологической ситуации на побережье. В меньшей степени влияние подпора сказывается на развитии подтопления, затопления, засоления грунтов, видоизменяющих почвенно-растительный комплекс и обуславливающих потерю плодородных земель.

Формирование берегов водохранилищ должно быть неразрывно связано с исследованием, как закономерностей развития всей геодинамической системы: береговой массив (подводная и надводная часть) – водная масса, так и ее составляющих элементов. Тип берегов представляет собой систему генетически связанных форм рельефа надводной и подводной части берегового склона, развитие которых обусловлено характером и направленностью геологических процессов до и после создания водохранилищ. И.А. Печеркин берега камских водохранилищ разделяет на абразионные и аккумулятивные [9].

### ***Переформирование абразионных берегов***

Протяжённость их составляет 378 км (39% от общей длины береговой линии) на Воткинском и 591 км (51%) на Камском водохранилищах. Площади потерянных от берего-разрушения земель за время существования водохранилищ достигли соответственно 1276 и 2140 га, объем размытых пород – 90 и 204 млн.м<sup>3</sup> (табл. 2).

Таблица 2

Площади и объемы потерянных земель от берегоразрушения камских водохранилищ

Водохранилище	Длина береговой линии, км	Площадь потерянных земель, га	Объем размытых пород, млн. м <sup>3</sup>
Воткинское	378 (39%)	1276	90
Камское	591 (51%)	2140	204

Осыпные берега, в дисперсных несвязных породах, представленные в основном песчано-галечными отложениями, имеют протяженность 48 км (5% от общей длины береговой линии) на Воткинском и 69 км (6%) на Камском водохранилищах (табл. 3).

Таблица 3

Площади и объемы потерянных земель от берегоразрушения камских водохранилищ по типам берегов

Тип берега	Длина береговой линии, км	Площадь потерянных земель, га	Объем размытых пород, млн. м <sup>3</sup>
Воткинское водохранилище			
Осыпной	48 (5%)	100	3
Обвальный	164(17%)	953	67
Оползневой	94(10%)	140	8
Камское водохранилище			
Осыпной	69(6%)	275	8
Обвальный	131(11%)	1009	70
Оползневой	87(7%)	209	13
Закарстованный	100(9%)	320	64

Переформирование осыпных берегов в нижней и средней гидрологических зонах водохранилищ происходит преимущественно по абразионному типу в результате размыва волнами. В период наполнения и первые годы эксплуатации камских водохранилищ отмечались очень высокие темпы переформирования берегов.

Вследствие низкой устойчивости к размыву ведущим фактором в переформирования песчаных берегов в гидрологических зонах является ветровое волнение, энергетический потенциал которого расходуется не только на разрушение береговых уступов, но и на создание динамически устойчивых аккумулятивных форм в прибрежной зоне. Основным берегоформирующим процессом является русловая (боковая) эрозия.

Обвальные берега, в дисперсных связных породах, представленных в основном лессовидными суглинками, имеют протяженность 164 км (17%) на Воткинском и 131 км (11%) на Камском водохранилищах.

Несмотря на ограниченное распространение с ним связаны наибольшие масштабы переформирования. За все время существования Воткинского водохранилища потеряно на 1988 год 953 га земель, на Камском – 1009 га. Общий объем разрушенных и смытых суглинков составляет соответственно 67 и 70 млн.м<sup>3</sup> (табл. 3).

Главной особенностью переформирования берегов водохранилищ, сложенных лессовидными пылеватыми суглинками, является быстрая размокаемость пород при водонасыщении, распад структурных связей и превращение их в дисперсно-рыхлую массу, легко разносимую волнами малой высоты и течениями. Низкая устойчивость суглинков к волновому воздействию обуславливает отмыв глинистых и пылеватых частиц в открытую часть акватории. В результате чего осадконакопление на прибрежной отмели отсутствует или крайне незначительно. Отмель носит абразионный характер, что сказывается на динамике формирования береговых уступов.

Ведущими экзогенными процессами, изменяющими геологический облик побережий в дисперсных связных породах, являются оползни, овражная эрозия и суффозия. Снижение прочностных свойств суглинков и нарушение устойчивости берегового массива, происходит в результате их водонасыщения.

Ежегодное наполнение и сработка водохранилищ приводит к разрушению структурных связей. Вследствие этого породы в береговом уступе высыхают, образуются трещины, прочность пород и сопротивляемость размыву снижается.

Оползневые берега. Общая длина оползневых берегов в пределах Камского водохранилища составляет 87 км (7 %), на Воткинском – 94 км (10%). Потеря земель по площади оценивается в 209 и 140 га., по объемам размыва пород – 13 и 8 млн.м<sup>3</sup> (табл.3). Одним из основных условий зарождения оползней является структурный план территории. Современные тектонические движения косвенно через процессы выветривания, абразии, эрозии способствуют появлению новых и активизации старых оползней.

Важными факторами, определяющими характер и интенсивность оползневых процессов, являются уровенный и ветроволновой режим водохранилищ.

Закарстованные берега. Протяженность их составляет 100 км (9% от всей длины береговой линии). За 34 года существования Камского водохранилища в результате переработки было уничтожено примерно 32 га.земляных угодий. Общий объем растворенных пород составил 64 млн.м<sup>3</sup> (табл.3).

Наибольшую опасность при хозяйственном освоении территории представляет не интенсивное разрушение береговых склонов, а развитие в массиве растворимых пород.

Основным фактором переработки сульфатных пород является их способность растворяться в воде. Процессы растворения и выщелачивания развиваются не только в зоне контакта пород со слабоминерализованными водами водохранилища, но и проникают вглубь массива.

#### ***Переформирование аккумулятивных берегов***

Протяженность аккумулятивных берегов составляет 594 км (61 %) на Воткинском, 575 км (49 %) на Камском водохранилищах. Берега не испытывают абразионного воздействия и представляют собой обширные мелководные участки, образовавшиеся в результате затопления низких аккумулятивных террас (табл.4).

Таблица 4

Площади и объемы потерянных земель от берегоразрушения камских водохранилищ

Водохранилище	Длина береговой линии, км	Площадь потерянных земель, га	Объем размывных пород, млн. м <sup>3</sup>
Воткинское	594 (61%)	-	-
Камское	575 (49%)	-	-

Накопление осадков происходит путем перемещения наносов вдоль берега ветровыми и стоковыми течениями. Процесс движения наносов определяется их фракционным составом, параметрами ветроволнового режима, морфологией отмели и структурой вдольбереговых течений. Одной из форм аккумуляции в прибрежной отмели являются пляжи. Они формируются при действии волноприбойного потока и вдольбереговых течений.

В завершении обзора закономерностей переформирования камских водохранилищ можно сформулировать следующие положения:

1. На современном этапе развития водохранилищ, несмотря на стабилизацию процессов берегоразрушения, сохраняются высокие темпы переработки особенно в породах без жестких структурных связей.

2. Более интенсивно процессы переработки развиваются на берегах Камского водохранилища, что связано с особенностями его морфометрии и гидрологического режима.

3. При воздействии водохранилищ изменяется природная обстановка не только в зоне берегового склона, но и на прибрежной территории. Наиболее неблагоприятная ситуация отмечается на обвальных берегах, оползневых берегах и закарстованных берегах.

**Защита берегов водохранилища от переработки** включает как профилактические, так и инженерные (активные) мероприятия.

К первой группе относят мероприятия, направленные на предупреждение развития опасных береговых процессов: планировку береговых откосов, лесомелиорацию — посадку древесно-кустарниковых насаждений на береговых склонах и подводной растительности берегов, запрещение устройства на склонах различных выемок, землечерпательных работ в основании склонов и др.

Вторую группу защитных мер составляют инженерные мероприятия по укреплению береговых склонов. Устраивают различного рода покрытия из камня, асфальта, железобетонных плит, экологичных геосинтетических материалов. При создании очень крупных водохранилищ применяются меры по гашению энергии волн (защитные дамбы, волноломы, буны и др.) Следует принимать специальные антисейсмические меры при проектировании водохранилищ глубиной более 100 м в тектонически активных районах, в связи с возможным развитием «наведенных» землетрясений после заполнения чаши водохранилища [11].

### **Библиографический список**

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов. Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Екатеринбург, 2012. 124 с.: ил.
2. Байдин В.Г. Мониторинг экзогенных геологических процессов на берегах равнинных водохранилищ (на примере Воткинского водохранилища): автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук. М., 1990. 17с.
3. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / Под ред. И.К.Зайцева. М.: Недра, 1972. 648 с.
4. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
5. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
6. Копылов И.С., 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.
7. 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.
8. Михалев В.В. Геологические условия развития геодинамических процессов на берегах Камских водохранилищ: автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Пермь, 1989. 20 с.
9. Печеркин И.А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. Ч. 2. Геологические процессы. Пермь, 1969. 307 с.
10. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 380 с.
11. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов (п. 6. Сооружения и мероприятия для защиты берегов морей, водохранилищ, озер и рек) Актуализированная редакция СНиП 2.01.15-90

**Н.В. Желнин Н.В., Е.А. Ерофеев**

Пермский государственный национальный исследовательский университет

**ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАРСТОВАННОСТИ  
УФИМСКОГО ПЛАТО НА ОСНОВЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКОГО  
ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

Проведен карстологический анализ района Уфимского плато на основе дешифрирования космических снимков. Построены специальные карты.

Ключевые слова: карст, космические снимки, анализ, Уфимское плато

**N.V. Zhelnin, E.A. Erofeev**

Perm State University

**EVALUATION OF SURFACE KARST OF THE UFA PLATEAU KARST ON  
THE BASIS OF INTERPRETATION OF SPACE IMAGES**

Analysis of the karst district of the Ufa plateau on the basis of interpretation of space images is held. Special cards are built

Key words: karst, satellite images, analysis of the Ufa plateau

**Введение**

В карстовых районах для оценки поверхностной закарстованности одним из ведущих методов являются дистанционные аэрокосмогеологические исследования с применением дешифрирования космических снимков (КС). Данная работа посвящена решению научно-практических задач, связанных с количественной оценкой поверхностной закарстованности методами дешифрирования КС. В качестве территории исследований выбран район сульфатно-карбонатного карста Уфимского плато, расположенный в границах Пермского края. Особенностью геологического строения района плато является наличие мощных толщ карстующихся горных пород (известняки, доломиты), обнажающихся на дневной поверхности или залегающие неглубоко от нее [3, 7, 8].

Основная идея работы заключается в использовании дистанционных методов исследования закарстованных территорий.

*Объектом исследований* - является район Уфимского плато, слагающие его горные породы (карбонатные, терригенные, сульфатные) и карстовые формы (провалы, воронки, локальные понижения), отображаемые на космических снимках.

*Предметом исследований* – являются геометрические параметры карстовых форм (диаметр, площадь, периметр), устанавливаемые при дешифрировании КФС; линейные показатели, отражающие характер распространения по площади и геологическому разрезу Уфимского плато

карстующихся и некарстующихся (глинистых, обломочных) горных пород (площадь, мощность). Инженерно-геологические (физико-механические) параметры грунтов и химические свойства подземных вод в представленной работе не рассматриваются.

### Методика и материалы.

Базовый материал, характеризующий геологические условия, а также закарстованность Уфимского плато получен по отчетам государственной гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов 0-40-XXVIII, XXXIV (Синицын и др., 1978; Беляев, 1969) [1].

Исследуемый карстовый район Уфимского плато расположен в административных границах Октябрьского и Суксунского районов Пермского края. Общая площадь исследования составила 3415 км<sup>2</sup> (рис.1).

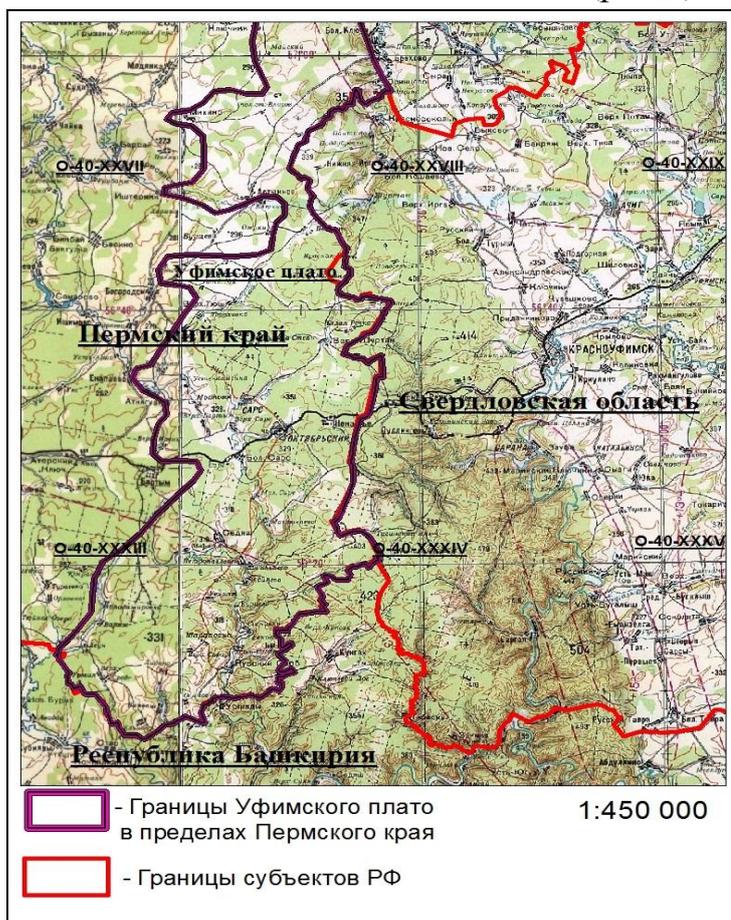


Рис. 1. Обзорная схема района исследования

Основу дешифрирования составили: цветные космоснимки высокого разрешения, предоставляемые Yandex, Google, Bing. Космофотоснимки скачивались при помощи навигационной программы Sas Planet, а затем подгружались в среду Arc Gis. Рабочая проекция - WGS 1984 UTM зона 40.

Последовательность обработки КФС и методика дешифрирования заключались в следующем: в первую очередь выбирались космофотоснимки удовлетворяющими заданным требованиям – качество материалов (разрешение, масштаб, цветность снимка, облачность, время года, и пр.) должны обеспечить возможность надежного выявления карстовых форм на дневной поверхности;

затем территория была разбита по регулярной сетке с шагом 100 м и в едином масштабе 1:2000 тщательно просматривался квадрат за квадратом. Все формы, в зависимости от достоверности их выявления в рельефе и возможности геометризации делились на две темы – полигональную и точечную. Граница формы проводилась по ярко выраженной кромке.

Воронки на КФС выделяются по ряду признаков: форма в плане (круглая, овальная, ассиметричная), заросшая или с ярко-выраженными краями, зачастую с более темным цветом, заполненная водой, снегом и т.д. [4, 9].

Всего на исследуемой территории было выявлено 2916 карстовых форм. При дешифрировании и последующей визуализации форм назначались атрибуты – точечный (геометризация выявленной формы не возможна) или площадной объект (оценка геометрических параметров (диаметр, площадь) при данном разрешении КФС возможна). Точечных объектов выявлено - 38, площадных - 2878.

### Результаты исследований

Результаты оценочного карстологического дешифрирования показаны на диаграмме распределения диаметров карстовых форм (рис. 2) и на карте плотности (рис. 3).

Для построения карты плотности использованы все установленные выявленные формы (точечные и площадные).

Средняя плотность в пределах карстовых полей составила 7,17 вор/км<sup>2</sup>. Максимальная концентрация воронок приурочена к долинам рек Сылва и Шуртан. Наиболее закарстованными являются северо-восточная, центральная и южная части исследуемой территории. Данные территории приурочены водоразделам и долинам рек. Особенно высокая концентрация наблюдается в районе населенных пунктов Алтынное (северная часть карты), Верхний Шуртан (центральная часть).

Анализируя диаграмму распределения диаметров можно указать – наиболее распространенными на территории плато являются воронки, размер которых составляет 3-9 м. Минимальный диаметр – 0,5 м, максимальный – 50,35 м. Средний диаметр – 5,36 м. Суммарная (геометрическая) площадь воронок составила 1,41 км<sup>2</sup>.

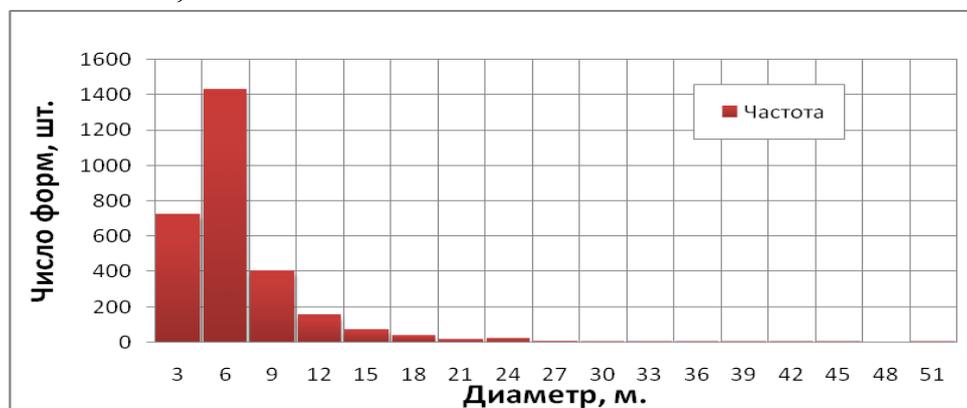


Рис.2. Диаграмма распределения относительных диаметров карстовых форм



Рис.3. Карта плотности карстовых форм

Итогом работы является значительный материал по закарстованности Уфимского плато, на основании которого были проведены дальнейшие исследования оценки степени влияния природных факторов (геологических) на параметры и интенсивность образования карстовых форм. Методической базой послужили положения вероятностно-статистической методики В.В. Толмачева [10, 11]. Подробно методика расчетов изложена Е.А. Ерофеевым, В.Н. Катаевым (2010) в работе [6].

Образование карстового провала происходит под воздействием многочисленных природных факторов, влияние каждого из которых проявляется в виде определения тенденции, которая количественно может быть выражена системой коэффициентов связи  $Q_i$ .

Коэффициент связи  $Q_i$  (1) количественно может быть выражен в следующем соотношении:

$$\frac{n_i(A - A_i) - (n - n_i)A_i}{n_i(A - A_i) + (n - n_i)A_i} \quad (1)$$

где  $A$  — общая площадь территории распространения данного фактора;  $A_i$  — площадь  $i$ -го признака фактора;  $n_i$  — количество карстовых провалов на площади  $A_i$ ;  $n$  — общее количество провалов на данной площади. Величина  $Q_i$  изменяется от  $-1$  (провалы невозможны) до  $+1$  (провалы возможны). Соответственно для каждого выделенного фактора были рассчитаны коэффициенты связи  $Q_i$  (табл.1) на основе которых строился график изменений  $Q_i$  [6].

Таблица 1

## Сводная таблица коэффициентов связи

Признак фактора, м.	Площадь признака $A_i$ , км <sup>2</sup>	Число провалов на площади $A_i$ , шт.	Коэффициент связи Q
Сопряженность коэффициентов связи для проницаемых Q-отложений			
0,2-11	1614,7	1125	0,91
11-22	145,2	2	-0,96
22-45,7	73,4	5	-0,81
Сопряженность коэффициентов связи для непроницаемых Q-отложений			
2-17	2004,4	1977	0,43
17-34	380,4	146	-0,44
34-51,76	17,2	7	-0,37
Сопряженность коэффициентов связи для нижнепермских терригенных (некарстующихся) пород			
0,45-13,8	487,55	311	0,03
13,8-25,99	43,31	26	-0,02
25,99-41,4	2,1	1	-0,14
Сопряженность коэффициентов связи для карбонатных пород			
2-40	850,6	703	-0,03
40-80	1358,1	1429	0,17
80-120	1081,6	723	-0,18

Первым шагом работы было построение комплекса элементарных карт признаков-факторов отражающих геологические условия Уфимского плато, материалом для которых послужили отчеты государственной гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000, выполненных по листам карты О-40-XXVII, XXXIV.

В результате анализа верхней части геологического разреза, ограниченного глубиной поисково-разведочных и эксплуатационных скважин (в сумме-377 скважин), были выделены следующие - наиболее распространение виды отложений, использованные при схематизации геологических условий развития карста:

1. покровные песчаные, гравийно-галечные (проницаемые) отложения неоген-четвертичного возраста, залегающие над карстующимися горными породами;

2. покровные глинистые (непроницаемые) отложения неоген-четвертичного возраста, залегающие над карстующимися горными породами;

3. Нижнепермские терригенные (некарстующиеся) породы;

4. карстующиеся карбонатные;

5. карстующиеся сульфатные.

По каждому литологическому типу были построены соответствующие элементарные карты (рис. 4). Сульфатные отложения имеет подчиненное значение – их доля не велика, из анализа они исключены.

На базе комплекса элементарных карт было проведено районирование территории по типам геологических разрезов (рис.5).

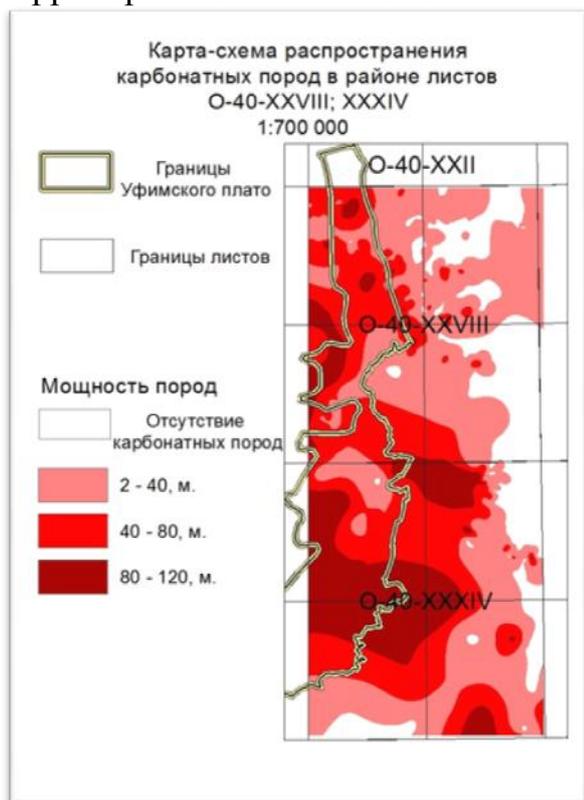


Рис.4. Карта распространения карбонатных пород

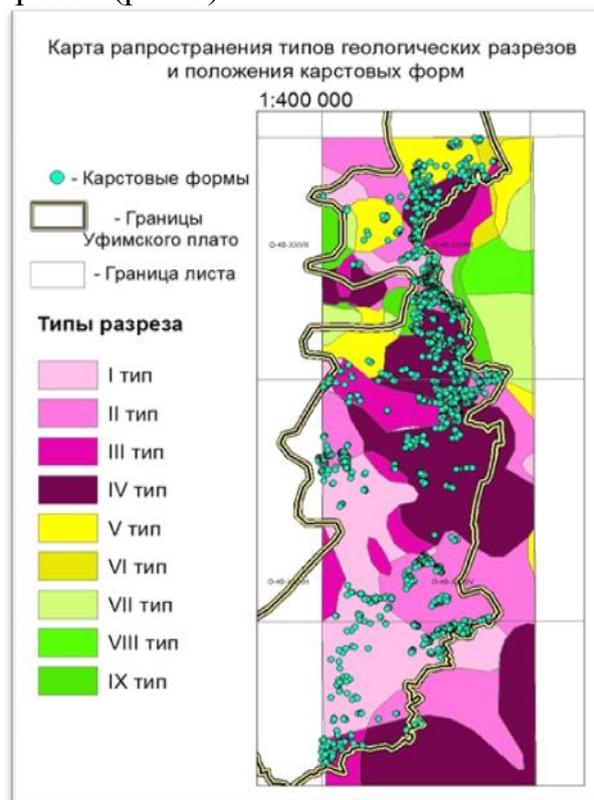


Рис.5. Карта распространения типов разреза

Для каждого типа разреза было подсчитаны число карстовых форм и установлен средний диаметр воронок, значения которых приведены в таблице характеристик карстовых форм по типам разреза (табл.2).

Таблица 2

#### Характеристики карстовых форм по типам разреза

Типы разреза	Количество карстовых форм, шт.	Средний диаметр, м	S, км <sup>2</sup>
I	531	6,38	584,18
II	867	4,81	644,79
III	199	6,63	304,4
IV	811	5,58	1132,23
V	301	3,87	253,75
VI	39	2,93	30,74
VII	4	6,07	181,3
VIII	—	—	74,02
IX	132	5,05	102,24

Анализируя получившееся данные, можно сделать вывод о том, что наиболее подвержены провалам I, II и IV типы разреза. Для I типа характерен наибольший средний диаметр форм – 6,38 м (для выборки 531 шт), для II – наибольшее количество форм – 867 (30% от всего числа форм) при среднем

диаметре 4,81 м. I тип – карбонатный, представлен главным образом карбонатными г/п, обнажающимися на поверхности; II тип – терригенно-карбонатный. Карбонатные породы перекрыты непроницаемыми отложениями четвертичного возраста; IV тип – Терригенно-карбонатный. Карбонатные породы перекрыты проницаемыми и непроницаемыми отложениями четвертичного возраста.

Каждая карта изучаемого фактора (рис. 6) делилась на 3-4 признака по площади распространения и мощности отложений, которые сопоставлялись с картой поверхностной закарстованности. Для каждого признака фактора рассчитывались площадь и определялось число форм, потом по формуле (1) рассчитывались коэффициенты связи  $Q_i$  (табл.2) и строились графики зависимости  $Q_i$  (5).

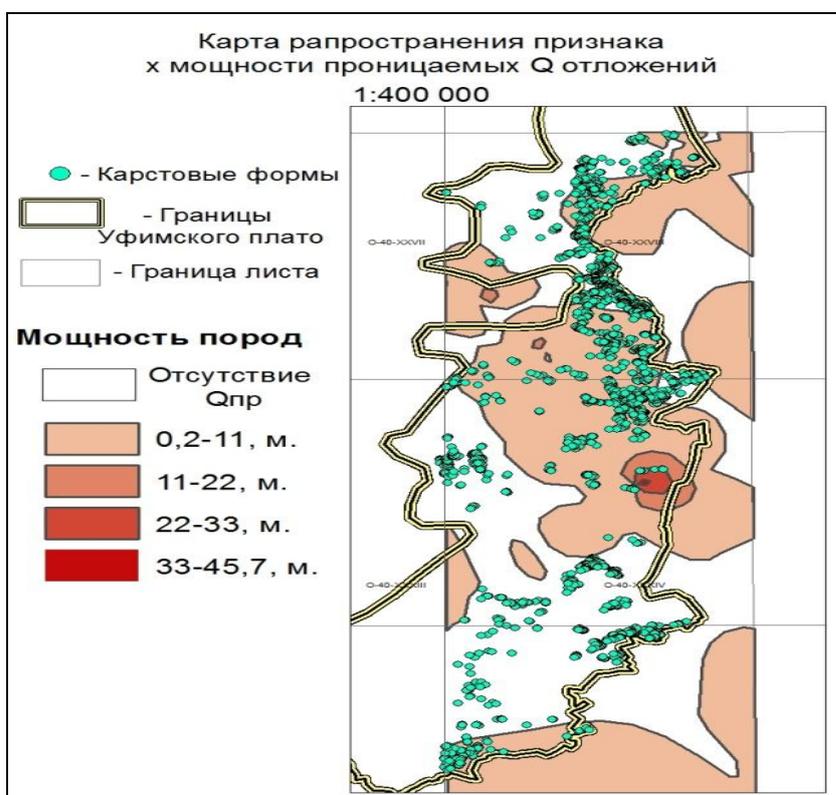


Рис.6. Пример карты факторного признака. Карта распространения признака мощности проницаемых Q отложений



Рис.7. График изменения коэффициентов связи  $Q_i$  для фактора мощность проницаемых покровных отложений



Рис.8. График изменения коэффициентов связи  $Q_i$  для фактора мощность непроницаемых покровных отложений  $Q_i$

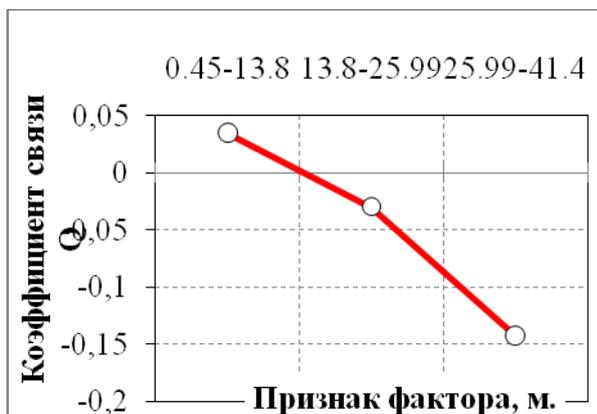


Рис.9. График изменения коэффициентов связи  $Q_i$  для фактора мощность нижнепермских терригенных (некарстующихся) пород

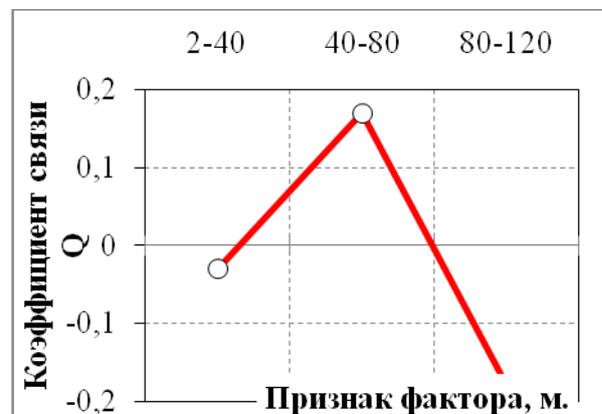


Рис.10. График изменения коэффициентов связи  $Q_i$  для фактора мощность карбонатных пород

Анализ графиков зависимости  $Q_i$  различных геологических факторов позволил выявить следующие закономерности образования карстовых форм в пределах территории Уфимского плато:

1. При увеличении мощности четвертичных отложений (рис.7, 8), как песчаных и гравийно-галечных (проницаемых), так и глинистых (непроницаемых) количество карстовых провалов уменьшается. Причем, эта тенденция проявляется гораздо заметнее и сильнее, когда мощность четвертичных отложений (проницаемых и непроницаемых) превышает 17 м (провалы практически не возникают).

2. Подобную тенденцию можно выявить в местах развития терригенных пород нижнепермского возраста (рис.9.), данная тенденция гораздо заметнее и сильнее при мощности пород более 25 метров. При этом значения коэффициентов связи не изменяются в широких пределах. Возможно, это связано с тем, что в направлении с запада на восток карбонатный разрез постепенно сменяется терригенным.

3. Вполне логично выглядит график зависимости количества провалов от толщины карбонатных отложений, с ростом которых закономерно растет и

число провалов. Основное количество провалов приходится на мощности 40-80 м.

Таким образом, были выявлены существующие тенденции в развитии карстовых форм, в результате влияния геологических факторов.

### ***Библиографический список***

1. Беляев Г.Н., Еремина Р.А. *Отчет Красноуфимского отряда съемочной партии по результатам работ 1966-1969 г. Свердловск, 1971.*
2. *Гидрогеологическая карта съемка масштаба 1:200000, лист 0-40-XXXVIII (Чернушка). Отчет за 1975-1978. Уфа, 1978.*
3. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. *Карст и пещеры Пермской области. Пермь: ПГУ, 1992. 200с.*
4. Губин В.Н. *Дистанционные методы в геологии: Учеб. пособие для студентов спец. «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Минск: БГУ, 2004. 138 с.*
5. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н., Катаев В.Н., Костарев В.П., Толмачев В.В. *Карстование. Ч 3. Учебное пособие по курсу инженерное карстование. Пермь, 2011.*
6. Ерофеев Е.А., Катаев В.Н. *Применение вероятностно-статистических методов оценки карстовой опасности в условиях техногенного воздействия на закарстованные территории // Инженерная геология, 2010.*
7. Копылов И.С. *Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.*
8. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.*
9. *Руководство по дешифрированию аэроснимков при топографической съемке и обновлений планов 1:2000 и 1:5000. ГКИНП-02-121-79. М.: ЦНИИГАиК, 1980.*
10. Толмачев В.В., Ройтер Ф. *Инженерное карстование. М.: Недра, 1990. 150с.*
11. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. *Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / Под ред. Е.А. Сорочана. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.*

**А.А. Иванченков, М.Ф. Леонович**  
Пермский государственный национальный исследовательский  
Университет

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛАГОЕМКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ**

Прочностные и деформационные характеристики песчаных грунтов в значительной степени зависят от их влажности. В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований влагоемкости мелкозернистого песчаного грунта.

Ключевые слова: грунтоведение, песчаный грунт, мелкозернистая фракция, влажностные показатели.

**A.A. Ivanchenkov, M.F. Leonovitch**  
Perm State University

## **EXPERIMENTAL STUDY OF THE MOISTURE CAPACITY OF FINE-GRAINED SANDY SOILS**

Strength and deformation characteristics of sandy soils largely depend on their moisture content. In this paper, the results of experimental studies of the moisture capacity of fine-grained sandy soil are presented.

Key words: soil science, sandy soil, fine-grained fraction, moisture index.

Физико-химические свойства, во многом определяются содержанием и составом жидкой компоненты в дисперсных грунтах, в том числе и песчаных [1-3]. Песчаный грунт - дисперсной породой, состоящей из песчаных и пылеватых частиц, где содержание глинистых частиц не превышает 2%. Под влажностью грунта понимают процентное содержание влаги в грунте. Под влагоёмкостью понимается способность грунтов вмещать в порах и удерживать на поверхности частиц то или иное количество воды. Численно данные величины выражаются в долях единицы или в процентах от массы абсолютно сухой навески [3].

По отношению к видам воды различают следующие виды влагоёмкости:

1. гигроскопическую влагоёмкость, или влажность,  $W_h$ ;
2. максимальную молекулярную влагоёмкость  $W_m$ ;
3. капиллярную влагоёмкость  $W_k$ ;
4. полную влагоёмкость  $W_t$ .

Вода в свою очередь тоже имеет классификацию (табл. 1).

Целью работы является экспериментальное изучение влагоемкости мелкозернистого песчаного грунта.

Таблица 1

## Классификация воды [3]

Категория (тип) воды	Вид и разновидности воды
Связанная	1. Вода кристаллической решетки минералов (конституционная, кристаллизационно - связанная) 2. Адсорбционная вода (островной, мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции)
Переходного типа (от связанной к свободной)	1. Осмотически поглощенная вода 2. Капиллярная вода (капиллярной конденсации и капиллярного впитывания)
Свободная	1. Замкнутая в крупных порах (иммобилизованная) 2. Текучая

Для решения поставленной цели были выполнены следующие исследования:

1). Проведено разделение песчаного грунта на фракции с промывкой. Согласно ГОСТу 12536-79 [4] пески разделяют по гранулометрическому составу (табл. 2). Дальнейшая работа велась только с мелкозернистой фракцией.

Таблица 2

## Классификация песчаных грунтов [4]

Песчаный грунт	Размер зерен и частиц $d$ , мм	Содержание зерен и частиц по массе, %
Грубый	$> 2$	$> 25$
Крупный	$> 0,5$	$> 50$
Средний	$> 0,25$	$> 50$
Мелкий	$> 0,1$	$> 75$
Пылеватый	$> 0,1$	$< 75$

2). Определены согласно методике [5] физические параметры песка мелкозернистой фракции: определена плотность твердых частиц, насыпная плотность, плотность после предварительного уплотнения и пористость (табл. 3).  
3). Основная часть песчаного грунта состояла из мелкой, тонкой и пылеватой фракции.

Таблица 3

## Физические характеристики

Крупность песка	Плотность, $\rho$ г/см <sup>3</sup>	Плотность насыпная, $\rho_n$ г/см <sup>3</sup>	Плотность твердых частиц, $\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	Пористость, $n$ %
Мелкий	1,59	1,42	2,66	41

3). Определены влажности по разрезу. Данный опыт был проведен при помощи метода высоких колонн. В результате экспериментов разрезе

выделились три зоны: постоянной влажности, переходная и максимальная.

Мощность зоны постоянной влажности составила от 0 до 68 мм (максимальная молекулярная влагоемкость - 6,2%). Мощность переходной зоны - от 68 до 1700 мм. Мощность зоны максимальной влажности - от 170 до 544 мм (капиллярная влагоемкость равна 21,6%).

4). Определение полной влагоемкости. В результате опыта полная влагоемкость составила 23,07% .

Таким образом, максимальная высота капиллярного поднятия в мелкозернистом песке составила 187,5 мм. Наибольшая скорость поднятия воды в песке наблюдалась в первые три часа с начала проведения эксперимента, а полная влагоемкость мелкозернистого песчаного грунта составила 23,07%.

### ***Библиографический список***

1. Середин В.В., Ядзинская М.Р., Красильников П.А. Прогноз прочностных свойств песков, загрязненных углеводородами // Инженерная геология. 2014. № 6. С. 50-55.

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

3. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение / Под ред. В.Т. Трофимова. 6-е изд., переработ. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2005. С. 336-342.

4. ГОСТ 12536-79. Методы определения гранулометрического состава грунтов.

5. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М.: Недра, 1975. 30 4с.

**Ю.А. Килин, Е.Ю. Килина**  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет

## **МЕТОДЫ КАРСТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

*Рассмотрены методы карстологических исследований на трассах магистральных газопроводов, проходящих через проблемные, карстовые районы Пермского края.*

*Ключевые слова: карст, карстомониторинг, изыскания*

**Y.A. Kilin, E.Y. Kilina**  
Perm State University

## **THE KARSTOLOGICAL METHODS OF RESEARCHES ON ROUTES OF THE MAIN GAS PIPELINES**

*Methods the karstological of researches on routes of the main gas pipelines passing through problem, karst regions of Perm Krai are considered.*

*Keywords: karst, karstomonitoring, researches*

Трассы магистральных газопроводов ООО «Газпром трансгаз Чайковский» на протяжении 600 км проложены через карстовые районы Пермского края. Карстующиеся породы этих районов представлены известняками, доломитами, гипсами, ангидритами, каменной и калийной солями [1]. Напряжения на трубах вызванные карстовыми деформациями приводят к аварийным ситуациям, которые возникают из-за провалов, медленных просадок, вызванных растворением карстующихся пород с образованием карстовых пустот в горных породах и их последующим обрушением непосредственно под трассами газопроводов. Для предотвращения аварийных ситуаций была разработана методика проведения карстологических исследований, она включает геологический и технический мониторинг [5]. Работы по мониторингу проводятся на 6 полигонах в Добрянском, Кишертском, Кунгурском, Ординском районах.

Основная цель проведения карстологических исследований на действующих магистральных газопроводах является оперативная оценка опасности карстовых процессов и своевременное принятие мер по недопущению деформаций труб, разработка специальных противокарстовых мероприятий. Наряду с существующими стандартными методами исследования на карст в соответствии с СП 11-105-97 часть II были разработаны методы, которые позволяют оценить напряжение на трубах вызванные карстовыми деформациями. На рис. 1 приведена схема организации комплексного

мониторинга на действующих магистральных газопроводах, которая включает геологическую и техническую части.



Рис.1. Схема комплексного карстомониторинга (Ю.А. Килин, И.И. Минькевич, 1999)

В ходе строительства на трассах существующие карстовые воронки были засыпаны местным грунтом, была произведена сводка леса, выполнена перепланировка территорий. Проложенные трубы газопроводов спровоцировали ускорение карстовых процессов. Проходка траншей для труб большого диаметра 1420 мм до глубин 3,0-4,0м, проходка выходов карстующихся пород с помощью взрывов привело к разрыхлению верхнего слоя горных пород и грунтов что создало дополнительные пути фильтрации поверхностных вод. При перекачке газа произошел разогрев труб газопроводов до 60°, что создало эффект «термолифта» (отсутствие мерзлоты над трубами газопроводов), таяние снега над трассами с образованием верховодки в зимнее время под трубами, что способствовало круглогодичному карстовому процессу в карстующихся породах зоны аэрации.

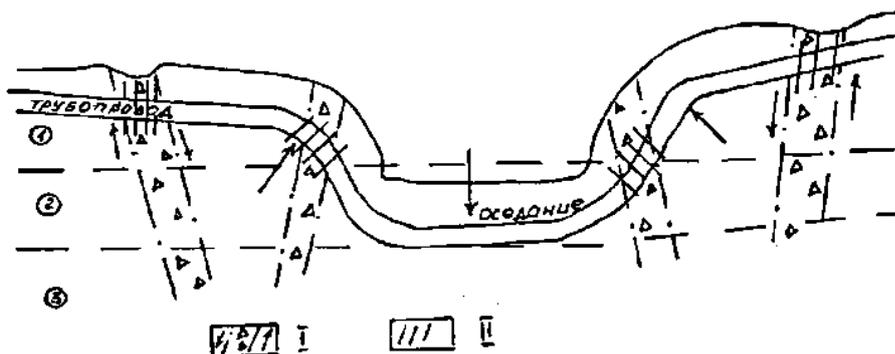
По данным мониторинговых исследований ежегодно на участке трасс длиной 5 км и шириной 300м на Ясылском полигоне в Ординском районе образуется от 11 до 68 карстовых форм (провалов). Это в 3,5 раз больше чем на таких же участках в естественных условиях. Активизация карстовых процессов привела к негативным последствиям, произошло несколько аварий связанных с карстовыми процессами в Добрянском, Кунгурском, Кишертском, Иренском карстовых районах [1]. При авариях наблюдалось образование сквозных поперечных трещин на металлических трубах газопроводов толщиной в 16 мм, при этом под трубами газопровода фиксировались открытые карстовые

полости. Анализ материалов показывает, что основные места аварий тяготеют к бортам карстовых депрессий, карстовым логам. Была разработана модель развития подземных карстовых процессов, которая позволила откорректировать существующие методы прогноза карстовых явлений и опровергнуть тезис о том, что для магистральных газопроводов основную опасность представляют провальные карстовые мезоформы (рис.2).

Более опасны деформации типа оседания и растяжения в крупных депрессионных зонах, которые по определению И.С. Копылова являются геодинамическими активными зонами [6].

Техногенная активизация карстовых процессов, аварийная обстановка на трассах магистральных газопроводов привела к созданию полигонов (участков) для проведения ежегодного мониторинга. По результатам мониторинга на наиболее активных участках ежегодно разрабатываются противокарстовые мероприятия, которые ежегодно реализуются.

**Методы карстологического исследования.** На начальном этапе осуществляется сбор и анализ фактического материала, выполняются дистанционные методы исследования включающие дешифрирование имеющихся аэро и космоснимков, с выделением опасных опорных участков трасс.



I – тектонически ослабленные зоны, определяющие блоковый характер деформаций земной коры с указанием направления вектора напряжения;

II – дополнительные напряжения на металле трубопровода в связи с формированием мульды оседания земной поверхности с развитием карстово-суффозионных и эрозионно-тектонических форм. Гидродинамические зоны: 1 – аэрации или вертикальной нисходящей циркуляции вод; 2– переходная; 3– зона постоянного горизонтального стока.

Рис. 2. Схема формирования мульды оседания земной поверхности и дополнительных напряжений в системе труба – массив карстующихся пород (Ю.А. Килин, И.И. Минькевич, 1999)

### **Сбор и анализ фактического материала**

Изучаются вся геологическая информация по проблемным территориям. Хорошими сводками гидрогеологического и карстологического материала являются отчеты по государственной геологической и гидрогеологической съемке, отчеты по бурению скважин различного назначения (картировочных, опорных, структурных, поисковых). Изучается техническая информация по трубам газопроводов.

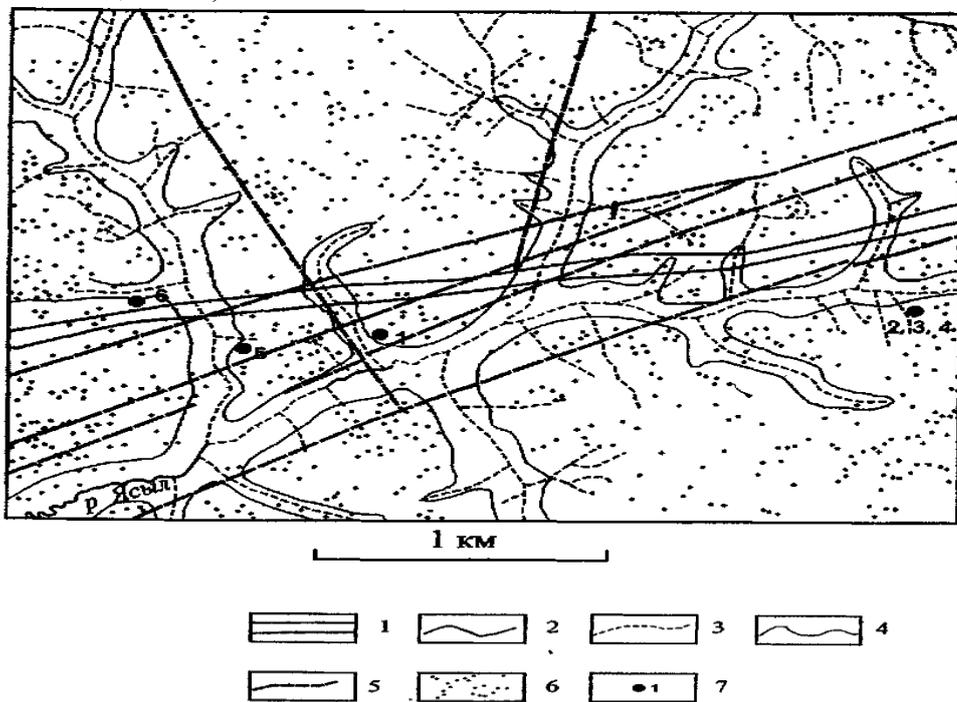
*Дистанционные методы исследований.* Выполняются работы по дешифрированию аэро- и космоснимков, проводятся аэровизуальные наблюдения. При изучении экзогенных геологических процессов, включая карст, большое значение приобретают дистанционные методы и технологии в комплексе с наземными. Комплексование достигается, в частности, путем использования многоцелевых авиазондов. Они оснащены аппаратурой зондирования в тепловом, инфракрасном, оптическом, рентгеновском и радиоволновых диапазонах

Особый интерес для магистрального газопровода представляют линейные морфоструктуры, пересекающие трассу. Они представляют собой обычно грабенообразные прогибы или тектонические ступени в толще осадочного чехла, или линейные мобильные зоны. В процессе работ методически отрабатывались индикационные признаки морфоструктур, что позволило выделять новые морфоструктуры, представляющие собой мобильные зоны, вдоль которых интенсивно развиваются нарушающие безопасность газопроводов карстово-суффозионные, эрозионные и др. процессы. Наблюдается чёткая связь участков интенсивного их проявления с морфоструктурами и тектоническими структурами. По определению И.С. Копылова И.С. (2016) это геодинамические активные зоны. Аварийно-опасные участки приурочены к зонам трещинно-разрывных нарушений на границах блоковых структур, узлы пересечения разнонаправленных нарушений, осложняющие неотектонические блоки, внутриблоковые участки сгущения нарушений.

Участок, по которому проходит магистральный газопровод Уренгой-Ужгород у с.Красный Ясыл Ординского района(Ясылский полигон), сложен сульфатными породами и сильно закарстован. Еще до строительства 1984-1985 гг. на спланированных участках трасс газопроводов отмечалась плотность новых карстовых воронок 130-250 шт. на км<sup>2</sup>, по данным В.П. Костарева, 1994, а по карстологической съёмке 1994 - 1997 гг. она достигла 213-2740 шт. на км<sup>2</sup>, при диаметре воронок от 3,4 до 30,9 м. Площадной коэффициент закарстованности для отдельных участков трассы составляет 7-20%. В карстовых воронках наблюдались обнаженные трубы газопроводов с просадкой грунта под ними на 2,0-3,0 м. На данном участке трассы кроме крупных региональных разломов имеются молодые разломы палеоген-неогенового возраста, которые способствовали созданию современных форм рельефа. По результатам структурного дешифрирования аэрофотоснимков выявлена сеть линеаментов (цепочки воронок, карстовые лога и пр.), вдоль которых наблюдается интенсивное развитие карстовых и эрозионных форм [4]. К этим же линейным зонам тяготеют и подземные полости, являющиеся каналами движения карстовых вод. Ширина таких зон - от 12 до 90 м. Они пересекают трассу магистральных газопроводов под разными углами, образуя своеобразный скелет карстового массива (рис.3).

Длина аварийно опасных участков составляет 23% протяженности трасс газопроводов в пределах Ясылского полигона. Аварийно-опасные участки расположены в узких линейных мобильных зонах. Так по результатам

геодинамических исследований на Дороховском полигоне зафиксирована высокая тектоническая подвижность соседних блоков. Наиболее интенсивные смещения земной поверхности с амплитудой от 7 до 40 мм/год установлены в узких линейных мобильных зонах, такие же линейные зоны в полосе трасс МГ (Ильиных Ю.А., 1996).



1 - коридор магистральных газопроводов, 2 - постоянные водотоки, 3 - временные водотоки, 4 - контуры логов, 5 - тектонические нарушения, 6 - карстовые воронки, 7 - пещеры и их номера: 1 - Оптимист; 2-4 - Пономаревские 1, 2, 3; 5 - Скального Лога; 6 - Бокового Лога

Рис.3. Фрагмент геоморфологической схемы с тектоническими нарушениями Ясыльского полигона (Ю.А. Килин, И.И. Минькевич, 1999)

Наряду со стандартными методами дешифрирования аэрокосмоматериалов для обеспечения безаварийной работы газопроводов и оперативного получения информации, необходимой для ранней диагностики неблагополучия системы труба-массив горных пород, включить в состав дистанционных методов тепловизионные с получением снимков в инфракрасном диапазоне спектра. Опыт проведения тепловизионных съёмок имеется. Съёмки выполненные с вертолѐта Институтом аэрокосмического приборостроения (г. Казань) над трассами МГ ООО «Газпром трансгаз Чайковский» в междуречьях Чусовая-Сылва и Сылва-Ирень свидетельствуют о высоких возможностях этого метода с целью включения его в систему карстомониторинга. На снимках фиксируются приповерхностные карстовые формы, обводнённые зоны, зоны дробления карстующихся пород приуроченные к тектоническим нарушениям и т.д.

На последующих этапах карстологического исследования, на выявленных опасных участках трасс проводят маршрутные исследования, геофизические работы, бурение скважин, выделяют участки для постановки на них комплексного мониторинга.

*Маршрутные карстологические исследования (геологический мониторинг).* В карстовых районах маршрутное карстологическое исследование участков МГ - обязательный вид инженерных изысканий для всех стадий проектирования и эксплуатации продуктопроводов. Маршрутные исследования проводить лучше всего сразу после схода снега, т.к. улучшенный обзор местности и поздней осенью. Карстологическое обследование необходимо и для разработки противокарстовых мероприятий на наиболее карстоопасных участках МГ. Материалы маршрутных исследований используются также для паспортизации карстоопасных участков и принятия решений по ликвидации аварийных ситуаций. В процессе маршрутного карстологического (рекогносцировочного) обследования решаются, как общие, так и специальные задачи по изучению условий и закономерностей распространения зон максимальной закарстованности участков МГ. Определяется возраст карстующихся пород, характер и интенсивность проявления карста, влияние техногенеза на активизацию карста.

Для карстологического (рекогносцировочного) обследования применяются портативные GPS приемники и электронные лазерные дальномеры, повышающие точность координатной привязки карстовых объектов и мобильность самого обследования. В ходе полевого карстологического обследования производится подробное описание и фотодокументация всех карстовых и геологических форм (воронки, поноры, просадки, лога, озера, родники, заболоченные участки).

Результаты маршрутных наблюдений представляются в форме полевого описания и картирования проявлений карста, отражаются в полевых документах: в полевой пикетажной книжке, каталогах, заявочных ведомостях на производство лабораторных исследований, в этикетках на пробах и образцах и в чистовом журнале. Детальность изысканий должна обеспечивать получение достаточного объема исходных данных для их корректной статистической обработки. Желательно, чтобы описание провалов включало время образования карстовых деформаций и наблюдения за их формированием. С целью определения возраста и установления пространственно-временных закономерностей проявления карста на поверхности проводится расчистка воронок.

На карте фактического материала М 1:1000 фиксируются как существующие, так и не сохранившиеся (ранее выявленные) карстопроявления. Они наносятся с учетом масштаба съемки, характера распределения и значимости отдельных форм.

На Ясылском полигоне ежегодно фиксируются коррозионно-провальные, коррозионно-суффозионные, коррозионно-просадочные, коррозионно-эрозионные, провальные и полигенетические карстовые воронки. По форме это конусообразные, блюдцеобразные с размерами от 1,0 до 20,0м, реже от 13,0 до 40,0 м глубиной до 4,0м, в основном до 1,5м. Ежегодно на участке МГ длиной 5,0км, шириной 0,3 км образуется от 11 до 68 карстовых форм.

**Геофизические исследования карста.** Они нашли применение при оценке карстоопасности на эксплуатируемых трассах МГ. Геофизические работы предшествуют опытным полевым и буровым работам. Они применяются с целью изучения степени изменчивости физико-механических свойств карстующихся пород, степени их разрушенности и оценки карстоопасности. Помогают выполнить оценку мощности и литологии карстующихся и покровных отложений, определить положение уровня грунтовых вод, обнаружить подземные полости и определить их размеры, выявить зоны повышенной трещиноватости и разуплотнения пород, зоны тектонических нарушений, погребенные эрозионные формы различного генезиса. Геофизические исследования (методы ВЭЗ, МТЗ и др.) проводятся для определения ослабленных зон, наличия карстовых полостей и их изучения. Повторные геофизические исследования проводятся по заранее закрепленным опорным профилям для фиксирования изменений в карстовых полостях, «зонах» и качества проведенного тампонирования подземных полостей и распространения заполнителя по площади и объему.

Горным институтом УрО РАН разработана методика микросейсмических съёмок (МСС) вдоль трасс МГ с выделением участков с повышенным показателем вибраций технологического характера. Компрессорные станции представляют собой мощные генераторы вибраций для труб магистральных газопроводов и способствуют образованию вибраций от долей до сотен герц в системе «труба-грунт». Уровень микросейсмических шумов трубы почти в два порядка превышает природные. В результате обработки данных МСС на Кунгурском полигоне выделены аномальные участки, представляющие собой потенциально аварийно-опасные зоны (Султангариев Р.Х., 2009).

**Проходка буровых скважин в рамках карстологического исследования** осуществляется на участках, где выполнены геофизические и маршрутные карстологические исследования. Уточняется геологическое строение участка, изучаются гидрогеологические параметры водоносных горизонтов, состав и свойства карстующихся пород и покровных отложений, отбираются пробы подземных вод и образцы горных пород на лабораторные исследования.

Глубина и конструкция скважин зависят от глубины залегания карстующихся пород и мощности закарстованного интервала. Начальный диаметр скважины составляет 127-168 мм, а конечный не менее 89 мм. Скважины заглубляются в неизменные карстом породы на глубину до 20-30 м. Особое внимание при бурении обращается на провалы и быстрее погружение бурового инструмента.

Подземные карстовые полости фиксируются по провалу бурового инструмента. Предварительный геологический разрез скважины составляется по данным опережающих геофизических исследований.

По данным, полученным в результате буровых работ на Ясылском полигоне в 146 скважинах было вскрыто 236 карстовые полости. Большинство полостей вскрыто в гипсах, реже в ангидридах. Открытые, незаполненные полости были вскрыты в 43 скважинах в количестве 102. Остальные полости в

количестве 134 заполненные различными типами заполнителя в основном это суглинистый тип вскрыт в 90 полостях.

Глубина вскрытия полостей изменяется от 0,6 до 39,5 м, в основном это глубины 5,0-10,0м. Большинство полостей не превышает высоту 2,0м, средняя высота полостей 1,7м (рис.4).

Самая большая полость 12,4м была вскрыта в скв.№55. Линейный коэффициент внутренней закарстованности имеет значения от 0,11 до 0,53 доли ед.(для заполненных карстовых полостей). Линейный коэффициент открытой закарстованности составил от 0,07 до 0,2 доли ед. Отмечается, что наиболее закарстованные участки тяготеют к карстовым логам, формируя мульды оседания, которые контролируются геомобильными зонами.

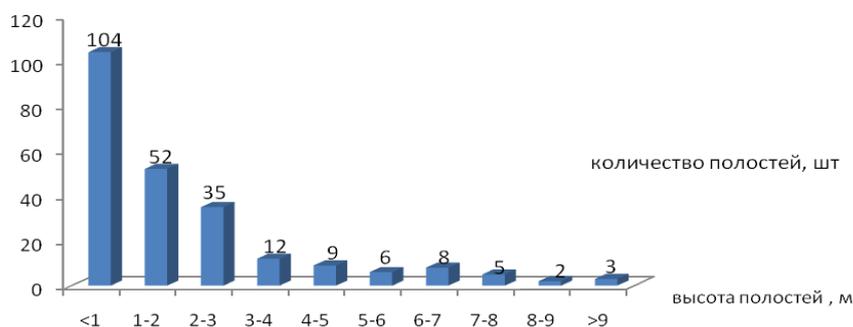


Рис.4. Распределение карстовых полостей по высоте на Ясылском полигоне

Буровые работы сопровождаются гидрогеологическими и геофизическими исследованиями состояния массивов горных пород. Уточняется положение литологических границ, зон трещиноватости и места водопритоков подземных вод.

Часть скважин оборудуется колоннами труб и фильтрами для стационарных наблюдений за уровнем, температурой и химическим составом подземных вод. По результатам гидрогеологических наблюдений составляются специальные гидрогеологические и гидрогеохимические карты и профили.

При ликвидации буровых скважин выполняется тампонаж проницаемых интервалов цементным раствором, а не проницаемых - глиной.

При бурении скважин обязательно отбираются пробы воды и грунта для лабораторных исследований. Методика лабораторных исследований выполняется в соответствии с ГОСТ [2, 3].

#### ***Технический мониторинг за состоянием труб магистральных газопроводов***

Изменение физико-механических свойств естественных и техногенных грунтов подтрубного пространства, появление «верховодки», неравномерная нагрузка на грунт, появление новых очагов инфильтрации на контакте с техногенными грунтами, некачественный тампонаж карстовых воронок и провалов при строительстве провоцируют активизацию карста. Непосредственно для трубопровода небольшие провалы не представляют

опасности, но при высокой их частоте и слиянии возможны негативные последствия. Для жесткой конструкции газопровода недостаточно учитывать микро и мезоформы карста. Блочный характер глыбовых движений в комплексе с общей карстовой денудацией поверхности земли на участках положительных форм рельефа и унаследованных площадных деформаций, вызывает дополнительные напряжения на металл трубопроводов, усиливая его усталость и возможные деформации (рис.2). Предельно допустимый уровень напряжений металла труб (НДС) согласно СНиП «Магистральные трубопроводы» [7] определен в  $42,7 \text{ кгс/мм}^2$ .

Для определения мест измерения напряжения на металле трубопроводов, а дальнейшем и организации мониторинга НДС устанавливается с учетом всей имеющейся информации в самых опасных аномальных зонах. Опыт постановки технического контроля по измерению напряженного состояния Ужгородского коридора газопроводов по карстоопасным зонам на 1648-1651 км в Ординском районе выполненной при помощи системы «Астрон», показал, что из 34 шурфов в 12 шурфах обнаружены абсолютные значения растягивающих напряжений в трубах, достигающие  $25-30 \text{ кгс/мм}^2$  по различным направлениям. Технический мониторинг проводится по существующим постам КИКа. Замеры проводятся в весенний и осенний периоды. По результатам весеннего мониторинга фиксируется текущее напряженное состояние контролируемых участков, дается оценка эффективности проведенных защитных мероприятий, и выявляются активные карстоопасные участки. Строятся графики зависимости (эпюры) продольных напряжений (рис. 5), которые позволяют дать оценку работоспособности труб газопроводов. На вновь выявленных карстоопасных участках производится комплексное обследование ниток коридора газопроводов с шурфовкой и приборными замерами. Схема шурфовки трассы разрабатывается по результатам ежегодного карстологического мониторинга, изучения проектной, исполнительной и эксплуатационной документации, визуального осмотра рельефа местности при выполнении весеннего мониторинга НДС.

На участках шурфовки выполняется диагностическое обследование следующими методами неразрушающего контроля:

- Визуальный и измерительный;
- Вихретоковый;
- Ультразвуковая дефектоскопия;
- Толщинометрия;
- Определение состояния изоляционного покрытия;
- Измерения абсолютных значений напряжений металла труб.

Проведение измерений абсолютных напряжений (прямые замеры в шурфах) и относительные измерения (мониторинг по КИКа НДС) осуществляется при помощи ИВК «Астрон», изготовленного по ТУ НЛСГ.411731.002ТУ. Замеры производятся в следующих точках сечения трубы: на  $7^{30}$ ,  $9^{00}$ ,  $10^{30}$ ,  $12^{00}$ ,  $13^{30}$ ,  $3^{00}$ ,  $4^{30}$  часах по ходу газа. При необходимости замеры выполняются в дополнительных сечениях и точках.

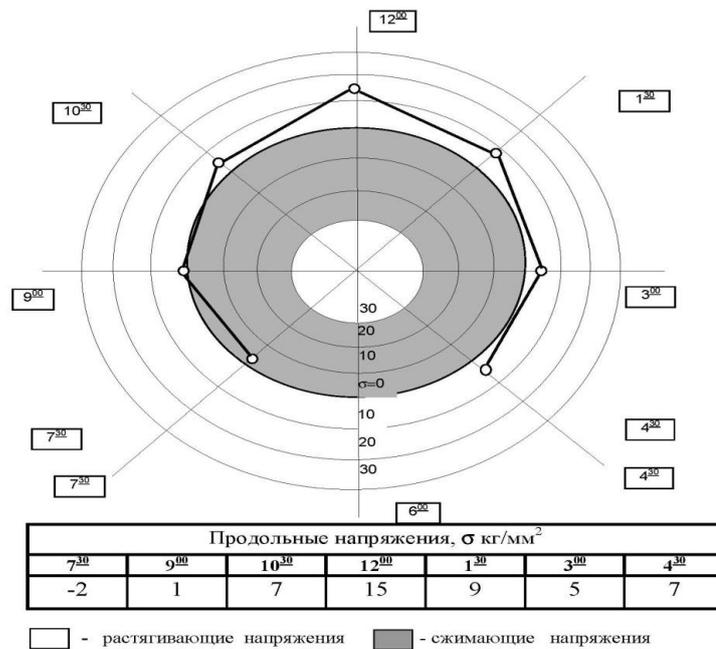


Рис.5. Эпюра продольных напряжений. Газопровод Ямбург-Западная граница (ш.1) у с.Ясыл Ординского района Пермского края

По окончании обследования на каждом участке устанавливаются датчики мониторинга, которые организуются в КИКи НДС для проведения периодических замеров после засыпки шурфа. На основании результатов технического мониторинга определяется работоспособность контролируемых участков МГ в соответствии с действующей нормативной документацией. В настоящее время на Ясылском полигоне оборудовано 123 КИКа НДС.

**Противокарстовые мероприятия.** В качестве противокарстовых мероприятий применяется метод подбивки газопроводов глинистыми грунтами. Это метод применяется когда напряжение на трубах по данным технического мониторинга достигает критических величин, трассу раскапывают и делают подбивку грунта под основание, тем самым труба разгружается от критических величин НДС. В местах крупных карстовых полостей и в активных зонах труба вывешивается на буронабивных сваях, которые заглубляются ниже закарстованных пород. Близко расположенные к поверхности карстовые полости обрушают при помощи экскаватора. Поверхностные карстовые воронки, поноры тампонируют глиной с использованием георешоток, цементных пробок.

**Выводы.** Применение данных методов карстологических исследований совместно с противокарстовыми мероприятиями позволили стабилизировать карстовый процесс и обеспечить работоспособность газопроводов на участках ИБ категории устойчивости относительно интенсивности карстовых провалов.

Методы карстологических исследований в настоящее время совершенствуются, так применение передающих устройств в случае роста НДС возможно через спутниковую связь, получение информации о взаимодействии «труба-карстовый массив» в режиме реального времени уменьшит риск возникновения аварийных ситуаций.

## **Библиографический список**

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, Изд-во Пермского университета. 1992.
2. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
3. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического микроагрегатного состава.
4. Ильных Ю.А. и др. Результаты крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований в междуречье рек Сылва-Ирень (1593-1656 км магистральных газопроводов Ужгородского коридора). ОАО «ПермНИПИнефть», Пермь, 1998. Фонды Института Карстоведения и спелеологии РГО.
5. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Карстомониторинг трасс МГ // Проблемы добычи, подготовки и транспорта нефти и газа Межрегион. науч.-техн. конференция, посвящ. 5-ой кафедре проектирования и эксплуатации магистральных газонефтепроводов. Тез. докл. Ухта, 2000. С. 33.
6. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
7. СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы.
8. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. 11. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М., Госстрой России. 1997.

*Рассмотрены геолого-гидрогеологические показатели особенностей строения карстовых участков территории г.Кунгур. Изучена распространенность карстовых форм.*

*Ключевые слова: карст, гипсы, г. Кунгур.*

## **ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ КАРСТА И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ КАРСТОВЫХ ФОРМ ТЕРРИТОРИИ Г.КУНГУР**

**T.G. Kovalyova**

Perm State University

## **GEOLOGICAL-HYDROGEOLOGICAL INDICES OF KARST DEVELOPMENT AND PREVALENCE OF KARST FORMS OF THE TERRITORY OF KUNGUR**

*Geological and hydrogeological indices of the peculiarities of the structure of karst sites of the Kungur territory are considered. Karst forms and their number are studied.*

*Keywords: karst, gypsum, Kungur.*

Территория г. Кунгур отличается сложными геологическими и гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями. Современные карты по геологическому строению, гидрогеологии, инженерной геологии, карсту Пермского Приуралья приведены в работе [4]. Не смотря на хорошую изученность г. Кунгур инженерно-геологическими изысканиями (пробурено порядка 3,5 тыс. скважин, более 100 из которых карстологические) и многочисленными научными исследованиями, вопрос оценки и прогноза активности карстового процесса для г.Кунгура остается актуальным.

В геоморфологическом отношении территория расположена на востоке Восточно-Европейской равнины и входит в состав денудационной равнины Среднего Предуралья, в которой выделяются Сылвинско-Иренская наклонно-карстовая низина и Уфимский вал [2]. В городской черте Уфимское плато глубоко расчленено реками Сылва, Ирень, Шаква, в долинах которых прослеживается комплекс речных террас (I, II, III, IV и высоких).

В строении осадочного чехла территории г. Кунгур принимают участие породы пермской, неогеновой и четверичной систем. В составе пермской системы наибольшее распространение имеют породы артинского и кунгурского ярусов нижнего отдела. Кунгурский ярус представлен филипповским и иренским горизонтами. Иренский горизонт включает семь чередующихся пачек, четыре из которых являются сульфатными и три карбонатные.

Сульфатные породы (гипсы и ангидриты, мощностью от 25 до 90 м) интенсивно закарстованы, их характерной чертой является наличие многочисленных пустот крупных размеров, а карбонатные (известняки и доломиты, мощностью от 50 до 80 м) являются относительным водоупором. В гидрогеологическом отношении г. Кунгур входит в провинцию подземных вод восточной окраины Восточно-Европейской платформы и относится к гидрогеологической области карстовых вод Уфимского плато. Подземные воды приурочены к четвертичным аллювиальным песчано-галечным и суглинистым отложениям, иренским карбонатно-сульфатным и артинско-филлиповским карбонатным образованиям пермского возраста. Отсутствие региональных водоупоров, а также взаимно перпендикулярная система трещин, пересекающих массив, способствуют их гидравлической связи. Различный литологический состав водовмещающих пород обуславливает различную гидродинамику и химический состав как грунтовых, так и карстовых вод [5]. В соответствии с карстологическим районированием Пермского края территория относится к Кунгурскому карстовому участку Нижнесыслвенского района гипсового и карбонатно-гипсового карста [1]. На изучаемой территории широко распространены поверхностные и подземные карстовые формы: режимными наблюдениями зафиксировано 518 карстовых провалов, 408 карстовых воронок; скважинами вскрыто 509 полостей. Распределение карстовых форм по территории города весьма неоднородное, на одних участках плотность форм высокая, на других они практически отсутствуют, что во многом объясняется особенностями геологического строения.

На территории г.Кунгур на основе данных буровых работ выделено 7 типов сочетания карстующихся и перекрывающих отложений различного состава и генезиса [2]:

I тип геологического разреза занимает площадь 0,23 км<sup>2</sup> и представлен сульфатными отложениями иренского горизонта, выходящими на поверхность или перекрытыми маломощным почвенным слоем. II тип сложен карбонатными отложениями филипповского горизонта, перекрытыми четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями, распространен на площади 1,14 км<sup>2</sup>. В его пределах карстопроявлений не зафиксировано. III тип – сульфатные отложения иренского горизонта перекрыты четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями – занимает площадь 0,02 км<sup>2</sup>. IV тип, представленный переслаивающимися сульфатно-карбонатными отложениями иренского горизонта, перекрытыми четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями, распространен на площади 1,29 км<sup>2</sup>. V тип – переслаивающиеся сульфатно-карбонатные отложения иренского горизонта перекрыты обвальными карстовыми отложениями неоген-четвертичного возраста, которые в свою очередь покрыты четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями. Занимает более 60% территории города (24,31 км<sup>2</sup>). Большинство карстопроявлений приурочено именно к данному типу геологического разреза. VI тип сложен карбонатными отложениями филипповского горизонта, перекрытыми обвальными карстовыми отложениями неоген-четвертичного возраста, которые в свою очередь покрыты

четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями. Занимает площадь 9,55 км<sup>2</sup>. VII развит на площади 1,60 км<sup>2</sup> и представлен сульфатными отложениями иренского горизонта, перекрытыми обвальными карстовыми отложениями неоген-четвертичного возраста, которые в свою очередь покрыты четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями. Распределение карстовых форм по участкам с разным типом геологического разреза приведено в таблице 1.

Таблица 1

Индекс типа разреза	Воронки		Провалы		Полости	
	кол-во	размер	кол-во	размер	кол-во	размер
I	15	6,8-25,3	7	0,5-9,0	-	-
II	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	2	1,6-2,7
IV	34	4,7-29,4	10	0,1-12,0	32	0,2-13,9
V	336	3,8-35,7	318	0,1-21,0	416	0,1-17,8
VI	14	5,6-35,7	22	0,1-5,3	2	0,2-2,2
VII	2	13,8-15,3	35	0,1-15,0	56	0,3-15,5

При оценке карстоопасности территории необходимо использовать комплекс показателей, который бы отражал все особенности геолого-гидрогеологического строения наиболее карстоопасных участков. Выделение такого комплекса производится с учетом размеров и характера распределения поверхностных и подземных карстопоявлений, причем необходимо учитывать не только количество карстовых форм, но и размер, поскольку их возникновение может быть единичным, но носить катастрофический характер. Обоснование необходимости использования подобного комплекса показателей для всей территории г.Кунгур в общем, без учета типа геологического разреза было произведено ранее в статье [2].

Данные показатели целесообразно использовать для мелкомасштабных работ, когда производится оценка всей территории в целом. Однако процесс развития карста в пределах каждого типа геологического разреза ввиду некоторого различия основных условий и факторов его протекания может происходить по-разному. Кроме того, оценка карстоопасности и прогноз развития карста может производиться для разных целей, в разных масштабах. В связи с этим, показатели особенностей геолого-гидрогеологического строения с целью более детальной оценки карстоопасности следует рассматривать внутри каждого типа отдельно. В таблице 2 приведены интервалы значений геолого-гидрогеологических показателей, на участках распространения которых зафиксировано наибольшее количество карстовых форм (или формы с большими морфометрическими характеристиками) в пределах соответствующих типов разреза.

По многим показателям наиболее карстоопасные интервалы значений для разных типов разреза довольно близки, они характерны для всей территории г.Кунгура в целом, например, глубина залегания вод четвертичных отложений

до 8 м; сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная гидрохимическая фация вод иренского горизонта; минерализация вод иренских отложений 2-8 г/дм<sup>3</sup>. Однако по ряду показателей имеются расхождения, которые обусловлены разной активностью карста в зависимости от особенностей геолого-гидрогеологического строения участков. Данные особенности необходимо учитывать при крупномасштабных и детальных исследованиях.

На основе геолого-гидрогеологических показателей построена картографическая модель оценки карстоопасности северной части г. Кунгура на основе (рис. 1).

Таблица 2

Показатели особенностей геолого-гидрогеологического строения участков разных типов разреза с максимальным развитием карстовых форм

Параметр	Тип разреза					
	1	3	4	5	6	7
1. Мощность четвертичных отложений, м	<5	10-15	20-25	10-15	10-15	5-15
2. Мощность неоген-четвертичных отложений, м	<5	<5	-	до 20	до 15	5-10
3. Мощность покровных отложений, м	<5	10-15	15-30	15-25	до 35	15-35
4. Мощность иренских отложений, м	40-45	25-35	25-45	40-45	-	30-45
5. Мощность неволинской пачки, м	0	0	до 15	0	-	0
6. Абс. отм. иренского горизонта, м	100-150	100-140	160-170	110-160	-	120-150
7. Абс. отм. филипповского горизонта, м	105-110	90-110	70-75	90-95	90-115	75-90
8. Гидроизогипсы вод четвертичных отложений, м		<110;140-150	>190	160-180	110-130	130-150
9. Гидроизобаты вод четвертичных отложений, м	6-8	4-6; 8-10	2-4	2-8	6-8	2-8
10. Гидроизогипсы вод обвально-карстовых отл-й, м	-		-	110-120	110-120	110-120
11. Гидроизобаты вод обвально-карстовых отл-й, м	-		-	10-30	10-20	20-30
12. Гидроизогипсы вод иренских отложений, м	-	90-95; 110-115	115-120	110-120	-	110-115
13. Гидроизобаты вод иренских отложений, м	-	20-40	>70	20-40	-	20-40
14. Минерализация вод иренского горизонта, г/дм <sup>3</sup>	-	2-4	2-8	2-4	-	2-4
15. Гидрохимическая фация вод иренского горизонта	-		SO <sub>4</sub> -Ca-HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> -Ca-HCO <sub>3</sub>	-	SO <sub>4</sub> -Ca-HCO <sub>3</sub>
16. Геоморфологический элемент	высокие террасы	I, III террасы	высокие террасы	высокие террасы	II, высокие террасы	III терраса
17. Абс. отметка рельефа, м	170-180	120-125; 145-150	190-200	175-200	140-145; 185-200	140-150

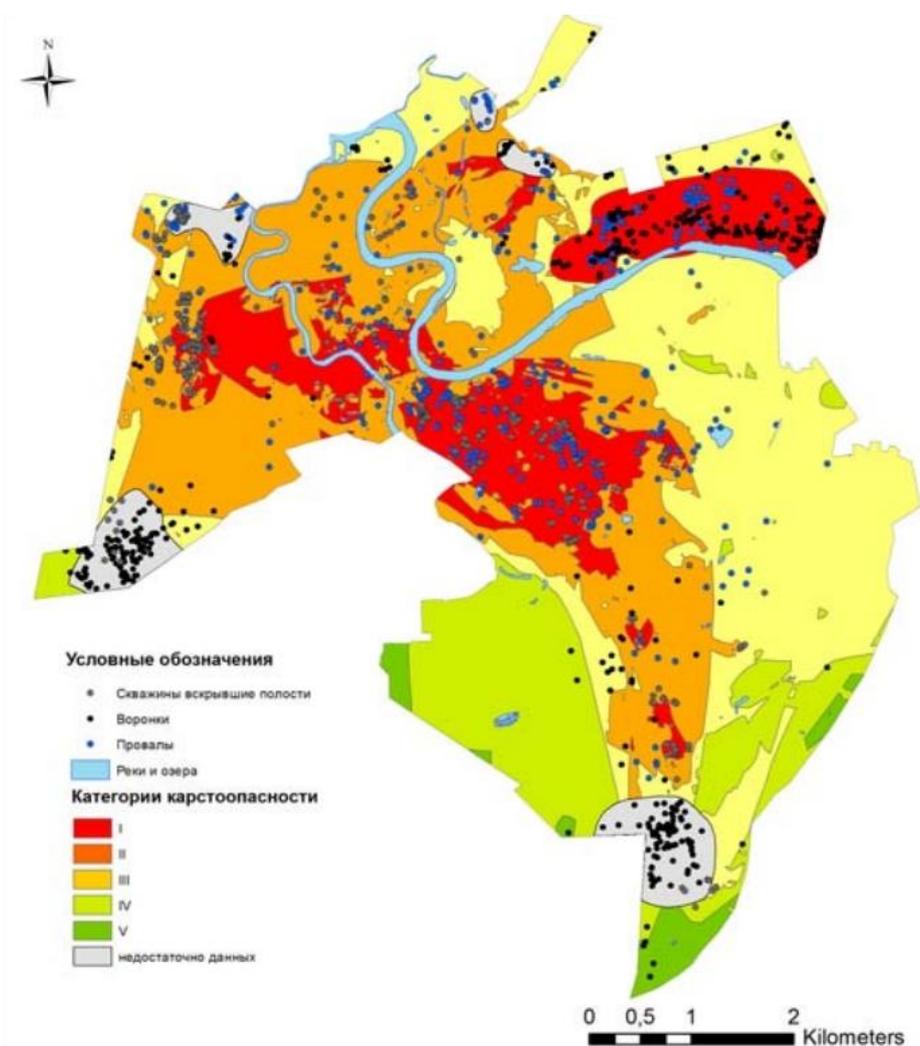


Рис. 1. Картографическая модель оценки карстоопасности северной части г. Кунгура [3]

### **Библиографический список**

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992. 200 с.
2. Катаев В.Н., Щербаков С.В., Золотарев Д.С., Лихая О.М., Ковалева Т.Г. Влияние геологического строения территории на распределение карстовых форм (на примере территории г. Кунгура) // Вестник Пермского университета. Геология. 2009. № 3. С. 77-93. 21 с.
3. Ковалева Т.Г. Методические основы оценки карстоопасности на ранних стадиях прогноза устойчивости территорий (на примере районов развития карбонатно-сульфатного карста Предуралья) / Автореферат дис. на соиск. уч. степ. канд. геол.мин.наук. Екатеринбург, 2015.
4. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
5. Лукин В.С., Ежов Ю.А. Карст и строительство в районе г.Кунгура. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1975. 118 с.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА МОТОВИЛИХИНСКОГО РАЙОНА Г. ПЕРМИ НА ОСНОВАНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Рассмотрены условия изменения в Генеральном плане города Перми, в части изменений функциональных зон на устойчивое развитие города. Объект исследования находится в Мотовилихинском муниципальном районе города Перми. Рассмотрены основные факторы влияния на изменение территории.*

*Ключевые слова: инженерно-геологические факторы, город Пермь*

**Yu.V. Leukhina**

Perm State University

## **CHANGE OF THE GENERAL PLAN OF MOTOVILIKHINSKY DISTRICT OF PERM ON THE BASIS OF GEOLOGICAL RESEARCHES**

*The conditions for the change in the General Plan of the city of Perm, regarding changes in the functional zones for the sustainable development of the city, are considered. The object of the research is located in Motovilikha municipal district of the city of Perm. The main factors affecting the change of territory are considered.*

*Keywords: engineering-geological factors, the city of Perm*

Мотовилихинский район г.Перми – старейший район города. В связи с развитием территории города Перми, необходимо вносить поправки в Генеральный план города и его районов. Для этого необходимо провести анализ и рассмотреть все инженерно-геологические и геоэкологические факторы, влияющие на геологическую среду города. К таким факторам относятся: 1) физико-географические факторы - орографические, климатические, гидрологические, геоботанические, почвенные условия, 2) геологические факторы - литолого-фациальные условия, структурно-тектоническая обстановка, неотектонические и геоморфологические условия и 3) гидрогеологические факторы [7, 11]. Серьезное влияние на переформирование берегов камских водохранилищ играют антропогенные факторы.

Проведенный анализ, как и генеральный план города Перми основывался на материалах ВерхнекамТИСИЗа, ПГНИУ и др. [1, 2]. Основная цель – на основании анализа всех составляющих геологической среды оценить инженерно-строительный потенциал территории. Это в дальнейшем позволит предложить ряд инженерно-технических мероприятий по благоустройству территорий и природных объектов, вовлеченных в жизнедеятельность города.

### ***Физико-географические условия***

Территория Мотовилихинском района г.Перми расположена, на правом берегу р. Камы. Площадь территории составляет около 54 га.

Климат района резко-континентальный, с суровой и продолжительной зимой, коротким, но сравнительно теплым летом. По данным метеостанции «Пермь - опытная» средняя годовая температура воздуха составляет +1,5° С. Средняя годовая температура воздуха в зимний период составляет -15° С, в летний период +18,1° С. Среднегодовое количество осадков 821 мм, причем 58% приходится на теплое время года. Преобладающее направление ветров в теплый период южное и юго-западное. Наибольшая декадная высота снежного покрова 5%-ной обеспеченности составляет 101 см [1].

Берег р. Камы в границах территории исследований, по данным инженерно- геологического обследования террасированный, в основном, крутой, обрывистый, подвержен переработке в паводковые периоды. В береговом уступе обнажались суглинки полутвердые. Береговая линия участками изрезана. По краю обрыва растут деревья, корни подмыты.

### ***Геологические и гидрогеологические условия***

Территория г. Перми расположена в пределах Пермского свода Восточно-Европейской платформы. На отдельных участках характерны неотектонические поднятия с повышенной неотектонической трещиноватостью [8]. В геологическом строении территории г.Перми в верхней части разреза принимают участие полоды шешминского и соликамского горизонтов пермской системы, представленные красноцветными песчаниками, аргиллитами, алевролитами, глинами, перекрытые на глубину (до 17 м) четвертичными аллювиальными (гравийные грунты, пески гравелистые, пески мелкие, суглинки) отложениями.

Гидрогеологические условия территории определяются рядом факторов, основными из которых являются геолого-структурное и литологическое строение, геоморфолого-неотектоническая обстановка, а также степень хозяйственного освоения территории [3, 6, 10]. В соответствии с гидродинамическими условиями, возрастом и литологическим составом водовмещающих пород выделены подземные воды четвертичного аллювиального водоносного горизонта и шешминского водоносного комплекса [9] характеризующиеся в основном невысокой водообильностью и минерализацией подземных вод. Исключение составляют участки техногенного загрязнения и геохимических аномалий [5]

### ***Оценка инженерно-строительных условий района***

Оценка инженерно-строительных условий складывается из факторного анализа следующих составляющих геологической среды: геолого-геоморфологическая характеристика, гидрогеологические особенности, физико-геологические процессы и явления и их воздействие на городскую среду.

Территория Мотовилихинского района, за исключением береговой полосы, по инженерно- геологическим условиям относится к ограниченно благоприятной для строительства со следующими характеристиками (рис. 1):

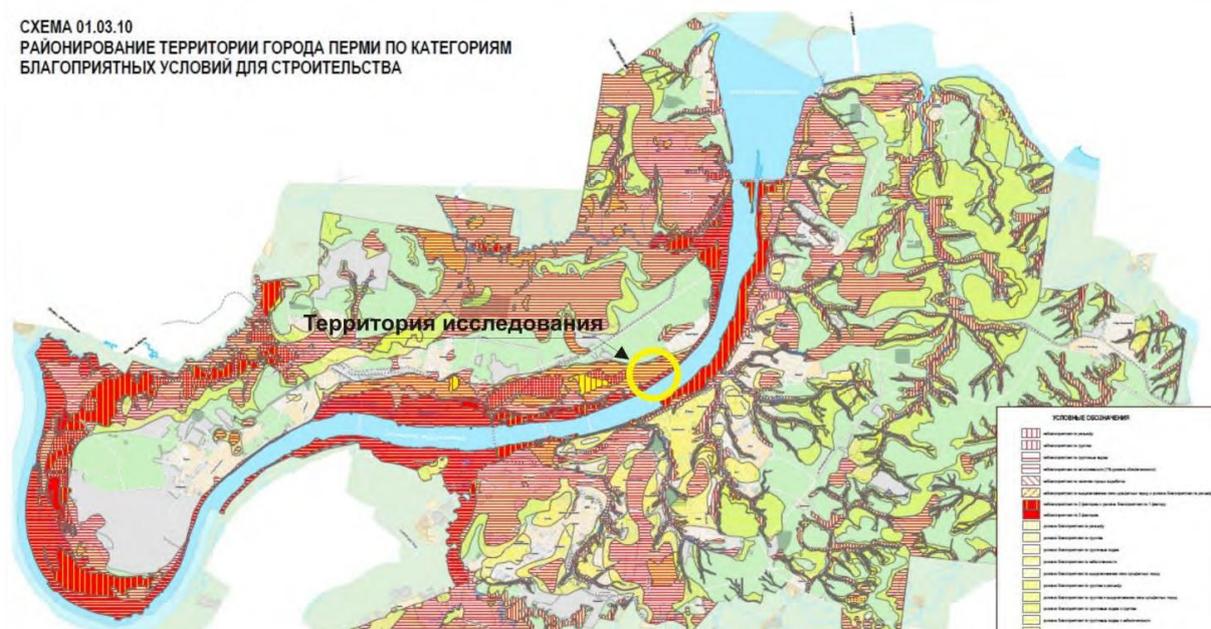


Рис 1. Районирование территории г. Перми по категориям, благоприятных условий для строительства [4]

– рельеф поверхности от плоского до полого-волнистого с уклоном в сторону р. Кама в пределах 1,0 –1,6%;

– грунтовые воды залегают на глубине от 0,6 до 3,85м (потенциальное подтопление фундаментов зданий и сооружений);

– грунты оснований – аллювиальные (гравийные грунты, пески гравелистые, пески мелкие, суглинки). В качестве естественного основания могут служить пески гравелистые и гравийные грунты, залегающие на глубине 10,4-12,2 м (отметки 85,46-86,90 м). Степень благоприятности территорий по инженерно-строительным условиям достаточно условна, так как имеется ряд осложняющих факторов, а именно: – вероятность развития подтопления (по геолого-гидрогеологическим особенностям) при активном хозяйственном освоении территорий:

– долины малых рек характеризуются неустойчивыми склонами для строительства и наличием опасных геологических процессов – оползней, оврагов, суффозии [3, 4, 10].

### **Заключение**

Таким образом, при строительстве на участках уже застроенных и при вовлечении новых территорий в градостроительное освоение, необходимо проведение комплекса мероприятий по инженерной подготовке, а именно: вертикальная планировка, осуществление качественного водоотведения и водопонижения поверхностных и подземных вод, устройство берегоукрепления. Учитывая, что территория является неблагоприятной по затопляемости - при проектировании необходимо предусматривать мероприятия инженерной защиты территорий, зданий и сооружений.

В целом, при проведении соответствующих мероприятий, территории характеризуется относительно благоприятными условиями для дальнейшего

градостроительного освоения за исключением участков малых рек, где сконцентрированы опасные геологические процессы.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о необходимости дальнейшего изучения геологических особенностей территории Перми и его районов с целью геологической безопасности и устойчивого развития города и проведение детального зонирования по условиям строительства на основе новых геологических данных.

### **Библиографический список**

1. Атлас Пермского края / Под ред. А.М. Тартаковского. Пермь, 2012. 124 с.
2. Генеральный план города Перми. Утвержден решением Пермской городской думой № 205 от 17.12.2010г.
3. Быков В.Н., Димухаметов Д.М., Димухаметов М.Ш. Эколого-геологическая обстановка города / учеб. пособие. Пермь, 2001. 101 с.
4. Документация по планировке территории, ограниченной р. Камой в Мотовилихинском районе г. Перми. Ш 04-15 ППТ.
5. 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.
6. 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.
7. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.
8. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
9. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.
10. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-2. С. 355-359.
11. 9. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибраминов 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.

**М.С. Лунегова, Т.Г. Ковалева, А.А. Гусев**  
Пермский государственный национальный исследовательский университет

## **ОСОБЕННОСТИ КАРСТОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ С. УСТЬ-КИШЕРТЬ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

*Рассмотрены карстологические условия с. Усть-Кишерть, рассчитаны средние диаметры карстовых провалов и построена карта средних расчетных диаметров карстовых провалов по методике В.П. Хоменко.*

*Ключевые слова: карст, карстовый провал, средний диаметр карстового провала, расчетный диаметр.*

**M.S. Lunegova, T.G. Kovaleva, A.A. Gusev**  
Perm State University

## **FEATURES OF CARSTOLOGICAL CONDITIONS S. UST-KISHERT OF THE PERM REGION**

*The karstological conditions of the village of Ust-Kyshert are considered, average diameters of karst dips are calculated, and a map of average calculated diameters of karst dips is developed according to the V.P. Khomenko method.*

*Key words: karst, karst fault, average diameter of the karst fault, average calculated diameter of the karst fault.*

Территория с. Усть-Кишерть расположена на юго-востоке Пермского края и является одним из районов активного развития карстовых процессов, что создает ряд проблем для нормальной жизнедеятельности населения. Данный участок входит в Кишертский район преимущественно карбонатно-сульфатного и сульфатного карста. Здесь идет интенсивное карстообразование, что связано с широким распространением карбонатно-сульфатных и сульфатных пород иренского горизонта кунгурского яруса приуральского отдела пермской системы (P<sub>1</sub>ir).

В тектоническом отношении Кишертский район расположен в узкой зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и Предуральского прогиба и приурочен к восточной части Волго-Уральской антеклизы. Восточная граница платформы совпадает с восточным крылом Уфимского вала. В настоящее время чрезвычайно велика роль новейших тектонических движений как в формировании рельефа, так и в развитии карста. Одним из важных условий развития карста, связанного с тектоникой, является трещиноватость пород. Необходимо подчеркнуть значение тектонических трещин, как фактора водопроницаемости пород, играющего основную роль в развитии карста.

Изучаемая территория характеризуется сложными гидрогеологическими условиями. Наиболее широкое распространение в районе и наибольшее практическое использование имеет водоносный комплекс терригенных

*отложений кунгурского яруса нижней перми.* Он используется для водоснабжения большинства населенных пунктов района. Однако интенсивная загипсованность пород и близкое залегание соленых вод затрудняют условия водоснабжения.

За период многолетних наблюдений (1961-1989 гг.) на исследуемой территории выявлено 205 карстовых воронок, причем некоторые из них представлены карстовыми озерами. Это небольшие водоемы с поперечником от 10 м до нескольких километров при глубине от 1 до 15–23 м. В морфологическом отношении большинство таких воронок в плане имеют овальную (45,9%) и круглую (44,9%) форму, в разрезе – блюдцеобразную (40,5%) и чашеобразную (39,5%) [1].

Диаметр карстовых провалов является одним из параметров, определяющих карстовую опасность, поэтому его прогнозирование является одной из важных задач инженерных изысканий на закарстованных территориях. Необходимым условием образования провала является наличие на некоторой глубине полости. При этом диаметр провалов в значительной степени определяется размером и формой карстовых полостей [2, 3].

Согласно СП 11-105-97, ч.II [4, 5] оценка карстоопасности и устойчивости территории осуществляется по количественным показателям поверхностных карстовых проявлений. Количественная оценка карстоопасности определяется по провалам и их распределению в пространстве. При этом учитывается такой показатель как средний диаметр карстовых провалов. В нормативных документах нет четкой методики относительно определения среднего диаметра карстового провала. Зачастую мониторинг карстовых процессов не ведется, а оценка приводится по существующим поверхностным карстовым формам, возраст которых может быть различен, а со временем, как известно, размер воронок увеличивается в следствие осыпания и выполаживания стенок. Таким образом, оценка карстоопасности по средним диаметрам существующих карстовых форм может давать завышенные результаты и, как следствие, удорожание строительства объектов.

Учеными были предложены расчетные схемы определения возможных размеров поверхностных карстовых деформаций, основанных на геологическом строении карстового массива и физико-механических свойствах перекрывающих отложений. Для расчета среднего диаметра карстовых провалов наиболее часто используется схема расчета В.П. Хоменко [6].

Расчет диаметров провалов по схеме В.П. Хоменко был выполнен по данным 91 инженерно-геологической скважины, пробуренной на рассматриваемой территории в разное время организациями ВерхнекамГИСИЗ и Пермгипроводхоз, при этом было проанализировано более 800 проб. На основе получившихся расчетов была построена карта расчетных диаметров карстовых провалов по схеме В.П. Хоменко (рис 1), [7, 8].

При построении карты средних диаметров по вышеупомянутой методике выделены зависимости между размером провала в плане и мощностью и составом перекрывающей толщи. В западной части территории

распространены провалы с диаметром до 3,0 м, где четвертичные породы представлены суглинком мощностью 5,0-10,0 м. Восточная часть территории сложена суглинком с прослоями глин мощностью от 10,0 до 15,0 метров, средний диаметр провалов колеблется от 3 до 10 м. В центральной части с. Усть – Кишерти четвертичные отложения, мощность которых 30,0-35,0 метров, представлены суглинком и глиной, где существует вероятность проявления провала диаметром от 10,0 – 20,0 м. Карстовые провалы диаметром свыше 20,0 м расположены точечно, в северной и южной частях, где мощность перекрывающих толщ - глин от 25,0 до 30,0 метров.

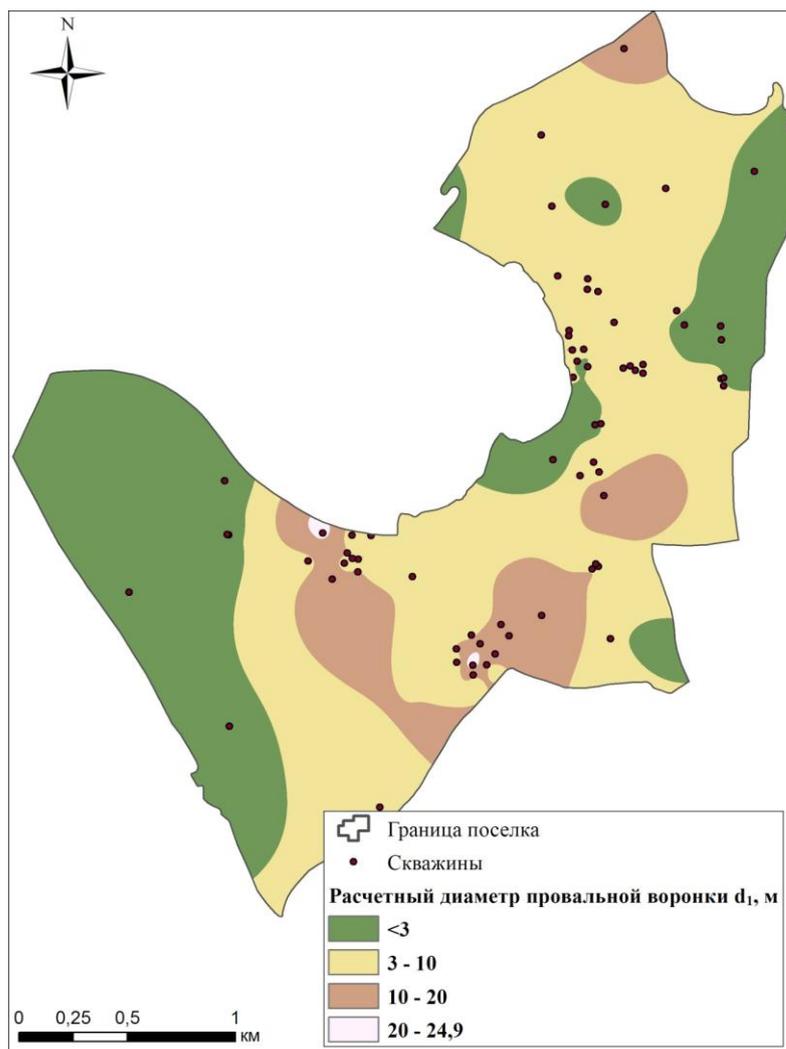


Рис. 1. Карта средних диаметров карстовых провалов с. Усть-Кишерть по методике В.П. Хоменко

По проведенному анализу можно сделать следующий вывод: чем больше мощность перекрывающей толщи, тем больше расчетный диаметр карстового провала; значения расчетных диаметров, характеризующих размер провала в момент его образования, меньше, чем диаметры существующих поверхностных карстовых форм, при оценке карстоопасности территории в целях нового строительства для определения диаметра карстового провала целесообразно использовать расчетные схемы, дающие более реалистичные значения.

Применение данных методик расчета диаметра карстового провала позволяет оценить неоднородность рассматриваемой территории; выявить участки с различными размерами диаметров провала, что необходимо при учете конструкций фундаментов зданий и сооружений; оценить пространственное распределение поверхностных карстопроявлений; наметить участки для постановки более детальных исследований с целью решения конкретных задач.

Полученные материалы возможно использовать при заложении фундаментов зданий и сооружений на территории с. Усть-Кишерть в комплексе с оценкой влияния других факторов карстообразования (развития карстующихся пород в плане, развития карстующихся пород в разрезе, литология карстующихся пород, мощность карстующихся пород, структурно-тектонические условия, залегание пород, тектонические нарушения и трещиноватость, водопроницаемость карстующихся пород, водопроницаемость перекрывающих пород, поверхностный сток, подземный сток, уклон подземного потока, температура воды, минерализация и ионный состав воды, повышение агрессивности воды).

### ***Библиографический список***

1. Ковалева Т.Г., Лихая О.М. Характеристика поверхностных и подземных карстопроявлений с. Усть-Кишерть // *Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч.тр. Перм. ун-т. Пермь, 2010. Вып. 17, С. 72-77.*
2. Саваренский И.А., Миронов Н.А. *Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста/ПНИИИС Минстроя России. М., 1995. 166 с.*
3. Толмачев В.В., Троцкий Г.М., Хоменко В.П. *Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: СТРОЙИЗДАТ. 1986.*
4. СП 11-105-97. *Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч.II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: ПНИИИС. 2001. 101 с.*
5. ТСН 11-301-2004 *Инженерно-геологические изыскания для строительства на закарстованных территориях Пермской области. Пермь: Администрация. 2004. 122 с.*
6. Хоменко В.П. *Карстовое провалообразование: механизм и оценка опасности. Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах. Перм. ун-т. Пермь, 2015. С. 50.*
7. Катаев В.Н. и др. *Мониторинг закарстованных территорий Пермской области (2006-2010). Отчет о НИР по государственному контракту №4 от 15.02.2006. ГОУ ВПО «Пермский государственный университет». Пермь. 2010.*
8. Шилова А.В. Ковалёва Т.Г. *Влияние перекрывающих отложений на развитие карстовых форм (на примере с. Усть-Кишерть, Пермский край) // Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах: мат. Межд. симп. / Под ред. В.Н.Катаева, Д.Р. Золотарева, С.В. Щербакова, А.В. Шиловой; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. С. 351-355.*

**ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ  
(Г. АФУЛА ИЗРАИЛЬ)**

*Данная работа была проведена в 2015 г. для компании Сименс, которая планирует строительство электростанции в индустриальной зоне города Афула, Израиль. Целью исследований является оценка инженерно-геологических условий территории строительства электростанции для выбора оптимальных фундаментов для зданий электростанции. Цель данной статьи выявить инженерно геологические элементы на участке планируемого объекта.*

*Ключевые слова: свайный фундамент, плитный фундамент, инженерно геологические элементы, мелко заглублённый фундамент.*

**R. Makarenko**  
Israel Klar ltd, The State of Israel

**EVALUATION OF GEO-ENG. CONDITIONS FOR CONSTRUCTION A  
NEW ELECTRIC STATION NEAR THE TOWN OF AFULA, ISRAEL**

*This work was carried out in 2015 for Siemens company that intended to build an electric plant in the industrial zone of the city Afula, Israel. The purpose of this research is to estimate the geotechnical conditions of the planned site for power plant, for selection of optimal foundation for the planned building. The purpose of this article will be identify geo-eng features in the area of the planned object.*

*Keywords-pilefoundation, slabfoundation, geo-eng-element, shallow foundation.*

**Введение**

Актуальность проведенных в 2015 г. инженерно-геологических исследований связана с планированием компанией Сименс строительства электростанции (ЭС) в индустриальной зоне города Афула Израиль.

Целью исследований является оценка инженерно-геологических условий территории строительства электростанции для выбора оптимальных фундаментов зданий.

Задачи исследований:

- 1) оценить общую пригодность фундамента планирования сайта;
- 2) сравнить альтернативные сайты, если это применимо;
- 3) оценить влияние изменений, которые могут быть вызваны строительством на окружающую среду и устойчивости существующих зданий, в том числе сейсмических воздействий;

4) определить области альтернативного земельного участка, если это применимо;

5) предоставить необходимую информацию для правильного и экономического планирования работы, включая временные работы;

6) предоставить проектную информацию, необходимую для расчета фундамента, склонов и тд.

Задача данного проекта выявит инженерно геологические элементы на участке планируемого объекта.

Объектом исследования является северная часть Израиля в муниципальной зоне города Афула в индустриальной зоне Алон Тавор (рис. 1) [8].

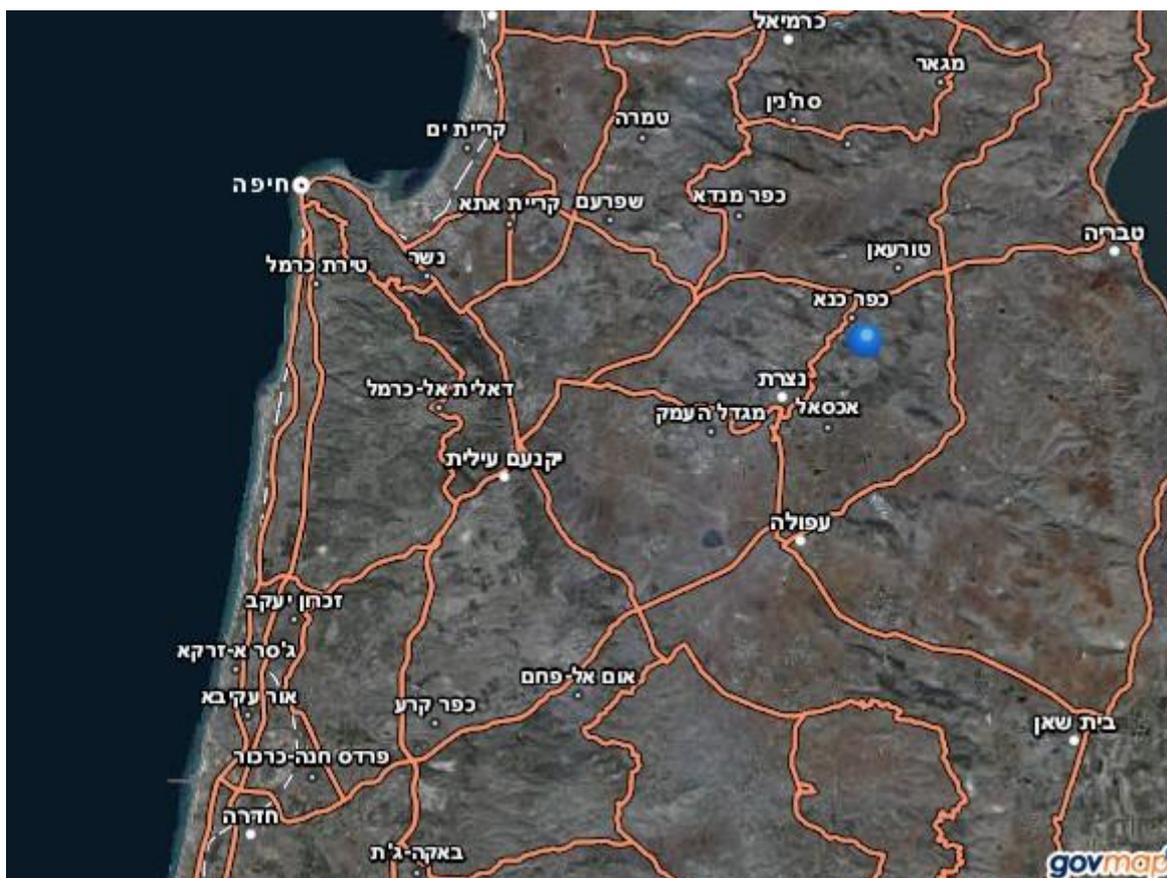


рис. 1. Площадка под строительство

Методы исследований, являются стандартными: при выявлении инженерных геологических элементов, проверки на срез и выявления несущих способностей грунтов и тд.

В практическом плане рассмотрены ряд решений: какой тип фундамента выбрать ( как в инженерном плане так и экономическом) - плитный или свайный. Рассмотрены качество и инженерные свойства как плитных так и свайных фундаментов, и выбран самый оптимальный как в инженерном так и в экономическом плане.

#### **Общие геологические условия**

Данная площадка находится около координат 726080/234860 (новые израильские координаты). Данная площадка находится на восточной стороне

нижней Галилеи в районе плоскогорья с единичными поднятиями. Высота отдельных поднятий варьируется от 300-450 м над уровнем моря. Данный участок находится на абсолютной отметке +240,0 м [3].

Данный район находится в удалении от активных тектонических разломов и от области тектонических активностей. Данный район находится примерно в 30 км от Сирийско-Африканского разлома (данный разлом проходит вдоль всей восточной границы Израиля, общее положение с севера на юг [6].

Геологическое условия исследуемой площади характерно для данной территории базальтовый покров с аллювиальными отложениями и известняки.

### **Результаты исследований**

Более точные данные о геологическом строении и глубине залегания пород, были выяснены с помощью бурения 10 исследовательских скважин. Бурение данных скважин проводилось при помощи буровой установки для отбора керна в мае 2015 г. (рис. 2) [3, 8].



Рис. 2. Геологическая карта объекта.

Для дальнейшего определения характеристик были сделаны два разреза по скважинам, разрез А-А и В-В.

**Глина** – глина на данной территории характеризуется как мягко пластичная, изменяется в световой гамме от коричневого до красно коричневого. найденная глина в СКВ 1-2-2А пробуренных в южной части объекта характеризуется как жирные глины до жирных с обломками базальта,

найденны с 0.0м до глубины 6.0м. данный участок характеризуется как самый низкий на данном объекте (+240м над уровнем моря) [3, 7].

Также в СКВ 3-4 была найдена красно коричневая жирная глина под пластами базальта на глубине с 15,0м до 16,0м. глины до 6,0м являются аллювиальными отложениями **q** [8].

**Базальт** – базальт на данной территории характеризуется как твердый, серый базальт, частично разрушен с мелким материалом. Был установлен в СКВ 3-10 с глубины 0,0 м до 23,0м. Базальт относится к нижнему и среднему миоцену **βm** [8].

**Известняк** – известняк на данной территории относится к твердому белому до серо белого сильно до средне трещиноватому известняку. Данный известняк был изучен в СКВ 5-10 с глубин 10,0 м и до 23, 0м. Известняк относится к формации Тимрат нижний средний эоцен **et** [8].

#### **Определение нормативных и расчетных характеристик грунтов**

Для определения инженерных характеристик были проведены следующие проверки.

#### **Динамическое испытание CBR (определение калифорнийского числа).**

Динамический коэффициент CBR - это сложный показатель несущей способности, который зависит от прочности, формы зерен, морозоустойчивости и шероховатости отдельных зерен[5].

#### **Метод исследования прочности материалов на растяжение**

Рассматривается плоская деформация кругового цилиндра при различных системах статически эквивалентных нагрузок.

#### **Метод исследования прочности материалов на растяжение**

Номер скв	Глубина отбора пробы, (м)	описание	Диаметр, (см)	Толщина, (см)	Вода, %	Сухой вес пробы, (Кг\ м3)
		известняк				

Время теста до разрыва 2.03 мин.

Сила до растяжения до разрыва 12.59 МПа.

Прочность при сжатии керна при свободном боковом расширении.

Предел прочности на сжатие есть пороговая величина постоянного (для статического предела прочности) или, соответственно, переменного (для динамического предела прочности), превышая который механическое напряжение в результате разрушит пробу [5].

Для определения мах разрешенных нагрузок было сделано 14 проверок на сжатие 7 для базальтов и 7 для известняков.

**Мелко-заглублённые** (плавающие) плитные фундаменты применяются для всех видов построек. Они имеют большую площадь опоры, а следовательно и большую несущую способность в целом, однако конструкция плиты при этом испытывает колоссальные нагрузки (изгибающие моменты) в нижних слоях плиты под конструкциями, передающими на нее сосредоточенную нагрузку и в верхних слоях плиты на разгруженных участках [2, 7].

Для мелко-заглублённых плит весьма актуальна проблема набухания на пластичных грунтах, вернее деформаций плиты связанных с ним. Дело в том, что при процессах набухания, грунта в нижней части плиты происходят очень серьезные деформации, плиту просто «разрывают на части» силы сдвигов грунта, выгибы плиты по периметру и существенные прогибы по центру. При этом на подошве фундамента неминуемо появление трещин, причем их размер увеличивается с каждым циклом увлажнения и высыхания. Процесс появления трещин невозможно исключить, можно только уменьшить раскрытие трещин путем сверхплотного армирования, и устройства демпфирующих слоев. В образовавшиеся трещины может попасть вода при этом процесс разрушения железобетона ускорится. Поэтому в неблагоприятных условиях надежность и долговечность плавающих плитных фундаментов у меня вызывают большие сомнения.

**Свайный фундамент** железобетонные сваи - изделия, при создании которых применяется тяжёлый бетон. Нагрузка передаётся за счёт бокового трения поверхности свай об уплотнённый грунт. Практически все возводимые сегодня фундаменты используют сваи, поскольку это значительно упрочняет и повышает качество сооружения. Железобетонные сваи - изделия, при создании которых применяется тяжёлый бетон. Нагрузка передаётся за счёт бокового трения поверхности свай об уплотнённый грунт. Практически все возводимые сегодня фундаменты используют сваи, поскольку это значительно упрочняет и повышает качество сооружения [2, 7].

Свайный фундамент является самым оптимальным во всех отношениях, ввиду его гибкости. А то есть можно адаптировать геологическим условиям мягкие или твердые породы.

### **Обсуждение результатов**

В практическом применении и в связи с полученными инженерными характеристиками от проведенных лабораторных работ можно выбрать между двумя видами фундамента глубокого заложения и не глубокого заложения то есть плитный фундамент. По данным результатов полученных при оценке данного объекта и по данным инженерных геологических условий можно назвать самым оптимальным фундаментом свайный, так как на нашем участке присутствует глина в верхних слоях. Да конечно нельзя сказать, что плитный фундамент не применим здесь но это не так. Есть и возможность и плитный фундамент уложить, но это потребует много земляных работ что в свою очередь приводит к удорожанию самого проекта. Свайный фундамент с другой стороны может и кажется трудоемким, но он решает ряд проблем, которых плитный фундамент не в силах решить. Например, свайный фундамент работает на боковом трении, а то есть он проходит проблематичный слой глины и основывается на трении от скальных пород. Так же при возможном землетрясении свайный фундамент намного лучше, чем плитный из-за распределения нагрузок.

### **Выводы**

В данной статье была рассмотрена площадка под строительство ЭС Сименс на севере Израиля. Данная площадка была рассмотрена в

геологическом плане, в тектоническом, сейсмическом, гидрогеологическом. Инженерном геологические условия данной территории были выявлены лабораторными испытаниями на основе которых были выявлены инженерно геологические элементы. Так же была рассмотрена опция плитного фундамента. Были рассмотрены способы бурения, как в практическом плане, так и в экономическом. На основании данных инженерных характеристик был выбран самый оптимальный вариант фундамента (свайный).

### ***Библиографический список***

1. Аврахам Вершавский. *Инженерная экономика*. 40 с.
2. Donald G. Newnan-Civil Engineering Problems and Solutions Дональд Ньюман-*Инженерные проблемы и решения*. 52 с.
3. Ицхак Штерн. *Геоморфология Израиля*. 4 с.
4. *Израильский стандарт 1378 Свайный фундамент пневмоударным методом (1994)* 20 с.
5. *Израильский стандарт 940 Геотехнические конструкции: геотехника и фундамент (2008)*.
6. *Израильский стандарт 413 Дизайн для сейсмостойкости строений (2013)*.
7. Шауль Данкман. *Геология для инженера*. 238с.
8. [www.govtar.co.il](http://www.govtar.co.il). *Государственный сайт Израиля по картам*.

Ю.О. Мальгина, Т.А. Пешкова, Н.А. Драчева  
Пермский государственный национальный исследовательский университет

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНТМОРИЛЛОНИТА

*Представлены экспериментальные данные по влиянию давления на электрокинетический потенциал глинистых частиц монтмориллонита. Произведены измерения дзета-потенциала глинистых частиц при давлениях от 0 до 1200 МПа. Построены графики зависимости дзета-потенциала от давления.*

*Ключевые слова: глина монтмориллонитовая; электрокинетический потенциал частиц; высокое давление.*

Iu.O. Malgina, T.A. Peshkova, N.A. Dracheva  
Perm State University

## INFLUENCE OF PRESSURE ON MONTMORILLONITE ELECTROKINETIC CHARACTERISTICS

*Experimental data on the pressure effect on the montmorillonite clay particles electrokinetic potential is presented. Clay particles zeta potential values ranging from 0 to 1200 mPa were measured. The zeta potential-pressure graph was plotted.*

*Key words: montmorillonite clay; clay particles electrokinetic potential; high pressure.*

Глины обладают высокой физико-химической активностью, которая обусловлена малым размером частиц и минеральным составом [1].

Дзета-потенциал является характеристикой, по которой можно судить об энергии на поверхности частиц [2]. Исследования дзета-потенциала глинистых частиц представлено во многих исследованиях [3-7]. Однако изучению влияния высокого давления на заряд частиц глинистых грунтов не посвящено ни одно исследование. В связи с этим **целью** данного исследования стало изучение влияния давления на электрокинетический потенциал поверхности глинистых частиц. **Объектом исследования** являлась монтмориллонитовая глина Лобановского месторождения.

### Методика исследований

Из глинистой породы выделялась фракция менее 0,01 мм седиментационным способом. Полученный материал подвергался сжатию со сдвигом под давлением до 1200 МПа на специально сконструированном и изготовленном приборе по методике, изложенной в работе [8]. Полученный в форме “таблетки” образец истирался в ступке для приготовления водных суспензий. Минеральный состав определялся посредством рентгенофазового анализа [9].

Электрокинетический потенциал глины в воде осуществляли с помощью анализатора частиц субмикронного размера и дзета-потенциала DelsaNanoHC (Beckman) в проточной ячейке. Величина заряда является усредненным значением по объему пробы.

### Результаты исследований и их обсуждение

Оценка минерального состава. В Лобановском монтмориллоните содержание монтмориллонита составляет 46%, кварц 20%, плагиоклазы 19%, кальцит 10%, КПШ 5%.

Измерение дзета-потенциала. Производилось измерение дзета-потенциала глинистых частиц выдержанных при давлениях от 0 до 1200 МПа. Графики рассеяния представлены на рис. 1, обработка результатов осуществлялась в программе TableCurve 5.01. Для этого было проведено n=87 опытов.

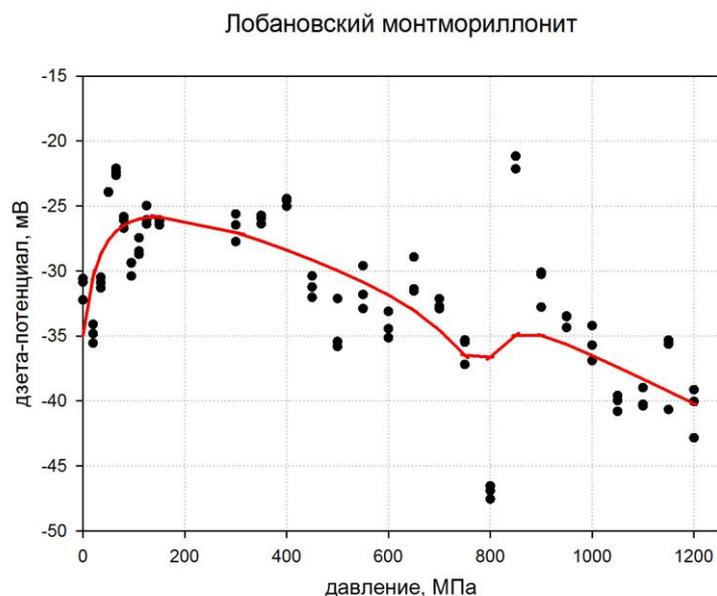


Рис. 1. Изменение дзета-потенциала глинистых частиц монтмориллонита от давления

Из рисунка 1 видно, что на графике наблюдается увеличение дзета-потенциала при малых давлениях (от 0 до 150 Мпа), затем наблюдается уменьшение дзета-потенциала (от 300 до 1200 Мпа). Это можно объяснить изменениями микроагрегатного состава, которые происходят при увеличении давления. Электронно-микроскопические исследования осуществляли с помощью сканирующего электронного микроскопа «Hitachi's-3400N» с приставкой для микрорентгеноспектрального анализа фирмы Bruker.

На электронно-микроскопических фотоснимках отчетливо наблюдается тенденция изменения фракционного состава: снижение содержания глинистой фракции и увеличение пылевой и песчаной фракций [10].

### Заключение

Из графиков (рис. 2) видно, что изменение дзета-потенциала от давления не имеет линейной зависимости. Увеличение дзета-потенциала при малых давлениях (до 150 Мпа) объясняется изменением гранулометрического состава. Процессы диспергации и агрегации реализуются интенсивнее при невысоких

давлениях ( $P=150$  МПа), дальнейшее увеличение давления приводит к нивелированию гранулометрического состава в установленных диапазонах.

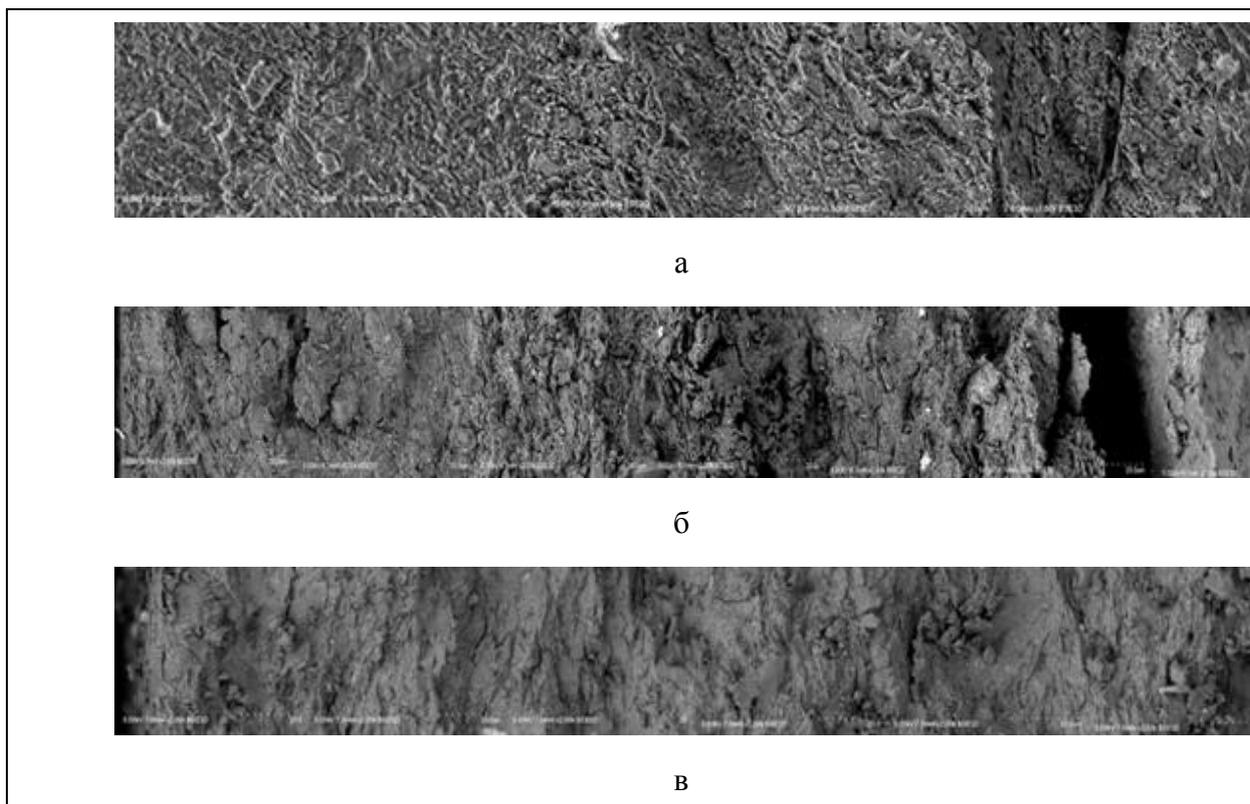


Рис.2. Микроструктура Лобановского монтмориллонита после нагрузки (МПа): а –  $P = 50$ ; б –  $400$ ; в –  $900$ . Увеличение  $\times 1500$

### **Библиографический список**

1. Соколов В.Н. Глинистые породы и их свойства // *Науки о земле*. 2000 С. 59-65
2. Lagaly G. *Colloid clay science // Developments in clay science*. 2006. Т. 1. С. 141-245.
3. Королев В. А., Нестеров Д. С. Физико-химические закономерности изменения электрических зарядов частиц глинистых грунтов // *Инженерная геология*. 2017. №. 4. С. 50-60.
4. Нестеров Д.С. О влиянии  $ph$  среды на электрический заряд частиц глинистых грунтов // *Геология в развивающемся мире*. 2016. С. 451-454.
5. Li Z. et al. Effect of clay colloids on the zeta potential of Fe/Al oxide-coated quartz: a streaming potential study // *Journal of soils and sediments*. 2016. Т. 16. №. 12. С. 2676-2686.
6. Huang W. et al. Surface chemistry and rheological properties of API bentonite drilling fluid: pH effect, yield stress, zeta potential and ageing behaviour // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2016. Т. 146. С. 561-569.
7. Мальгина Ю.О., Пешкова Т.А., Питкина С.Н. Изменение дзета-потенциала глинистых частиц в водном растворе // *Геология в развивающемся мире*. 2016. С. 440-444.
8. Seredin V.V., Rastegaev A.V., Panova E.G., Medvedeva N.A. Changes in Physical-Chemical Properties of Clay under Compression // *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*. 2017. Vol. 4, № 3.P. 22-29.
9. Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) глинистых минералов (каолинита, гидрослюд, монтмориллонита): методические рекомендации № 139. М.: НСОММИ ВИМС, 1999.
10. Паришина Т.Ю. О влиянии давления на изменение микроагрегатного состава глин // *Геология в развивающемся мире*. 2017. С. 147-150.

**ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ СТРОЕНИЯ ВОДОЗАЩИТНОЙ ТОЛЩИ**

*В статье представлены результаты подземных геофизических работ, проводимые на руднике БКПРУ-4, с целью детализации аномалий строения водозащитной толщи. Стандартный комплекс подземных геофизических исследований включает в себя проведение электроразведочных и сейсморазведочных работ. По результатам электроразведочных работ на участках выявленных аномалий проводится детализация строения горного массива сейсморазведочными методами. По результатам наблюдений, даются рекомендации по планированию дальнейших горных работ на участке.*

**Ключевые слова:** Верхнекамское месторождения калийных солей, сейсморазведка, электроразведка, подземные условия, водозащитная толща.

**S.V. Martynov**

Public Joint Stock Company "Uralkali", Berezniki, Russia

**EXAMPLE OF GROUND GEOPHYSICAL WORK ON VERKHNKAMSK POTASSIUM SALTS FOR DETECTION OF ABNORMALITIES OF THE STRUCTURE WATERPROOF STRATUM**

*The article presents the results of ground geophysical surveys conducted at the Mine BKPRU-4 in order to detail the structure of the waterproof stratum anomalies. Standard complex of underground geophysical research involves performing electro and seismic surveys. As a result of electrical exploration in areas identified anomalies carried out detailing the structure of the rock mass seismic methods. According to the results of observations, recommendations are made for planning future mining operations in the area.*

**Keywords:** Verkhnekamsk potassium salts, seismic, electrical exploration, groundwater conditions, the waterproof stratum.

**Введение**

Верхнекамский соленосный бассейн расположен в пределах Предуральяского краевого прогиба и ограничен с запада Русской платформой, а с востока – Западно - Уральской зоной складчатости. В пределах бассейна в открыто Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС). Месторождение представляет собой многопластовую залежь, вытянутую в меридиональном направлении и делится на три обособленные части: северную, центральную и южную.

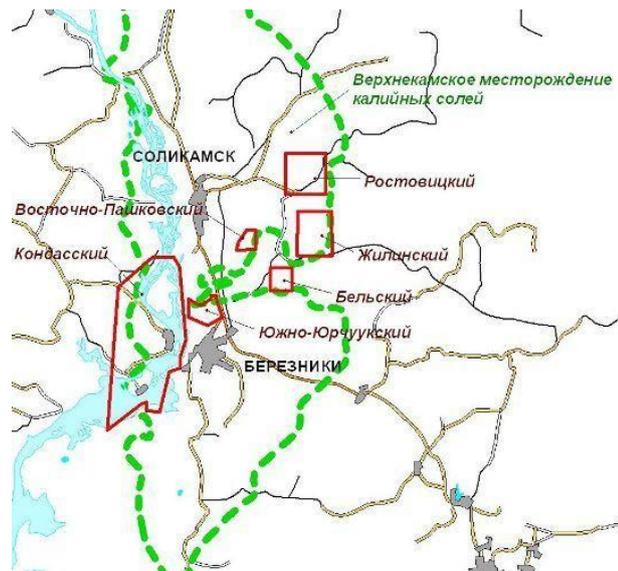


Рис.1. Схематическое положение Верхнекамского месторождения калийных солей [12]

ВКМКС имеет сложные геологические условия, обусловленные разломно-блоковой и соляно-купольной тектоникой, высокой неотектонической трещиноватостью, повышенной водообильностью, развитием карста [3-6]. Геолого-геофизическая модель ВКМКС оказывает определяющее влияние на параметры методик наблюдений. Геологические особенности, определяющие основные элементы геофизических исследований - это строение верхней части разреза, глубина залегания исследуемых толщ, геометрия границ литологических комплексов и их мощность, структура продуктивных отложений, закономерности изменения физических параметров горных пород во вмещающих и продуктивных отложениях.

Для решения задач геофизический комплекс работ включает гравиметрические, электрометрические и сейсмоакустические методы, а также систему сейсмологического контроля процессов разрушения. Методы применяются в наземных, подземных и наземно-подземных модификациях.

Выбор комплекса базируется на основных принципах комплексирования геофизических исследований и конкретизируется в зависимости от решаемой задачи.

Из различных методик работ, входящих в состав комплекса геофизических исследований, применяемого в подземных условиях ВКМКС, в данной статье рассмотрен комплекс геофизических работ, включающий в себя электроразведочные и сейморазведочные наблюдения. Целью электроразведочных наблюдений является выявление аномальных особенностей исследуемой части горного массива, а по результатам сейморазведочных работ получают точные данные о пространственном положении выявленной аномалии, её размерах, природе и влиянии на разрабатываемый массив [1, 6].

Геофизические исследования являются частью комплексных

геологических исследований, направленных на обеспечение безопасности горных работ на рудниках ПАО "Уралкалий".

Геофизическое обеспечение рудников осуществляется отделом геофизических исследований управления геологии ПАО "Уралкалий" с привлечением специализированных организаций, научных и проектных институтов [9].

### **Задачи геофизических работ, проводимых рудниках ПАО "Уралкалий"**

Основными задачами геофизических исследований являются:

- выявление аномальных особенностей строения и состава ВЗТ (выделение скоростных, низкоомных, высокоомных и корреляционных аномалий);
- определение пространственного положения геофизических аномалий;
- оценка и контроль изменения состояния ВЗТ под воздействием горных работ [1, 4].

Электроразведочные исследования следует применять для решения следующих задач:

- изучение геологических особенностей строения и физического состояния геологической среды, представляющих опасность для ведения горно-технических работ с помощью электромагнитных полей;
- выявления на фоне регионального изменения электрических свойств надсолевых отложений локальных аномальных зон, связанных с особенностями геологического строения исследуемых участков (наличие тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости, зон активного водообмена, замещения пород и др.);
- качественная оценка физического состояния солевых отложений по локальным изменениям кажущихся сопротивлений и естественной поляризации, выявленных при подземных работах методами электропрофилеирования;
- решение инженерно-геологических и гидрогеологических задач на территории городских застроек и промышленных площадках
- выявление карстовых пустот в теле солеотвалов, контроль целостности противодиффузионных экранов рассолосборников и др;

Шахтные электроразведочные исследования представляют рекогносцировочный метод перед сейсморазведочными наблюдениями и применяются для выделения зон с аномальными значениями удельного сопротивления [2].

На сегодняшний день на ВКМКС шахтные сейсмоакустические исследования в основном направлены на решение следующих задач:

- картирование геологических неоднородностей ВЗТ, и, в первую очередь, малоамплитудных тектонических нарушений, зон замещения и газонасыщенных участков;
- дистанционный прогноз физико-механических свойств горного массива;

- определение техногенного влияния на разрабатываемый массив [9, 10].

#### Методика проведения комплекса геофизических работ в подземной выработке рудника БКПРУ-4

По результатам проведённых ранее электроразведочных работ методом электропрофилирования был получен разрез кажущихся сопротивлений (рис. 2), на котором выделялся участок с превышением параметров поля от среднего значения кажущегося сопротивления составляет 2-4 раза (пикет 125-130). Так как это увеличение значений, возможно было связано с повышенной трещиноватостью, пористостью и газоносностью пород, в заключении рекомендовалось выполнить детализационные работы методом сейсморазведки [7].

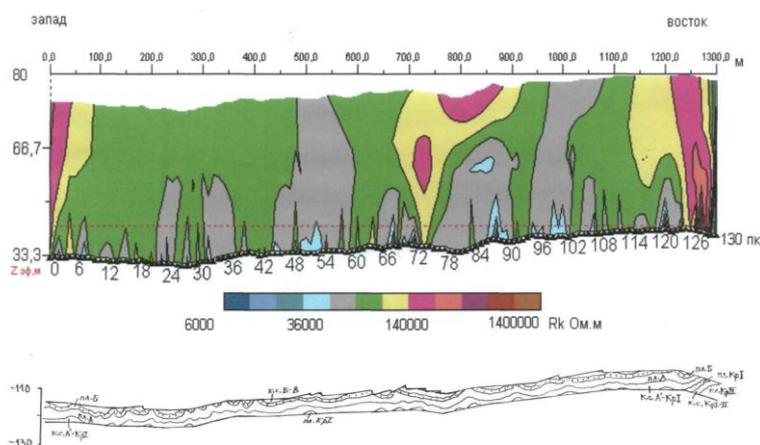


Рис. 2. Разрез кажущихся сопротивлений по профилю [7]

#### Шахтные полевые сейсморазведочные исследования.

Район работ. 4-5 юго-восточная панель (рис.3.), 3 восточный блок, разведочные транспортный и конвейерный штреки, пласт АБ - Кр.П. Привязка сейсморазведочного и электроразведочного профилей: 0 пикет сейсморазведочного профиля совпадает с 101 пикетом электроразведочного профиля (рис 4).

Основная цель сейсморазведочных работ - оценка строения и свойств горного массива по результатам профилирования методом ОГТ в вертикальной и в горизонтальной плоскости.

Шахтные полевые исследования. Полевые работы проводились отделом геофизических исследований ПАО "Уралкалий". Наблюдения выполнены в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Наблюдения в горизонтальной плоскости проведены в целях уточнения выявленной ранее границы распространения зоны замещения между разведочными выработками 2-го и 3-го восточных блоков 4-5 ЮВП. В первом случае применялось непродольное профилирование, вынос ПВ относительно линии наблюдений - 16 метров. Возбуждение проводилось в кровлю северного (транспортного) штрека у

северной стенки, а ПП находились на почве южного (конвейерного) штрека у южной стенки. Во втором случае возбуждение проводилось в южную стенку южного (конвейерного) штрека, а регистрация в горизонтальном направлении на стенке. Линии наблюдений для обоих методов совпадают по координатам и имеют протяжённость 606 метров (рис. 7).

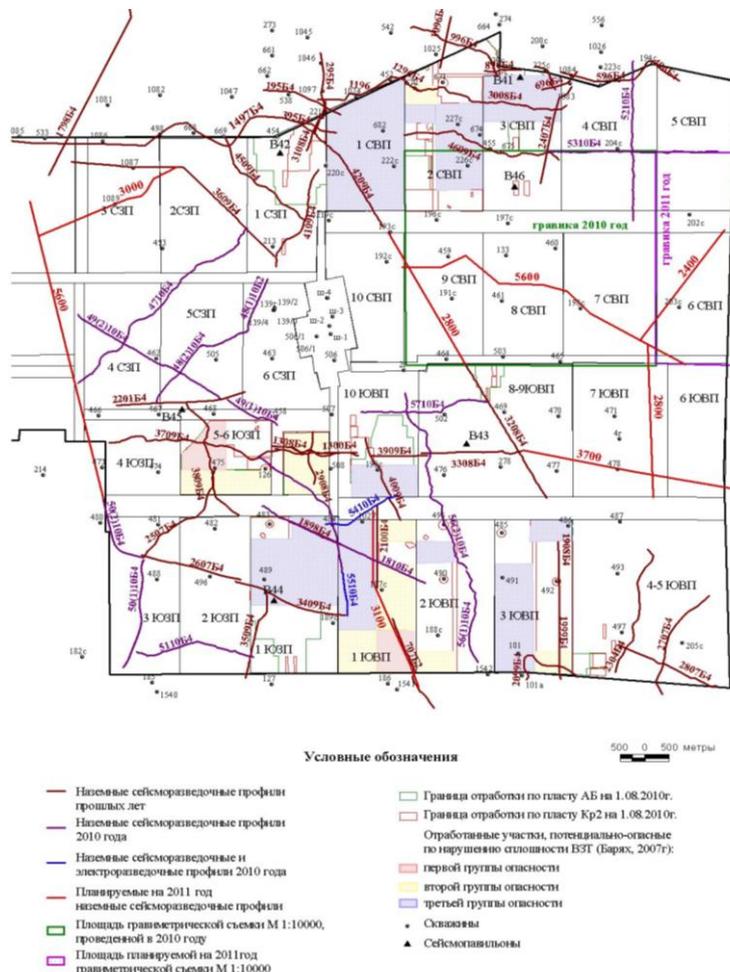


Рис 3. Схема выполненных и планируемых геофизических исследований на шахтном поле БКРУ-4

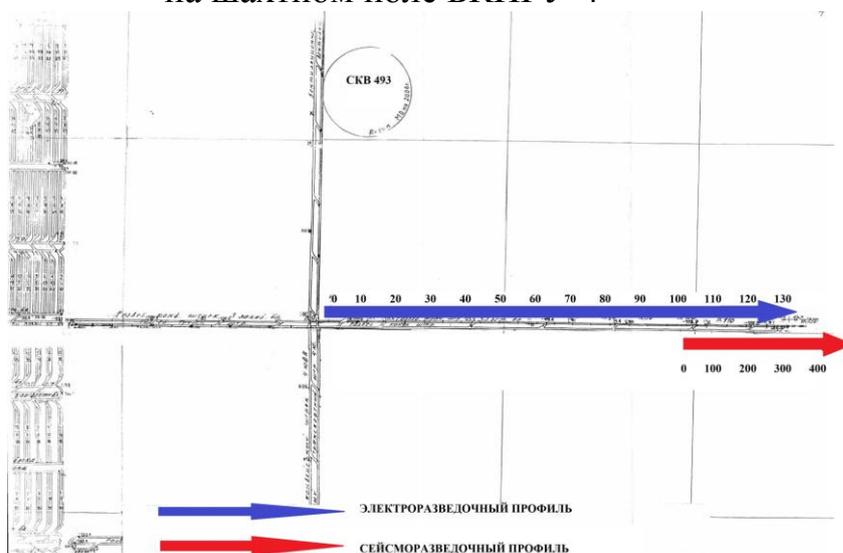
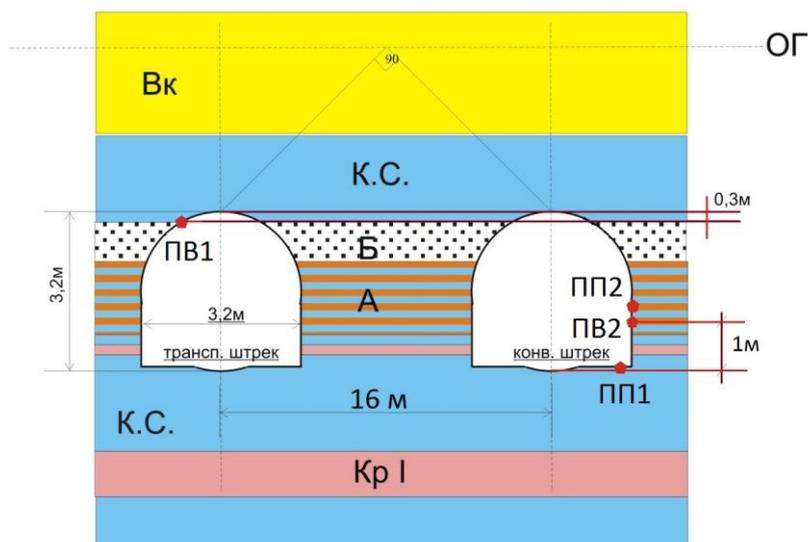


Рис. 4. Привязка сейсморазведочного и электроразведочного профилей



а) ПВ 1 - ПП 1 – непродольное профилирование; б) ПВ 2 - ПП 2 – просвечивание отражёнными волнами в горизонтальной плоскости. Кр1, А и Б калийные пласты сильвинитовой зоны; КС - каменная соль; Вк – пласт в карналлитовой зоны; ОГ - отражающий горизонт

Рис. 5. Профильные системы наблюдения

### Интерпретация данных и их обсуждение

На временном разрезе (рис. 6.) выделяется ряд наиболее динамически выраженных осей синфазности - отражающих горизонтов (ОГ). Согласно результатам скоростного анализа и геологоразведочным данным они приурочены к кровле пластов: Е (ОГ Ек), покровной каменной соли - ПКС (ОГ ПКСк), к подошве ПКС (ОГ ПКСп), ППк - кровля переходной пачки, Гипс\* - гипсовая пачка в соляно-мергельной толще.

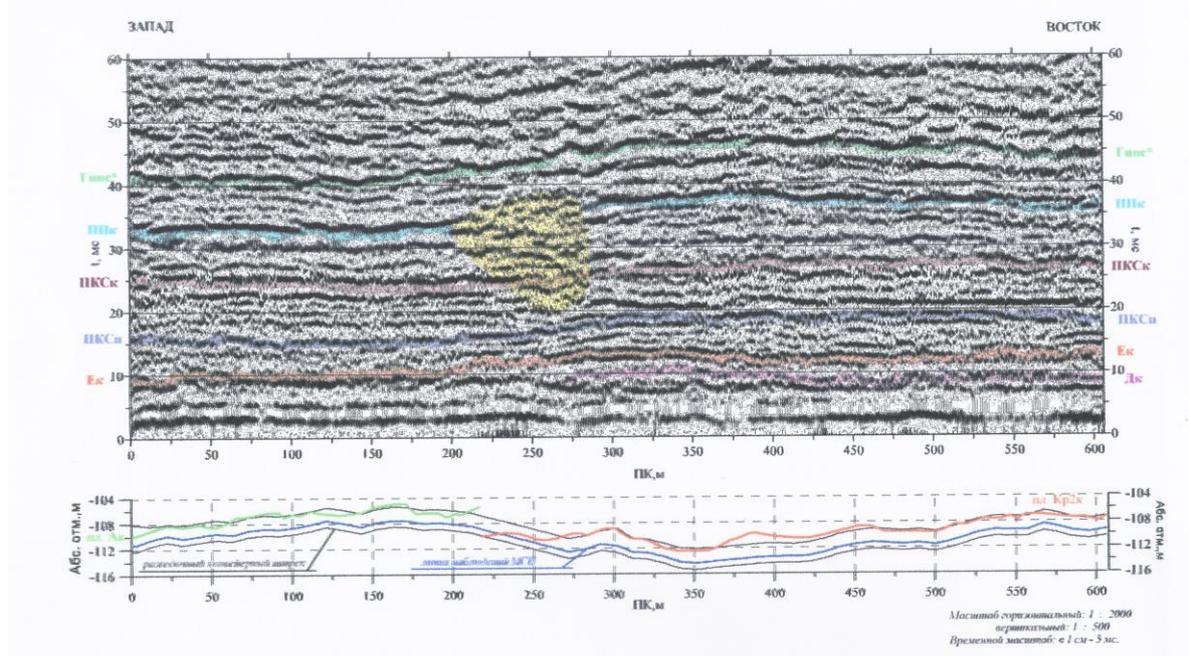


Рис. 6. Временной разрез МОГТ [6]

По особенностям волновой картины скоростной характеристики и распределению интенсивности сейсмической записи, представленной на динамическом разрезе выделяется один непротяжённый участок. Пространственно он приурочен к интервалу ОГ ПКСк - ППк. На уровне ОГ ПКСк его координаты находятся в пределах пикетов 210-290, а на уровне ОГ ППк - пикетов 200-290. Его проявление в сейсмической записи характеризуется нарушением регулярности в прослеживании отражающих горизонтов, относительным понижением интенсивности сигналов и значений скоростной характеристики. В плане данный участок совпадает с переходом профильной линии с уровня пласта АБ на пласт Кр.П.

По набору перечисленных изменений параметров сейсмической записи, согласованность которых представлена наибольшими значениями в разрезе комплексного параметра, выделяется восточная часть рассматриваемой аномальной зоны. Это указывает на вероятность ухудшения физико-механических свойств горного массива в её пределах.

По количественной оценке отмеченных особенностей сейсмического волнового поля, представленной на скоростном разрезе существенных изменений в интервале продуктивных пластов не наблюдается. Наиболее значимые изменения приурочены к вышележающим пластам ВЗТ. Дифференциация по интервальным скоростям в переходной пачке и примыкающей к ней части соляно-мергельной толщи (ПКСк - Гипс\*) в пределах пикетов 300-400 достигает 300-350 м/с.

Отсутствие выраженной складчатости и других признаков тектонических осложнений в плоскости наблюдений, а также характер сейсмической записи в пределах выделяемой зоны указывают на её литологическую природу. Однако, локальное падение скоростей до 350 м/с может говорить о снижении прочностных свойств слагающих рассматриваемый интервал пород. При совместном рассмотрении представленных результатов шахтных сейсмоакустических исследований и проведённых ранее наземных сейсморазведочных наблюдений, проекции профильных линий которых пересекаются на пикетах 460м и 370м соответственно, с учётом масштабности наблюдений и оцениваемых интервалов разреза, отмечается качественная согласованность в изменениях скоростей для данного участка 4-5 ЮВП.

Отметим, что выявленное осложнение шахтного волнового поля, по своим признакам не сопоставляется с осложнениями, отмеченными на южных шахтных профилях 1-го и 2-го восточных блоков. На данный момент оно представляется локальным и не отождествляется с предполагаемой зоной, пересекающей район работ с юго-востока на северо-запад в направлении скважины №493.

В этой связи, целесообразно проведение дополнительных малоглубинных сейсморазведочных работ в непосредственной близости от выделяемой аномальной зоны, с целью уточнения её природы и пространственного положения [11].

Интерпретация данных полученных методом сейсмического

просвечивания отражёнными волнами. На основании проведенных исследований методом сейсмического просвечивания отражёнными волнами получен традиционный набор данных, отражающих строение и состояние горного массива в горизонтальной плоскости межштрекового пространства южнее разведочного конвейерного штрека 3-го восточного блока.

Необходимым условием формирования в горизонтальной плоскости межштрекового пространства полей отражённых волн является достаточная акустическая контрастность различных участков горного массива в лучевом направлении распространения волн. На полученном временном разрезе МСП (рис. 7.) данная контрастность проявляется в виде непротяжённых, неуверенно коррелируемых осей синфазности отражённых сигналов.

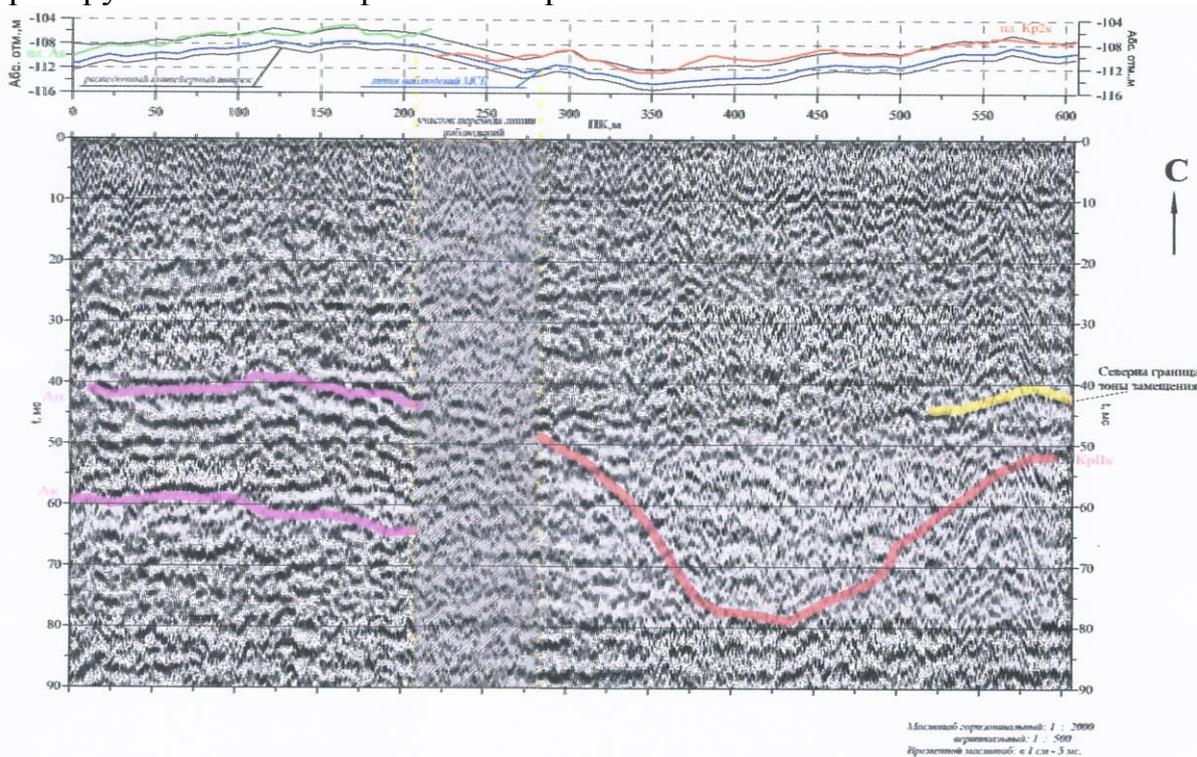


Рис. 7. Временной разрез МСП отражёнными волнами [6]

На основании априорных геологических данных и результатов скоростного анализа выделяемые отражения пространственно приурочены к областям пересечения горизонтальной плоскостью просвечивания борта складки на уровне пласта АБ и кровли пласта Кр.П. Данная складка предположительно располагается южнее профильной линии метода сейсмического просвечивания и имеет параллельное ей простирание. В подобных условиях, при пересечении горизонтальной плоскостью просвечивания борта складки под небольшим углом, т. е. в местах наибольшего угла падения складки, возможно формирование отражённых сигналов с достаточной для их регистрации амплитудой. Таким образом, изображение отражающих горизонтов на представленном сейсмогеологическом разрезе соответствует положению бортов складки в плоскости просвечивания на уровне пласта АБ для первой половины и пласта Кр.П - второй половины профиля.

По интенсивности сейсмической записи динамический временной разрез условно делится на две части, граница которых проходит немногим восточнее перехода штрека с пласта АБ на Кр.П (пикет 280). Меньшими значениями амплитуд регистрируемых сигналов характеризуется восточная часть разреза, которая соответствует наблюдениям на уровне пласта Кр.П. Это может быть обусловлено несколькими факторами: большей удалённостью ОГ Кр.П от линии наблюдений; меньшей акустической контрастностью границы; падением упругих волн на ОГ под большим углом; свойствами слагающих пласт пород.

Распространение вскрытой в разведочном штреке 3-го восточного блока зоны замещения по пласту Кр.П в горизонтальной плоскости целика в волновом поле метода сейсмического просвечивания однозначно не проявилось. Возможная причина этому - либо малый размер зоны, либо невозможность регистрации отражённых волн из-за несоответствия пространственного положения границ литологического замещения параметрам системы регистрации.

Результаты проведённых наблюдений методом сейсмического просвечивания отражёнными волнами из разведочного штрека 3-го восточного блока позволяют предположить дальнейшее распространение данной зоны замещения между разведочными штреками 2-го и 3-го восточных блоков 4-5 ЮВП. Прогнозное положение её северной границы в горизонтальной плоскости целика находится в интервале пикетов 525-600 рассматриваемого профиля на удалении 70-100 метров от разведочного штрека 3-го восточного блока и 450-480 метров от штрека 2-го блока соответственно.

Распределение высоких значений комплексного параметра, рассчитанного для прогноза ослабленных участков разреза, не согласовано и не имеет чёткой локализации. Это указывает на выдержанность горных пород по прочностным свойствам в пределах плоскости просвечивания.

Аномальность комплексного параметра в рамках интерпретационной модели зоны замещения приурочена к двум участкам просвечивания. Первый из них характеризуется большей согласованностью повышенных значений параметра, которые находятся в интервале пикетов 110-225 и времён 25-75 мс. Второй возможно обусловлен влиянием ранее выявленной зоны замещения, северная граница распространения которой по результатам проведённых исследований уточнена.

На основании комплексного анализа атрибутов сейсмической записи в пределах глубинности исследований методом сейсмического просвечивания ухудшения прочностных свойств горных пород в плоскости просвечивания не прогнозируется. Возможны литологические изменения в интервале пласта АБ в пределах участка с координатами пикетов 110-225 на удалении до 100 метров от штрека [11].

### **Заключение**

По результатам выполненных исследований следует ряд основных выводов:

Общая структура сейсмической записи на временном разрезе указывает на достаточную выдержанность основных отражающих горизонтов. Однако,

локальное падение скоростей свидетельствует о снижении прочностных свойств слагающих рассматриваемый интервал пород.

Целесообразно проведение дополнительных малоглубинных сейсморазведочных работ в непосредственной близости от выделяемой аномальной зоны, с целью уточнения её природы и пространственного положения.

Распространение зоны замещения по пласту Кр.П в горизонтальной плоскости целика однозначно не проявилось. Прогнозное положение северной границы зоны замещения в горизонтальной плоскости целика с определённой долей вероятности находится в интервале пикетов 525-600 рассматриваемого профиля на удалении 70-100 метров от разведочного штрека 3-го восточного блока и 450-480 метров от штрека 2-го блока соответственно.

На основании комплексного анализа атрибутов сейсмической записи в пределах глубины исследований методом сейсмического просвечивания ухудшения прочностных свойств горных пород в плоскости просвечивания не прогнозируется. Возможны литологические изменения в интервале пласта АБ в пределах участка с координатами пикетов 110-225 на удалении до 100 метров от штрека [11].

### **Библиографический список**

1. Инструкция по геологическому обслуживанию калийных рудников ОАО "Уралкалий, ОАО «Уралкалий», Березники, 2013.
2. Инструкция по шахтной электроразведке, Горный институт Уральского отделения РАН, Пермь 2008.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 5.
4. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
5. 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.
6. Кудряшов А. И., Верхнекамское месторождение солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001.
7. Отчёт по результатам геофизических работ, проведённых 4-5 ЮВП рудника БКПРУ-4, ОАО "Уралкалий", Управление по подземным и буровым геологоразведочным работам, г. Березники, 2010.
8. Положение об отделе геофизических исследований управления геологии дирекции главного инженера ОАО "Уралкалий". 2012.
9. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ. Екатеринбург: УрО РАН, 1996.
10. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Инструкция по шахтной сейсморазведке (применительно к условиям Верхнекамского месторождения калийных солей). Пермь, ГИ УрО РАН, 2008.
11. Цифровая обработка и интерпретация шахтных сейсмических данных БКПРУ-4, 4-5 ЮВП, 3 восточный блок. Учреждение Российской академии наук Горный институт уральского отделения РАН, Пермь, 2011.
12. URL [http://s.properm.ru/photos/0/3/29/516dfc6569876\\_normal\\_700.jpg?\\_1434594208](http://s.properm.ru/photos/0/3/29/516dfc6569876_normal_700.jpg?_1434594208) (дата доступа 26.01.2016).

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕРРИТОРИИ ПТБО Г. ИГАРКИ**

*Изучены инженерно-геологические и геокриологические условия района города Игарки на полигоне твердых бытовых отходов (ПТБО). Проведено типологическое инженерно-геологическое районирование. Сделан прогноз изменения инженерно-геологических условий при строительстве и эксплуатации ПТБО. Предложены рекомендации и комплекс мероприятий по снижению экологического ущерба.*

*Ключевые слова: инженерная геология, геокриология, геодинамика, инженерные изыскания, электроразведка, дешифрирование космоснимков. оценка, прогноз, полигон твердых бытовых отходов, город Игарка.*

**V.V. Oborin<sup>1</sup>, I.S. Kopylov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> LLC «Zapuralgidrogeologiya», Perm

<sup>2</sup> Perm State University

## **ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL ASSESSMENT AND FORECAST OF DEVELOPMENT OF GEODYNAMIC PROCESSES OF THE SOLID HOUSEHOLD WASTE OF THE CITY OF IGARKA**

*Engineering-geological and geocryological conditions of the city of Igarka in the range of solid household waste were studied. Typological engineering-geological zoning was carried out. The forecast of change of engineering-geological conditions during the construction and operation of the solid household waste done. Recommendations and action plans to reduce environmental damage proposed.*

*Key words: engineering geology, geocryology, geodynamics, engineering surveying, electrical surveying, interpretation of satellite imagery. assessment, prediction, solid household waste, the city of Igarka.*

### **Введение**

Быстрый рост населения и его сосредоточение в городах приводит к непрерывному росту различных отходов, прежде всего твердых бытовых отходов (ТБО), требующих своевременного удаления от мест проживания населения и безопасной утилизации. Актуальность исследований условий размещения отходов не вызывает сомнения: проблема утилизации твердых бытовых отходов в полной мере не решена ни в одной из стран мира. Отходы необходимо включать в природный цикл, удалять и использовать.

Полигоны для захоронения отходов в соответствии с ГОСТ 30772-2001 представляют ограниченные территории, предназначенные и при необходимости специально оборудованных для захоронения отходов, исключения воздействия захороненных отходов на незащищенных людей и окружающую среду. Но с учетом специфики и условий захоронения ТБО более логичное и полное определение дается в Инструкции [3], согласно которой, «Полигоны – комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов».

Объект исследований – полигон твердых бытовых отходов (ПТБО) находится в г. Игарка Туруханского района, Красноярского края (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение объекта исследований

Город расположен на берегу Игарской протоки р. Енисей, в 1330 км к северу от города Красноярск. Находится за полярным кругом. В городе имеется аэропорт, морской порт [10]. Объект исследований расположен в микрорайоне Северный городок г. Игарка. В 4 км севернее Игарской протоки реки Енисей, в 1,2 км южнее р. Гравийка (рис. 2).

**Цель работы** – оценка инженерно-геологических условий территории полигона твердых бытовых отходов (ПТБО) г. Игарка. Основные задачи: 1). Проведение комплексного инженерно-геологического анализа района ПТБО г. Игарка, по материалам инженерных изысканий, аэрокосмогеологических исследований; 2). Инженерно-геологическая оценка, районирование по степени сложности инженерно-геологических условий и прогноз их изменений в районе ПТБО; 3). Разработка рекомендаций по строительству и эксплуатации ПТБО.



Рис. 2. Общий план территории Игарского ПТБО

### **Основные природно-геологические и мерзлотно-гидрогеологические факторы определяющие инженерно-геологические условия**

Западная часть района представлена северо-восточной окраиной Западно-Сибирской равнины, восточную часть района занимает Средне-Сибирское плоскогорье. Рельеф здесь довольно однообразный, плоский, типичный равнинный с высотами до 200 м. Данная территория сильно заболочена с ярко выраженной широтной зональностью природных условий. ПТБО г. Игарка расположен на водоразделе. Площадка полигона слабодренирована. Климат района характеризуется суровой, продолжительной зимой, сравнительно коротким, но теплым летом и резким колебанием температур. Количество осадков за год превышает 400 мм.

Район характеризуется большим количеством озер и болот, развитию которых способствует плоский слаборасчлененный рельеф, малая глубина эрозионного вреза большинства рек, их замедленный сток, превышение осадков над испарением, наличие многолетней мерзлоты.

Объект исследований – ПТБО, располагается в Енисейском инженерно-геологическом регионе первого порядка и Норильско-Туруханский инженерно-геологический регионе второго порядка, расположенном на стыке двух тектонических структур: Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы, в пределах Норильско-Туруханской зоны поднятий, представленной серией гребневидных и куполовидных антиклиналей, флексур и мульд. Фундамент Сибирской платформы сложен архейскими и протерозойскими складчатыми комплексами и имеет расчлененный рельеф [1, 2].

Большое значение в формировании инженерно-геологической обстановки региона имеют разрывные нарушения, особенно глубинные разломы, а также

оперяющие их многочисленные тектонические трещины, (которые выделяются на космических снимках серией линеаментов различных направлений), формирующих участки различной геодинамической активности.

Подземные воды имеют различный химический состав и минерализацию, доминируют воды хлоридно-натриевого, хлоридно-гидрокарбонатного натриевого и гидрокарбонатно-хлоридного натриевого составов. Широкое развитие мощной толщи многолетней мерзлоты в целом и возникновение ее до образования современных форм рельефа предопределяет длительно существующие условия затрудненного водообмена на большей части территории.

По геокриологическому районированию г.Игарка располагается на границе раздела двух крупных зон: зоны распространения многолетнемерзлых пород (ММП) с таликами и зоны распространения ММП островного характера (в виде отдельных островов среди обширных пространств талых пород). Температура ММП в зоне их распространения с таликами от  $-5^{\circ}$  до  $-1,5^{\circ}$ , причем в самих таликах температура выше  $-1,5^{\circ}$ ; в зоне распространения ММП островного характера температура пород колеблется около  $0^{\circ}$ .

Повсеместное развитие в Норильско-Туруханском районе многолетней мерзлоты и суровые климатические условия обусловили региональное развитие геокриологических процессов: солифлюкцию, термокарст, пучение, образование наледей. Многочисленные термокарстовые озера играют роль природных отстойников-накопителей, а гидролакколиты поддерживают постоянный геокриотермический режим природных «морозильников» (рис. 3).



Рис. 3. Термокарстовое озеро и гидролакколиты на Игарском ПТБО

### **Методика и результаты исследований**

В процессе инженерных изысканий (ОАО «Запуралгидрогеология», отв. исполнитель – В.В. Оборин) проводились: топо-геодезические работы, маршрутное обследование (на территории полигона по сетке 50x50 м, за

территорией объекта только по аномальным геолого-геоморфологическим элементам рельефа), горные работы, бурение инженерно-геологических скважин (7 скважин глубиной до 14 м), инженерно-геокриологическое опробование, геофизические работы (ВЭЗ, СЭП), аэрокосмогеологические исследования, лабораторные работы [9].

По дешифрированию космических снимков (в соответствии с методикой [4-8]) масштаба 1:1 000 000-1:25 000 и более детальных (И.С. Копылов, 2015) на рассматриваемой территории выделены тектонические нарушения (линеаменты различных направлений), при этом, наиболее четко на снимках выражена серия северо-восточных, и северо-западных линеаментов (рис. 4).

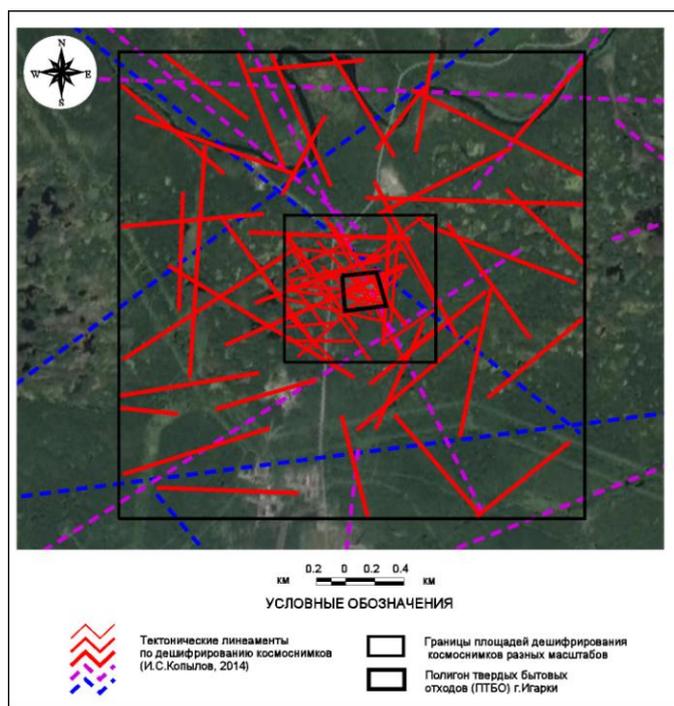


Рис. 4. Карта космогеологического дешифрирования района Игарского ПТБО масштаба 1:25 000

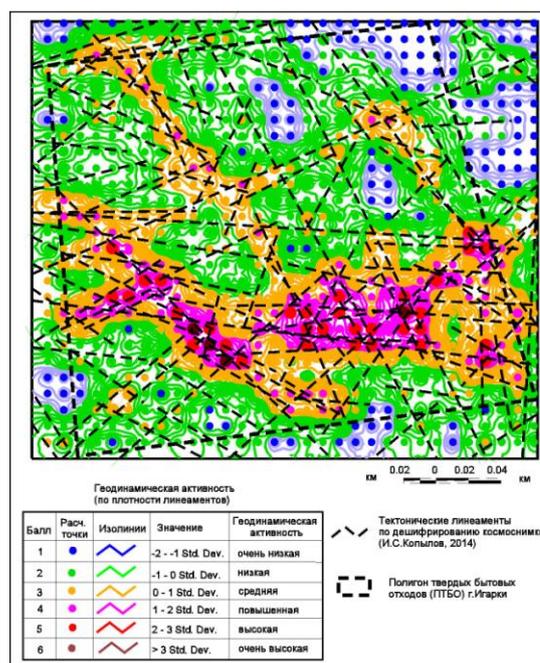


Рис. 5. Карта тектонической трещиноватости и геодинамической активности района Игарского ПТБО масштаба 1:25 000

Выделено большое количество прямолинейных линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. По протяженности они ранжированы на 5 градации - региональные (более 100 км), зональные (50-100), локальные (10-50), короткие (5-10 и менее) км и очень короткие (первые сотни м). Проведена оценка геодинамической активности района. Выделены участки: с очень низкой, с низкой и средней плотностью линеаментов (геодинамической активностью), составляющие фон района и участки с повышенной, высокой и очень высокой плотностью линеаментов, которые преобладают в центрально-южной части района. По данным электроразведки участкам с повышенной, высокой и очень высокой плотностью линеаментов соответствуют участки 50-100 ом м и менее, что характерно для водопроницаемых участков. На фоновых геодинамических участках удельное сопротивление составляет 300-600 ом м, что характерно для мерзлых толщ (рис. 5).

Установлено, что состояние ММП зависит от степени развития тектонической трещиноватости. На участках с повышенной плотностью линеаментов отмечается просачивание и дренирование вод, повышенная водоносность грунтов – здесь мерзлота отсутствует, сформирован сквозной талик. На участках со средней степенью плотностью линеаментов – в приталиковой части ММП деградируют. На периферийных участках полигона (особенно в северо-восточной части) многолетнемерзлые породы находятся в неизменном состоянии (плотность линеаментов пониженная).

Наиболее благоприятными для строительства ПТБО грунтами являются четвертичные гравийно-галечные грунты, позволяющие вести строительство без учета сжимаемости и теплового состояния пород основания. Песчаные грунты являются хорошим основанием сооружений, однако следует учитывать их значительные осадки в результате температурных изменений. На сильнольдистых глинистых грунтах строительство рекомендуется вести с сохранением их мерзлого состояния. При строительстве на талых глинистых породах следует учитывать их значительную сжимаемость.

В пределах проектируемого ПТБО г.Игарки установлены различные виды современных техногенных образований, залегающие на алевролитоглинистых сланцах нижнего протерозоя (рис. 6):

- ИГЭ 1 ( $t_2$ )– техногенные отложения, насыщенные водой;
- ИГЭ 2 ( $t_1$ )– техногенные отложения; слабо- и ненасыщенные водой;
- ИГЭ 3 ( $PR_1$ )– алевролитоглинистые сланцы.

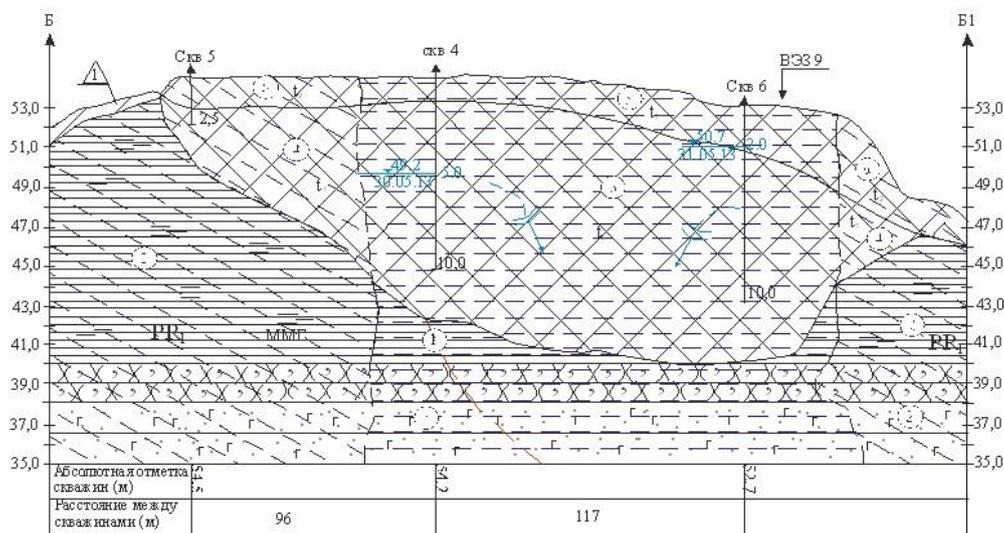


Рис. 6. Инженерно-геологический разрез

По сложности инженерно-геологических условий площадь изысканий относится ко II категории. По типологическому инженерно-геологическому районированию в пределах Игарского ПТБО выделено 5 типов участков (рис. 7): 1) зона осложненная гидролакколитами, термокарстовыми озерами, пластовыми льдами; 2) зона осложненная преимущественно гидролакколитами; 3) таликовая зона; 4) приталиковая зона; 5) зона уступов техногенных грунтов.

Наиболее неблагоприятные инженерно-геологические условия имеют таликовая, приталиковая зоны и зона осложненная термокарстовыми озерами.

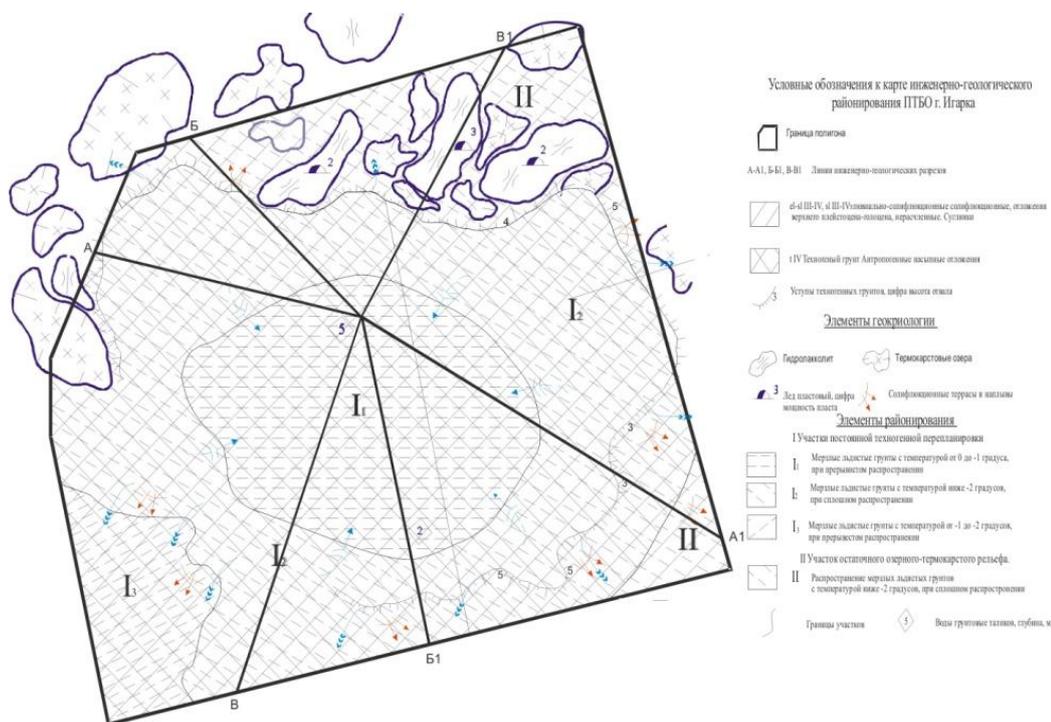


Рис. 7. Карта инженерно-геологических условий ПТБО

## Заключение

Нашими исследованиями [9] был выявлен и локализован талик на территории ПТБО. Определена его роль в термодинамическом, геодинамическом и гидрогеодинамическом режиме полигона. Выведены и локализованы термокарстовые озера, гидролакколиты. Определена их геокриологическая специфика. Дана гидрогеодинамическая оценка их деятельности. По данным электроразведки (методом ВЭЗ и СЭП) определены параметры и границы техногенных отложений. Установлены закономерности влияния геодинамической активности на инженерно-геологические условия, интенсивность проявления геокриологических процессов. Показана хорошая сходимость результатов дешифрирования космоснимков с данными электроразведки. Дана гидрогеодинамическая оценка деятельного слоя и его характеристики. Определены основные направления сброса талых, сточных вод (надповерхностных, надмерзлотных) по полигону, дана их первичная геозкологическая оценка. Выявлена и характеризуется гидрогеодинамика зоны избыточного увлажнения.

**На основании проведенного анализа были разработаны следующие рекомендации:**

- предусмотреть и выполнить обустройство (строительство) пруда-накопителя сточных и талых вод в юго-западной части полигона, используя имеющуюся природную ложбину стока;
- предусмотреть возможность формирования цепи прудов-накопителей вниз по ложбине стока вдоль южной рамки площади вне пределов полигона;
- предусмотреть организацию дренажных канав – уловителей вдоль северо-восточной и юго-западной частях полигона для перехвата талых и сточных вод в пруды накопителя;

- рекультивационные работы и расширение полигона можно продолжить в восточном и юго-западном направлениях полигона в пределах отведенного земельного отвода. Наличие ММП и подстилающих коренных пород лудовской свиты, представленных алевроито-глинистыми сланцами, это позволяет делать;
  - в зоне повышенной трещиноватости просачивание и дренирование вод можно исключить путем бетонирования основания полигона;
  - предусмотреть возможность расположения установки для сбора биогаза выделяемого при складировании ТБО на полигоне;
  - установки для сбора газа должны быть надежно изолированы от проникновения воздуха, так это может привести к образованию взрывоопасной смеси;
  - на сильнольдистых глинистых грунтах строительство рекомендуется вести с сохранением их мерзлого состояния. При строительстве на талых глинистых породах следует учитывать их значительную сжимаемость.
- Необходимо разработать систему инженерно-экологического мониторинга (с целью прогнозирования изменений геологической среды), при этом:
- установить наблюдательные скважины с юга и юго-востока, в районе активного сброса вод. Замеры режимных наблюдений за состоянием грунтов, подземных и поверхностных вод должны быть ежеквартальными;
  - для наблюдения за содержанием тяжелых металлов и специфических элементов (в почво-грунтах, растительности, снежном покрове) в зоне влияния полигона нужно заложить геохимические профили и режимные площадки.

### **Библиографический список**

1. Геология и ландшафты Центральной Сибири / Б.В. Шибистов, Ю.А. Задисенский, Е.Д. Шульце и др. Красноярск, Красноярское геологическое общество, 2007. 184 с., ил.
2. Гидрогеология СССР. Т. XVIII. Красноярский край и Тувинская АССР /Ред. И.К.Зайцев. М.: Недра, 1972. 479 с.
3. Инструкция по проектированию. Эксплуатации и рекультивации полигонов твердых бытовых отходов. М.: Министерство строительства РФ, 1996.
4. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3.
5. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
7. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.
8. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
9. Строительство полигона твердых бытовых отходов, объекта складирования промышленных отходов, биотермической ямы в г. Игарка Туруханского района Красноярского края / Отчет ОАО «Запуралгидрогеология». Отв. исп. В.В. Оборин. Сылва, 2013.
10. <http://www.igarkacity.info>. Официальный сайт Администрации города Игарка.

**М.А Осипов<sup>1</sup>, В.П. Тихонов<sup>2</sup>, И.С. Копылов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Стадия» Казахстан, г. Петропавловск, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ г. ПЕТРОПАВЛОВСКА)**

*В статье освещены вопросы изучения инженерно-геологических условий Северного Казахстана и города Петропавловска. Рассмотрены геоморфологические условия территории и особенности формирования рельефа. Проведены инженерно-геологические изыскания с целью изучения свойств грунта с целью уточнения инженерно-геологических условий и рекомендаций по строительному освоению данной территории.*

*Ключевые слова: инженерная геология, инженерно-геологические изыскания, грунты, инженерно-геологические процессы, Северный Казахстан.*

**М.А. Osipov<sup>1</sup>, V.P. Tikhonov<sup>2</sup>, I.S. Kopylov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LLP «Stage» Kazakhstan, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>Natural Sciences Institute, Perm State University, Perm, Russia

## **ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTH KAZAKHSTAN (PETROPAVLOVSK)**

*The study of engineering-geological conditions of Northern Kazakhstan and Petropavlovsk covered in the article. Considered geomorphological conditions of the territory and the peculiarities of the terrain. Engineering-geological survey to study the properties of the soil in order to clarify geological conditions and recommendations for the development of the construction area.*

*Key words: engineering geology, geological engineering, soils, geotechnical processes, Northern Kazakhstan.*

### **Введение**

Петропавловск – административный центр Северо-Казахстанской области. Самый северный город Республики Казахстан. Расположен в юго-западной части Западно-Сибирской равнины, на правом берегу реки Ишим, самого длинного притока Иртыша, в 40 км к югу от границы с Российской Федерацией, в 428 км к северу от столицы Астаны. Численность населения Петропавловска на 1.01. 2015 г. – 210,4 тыс. человек, площадь 221,6 км<sup>2</sup>.

Для многоцелевого строительства и контроля за состоянием геологической среды региона и городов необходимо изучение инженерно-геологических условий региона и факторов, определяющих эти условия: 1) физико-географические факторы (орографические, климатические, гидрологические, геоботанические, почвенные условия), 2) геологические

факторы (литолого-фациальные условия, структурно-тектоническая обстановка, неотектонические и геоморфологические условия) и 3) гидрогеологические факторы [4-8, 12].

### **Физико-географические факторы**

Северный Казахстан располагается в пределах Западно-Сибирской равнины – одной из самых больших аккумулятивных низменных равнин земного шара. Сравнительное однообразие рельефа обуславливает хорошо выраженную зональность ландшафтов Западной Сибири – от тундровых на севере до степных на юге. Из-за слабой дренированности территории в ее пределах весьма видную роль играют гидроморфные комплексы: болота и заболоченные леса занимают в общей сложности около 128 млн. га, а в степной и лесостепной зонах много солонцов, солодей и солончаков. [11]. Большое значение в развитии рельефа этой территории имеют аккумулятивная и абразионная деятельность широко развитых в ее пределах озер.

Климат резко континентальный, со значительными колебаниями температуры (зима-лето). Весной преобладает ясная и сухая погода, с большим количеством солнечных дней. Лето достаточно жаркое, с преобладанием ясной, часто засушливой погоды. Зима морозная и продолжительная (более 5 месяцев), с устойчивым снежным покровом высотой в среднем до 40-50 см.

На данном участке растительность представлена луговыми травами и камышом, деревья и кустарники не имеются. Почвенный покров представлен преимущественно обычными и черными карбонитовыми почвами.

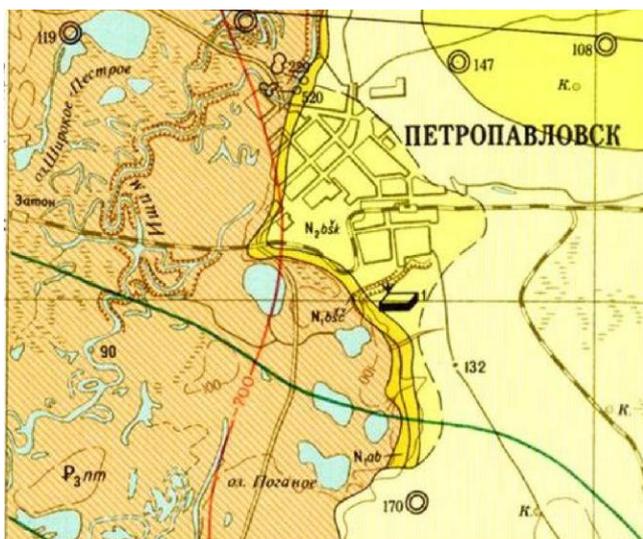
### **Геолого-гидрогеологические факторы**

Рассматриваемый район расположен в пределах Западно-Сибирской плиты, состоящей из допалеозойских, байкальских, каледонских и герцинских блоков. Наиболее древний – Иртыш-Надымский срединный массив. Фундамент разбит разновозрастными глубинными разломами. Наиболее крупные – Восточно-Зауральский и Омско-Пурский (Колтогорско-Уренгойский) субмеридиональные разломы. Фундамент плиты представляет собой огромную депрессию с крутыми восточными и северо-восточными и пологими южными и западными бортами [1]. Фрагмент геологической карты показан на рис. 1.

В геолого-литологическом строении района г. Петропавловска принимают участие аллювиальные отложения современного четвертичного возраста и неогеновые отложения морского происхождения. Подстилающая система коренных отложений – палеогеновые отложения средне-верхнего олигоцена [3, 9].

По геоморфологическим условиям рассматриваемый район приурочен к правобережному склону р. Ишим. Поверхность практически горизонтальная, нерасчлененная с преобладающими отметками 130-140 м.

Гидрогеологические особенности и ресурсы подземных вод находятся в тесной связи с геолого-структурными условиями, рельефом и климатом. По гидрогеологическому районированию район относится к Северо-Казахстанскому артезианскому бассейну.



ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА	Q	Пески разнозернистые с гравием и галькой, глины песчаные, супеси, суглинки (только на разрезах)	
НЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА	ПЛИЩЕН	N <sub>2</sub> ks	Верхний плиоцен. Кустанайская свита. Глины известковые с гравием и гальной мергеля, разнозернистые пески, глиняные гравелисты
		N <sub>2</sub> obk	Средний плиоцен. Бишкульская свита. Глины известковые, песчаные, с включениями мергеля, раковинного детрита, прослой глиняных гравелистов, песков
	МИОЦЕН	N <sub>2</sub> pv	Нижний-средний плиоцен. Павлодарская свита. Глины темно-серые с мергелями конкрециями, с прослоями погребенных почв
		N <sub>1</sub> lv	Верхний миоцен. Таволжанская свита. Серовато-зеленые жирные глины с желваками мергеля
		N <sub>1</sub> obc	Нижний - средний миоцен. Бещевская свита. Алевриты, глины песчано-алевритовые, пески, обделенные крампаистые алевриты
ПАЛЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА	ОЛИГОЦЕН	N <sub>1</sub> ob	Нижний миоцен. Абрисовская свита. Глины алевритовые с растительным детритом, иногда лигнитизированные; алевриты, прослой песков
		P <sub>3</sub> zr	Верхний олигоцен. Жураская свита. Алевриты и алевритовые глины с глауконитом, разнозернистые пески
	ЭОЦЕН	P <sub>3</sub> om	Нижний - средний олигоцен. Новокижловская свита. Алевриты, глины алевритовые лигнитизированные, прослой лигнитов
		P <sub>2-3</sub> og	Верхний эоцен - нижний олигоцен. Чаганская свита. Глины листоватые, прослой и линзы песков, песчаников и алевритов
		P <sub>2</sub> ll	Эоцен Людижурская свита. Глины, опоки, песчанки, пески, алевриты, линзы и тонкие прослойки алевритов
МЕЛОВАЯ СИСТЕМА	ВЕРХНИЙ ОТДЕЛ	K <sub>2</sub> gn	Ганьякская свита. Глины и алевриты известковые, прослой песчаников, песков и алевритов (мастрихтский ярус)
		K <sub>2</sub> br	Березовская свита. Глины, прослой песчаников, алевритов, песков (коньякский - сантонский и кампанский ярусы)
		K <sub>2</sub> kz	Кузнецовская свита. Глины аргилитоподобные, песчанки, прослой алевритов, песков (туронский ярус)
	НИЖНИЙ ОТДЕЛ	K <sub>1-2</sub> ok	Нижний - верхний отдел. Покурская свита. Пески, песчанки, глины, алевриты (аптский - азыбский и сенонский ярусы)
		K <sub>1</sub> kls	Киянская свита. Глины пестроцветные, прослой песков, песчаников, реже алевритов и алевритов (готервиский - барремский ярусы)
		K <sub>1</sub> lr	Тарская свита. Пески, песчанки, прослой глины, аргилитов, алевритов и гравелистов (завальжская ярус)
ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА	P	Аргиллиты с прослоями алевритов и песчаников	
КАМЕННО-УГЛЕЯЯ СИСТЕМА	C <sub>1</sub>	Нижний отдел. Аргиллиты, алевриты, песчанки, известняки, прослой конгломератов, туфопесчаников, туфов	
		Тектонические нарушения (линеаменты) по дешифрированию космоснимков	

Рис. 1. Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений [3] и схемы тектонических нарушений по дешифрированию космоснимков

Подземные (грунтовые) воды верхних горизонтов приурочены к аллювиальным, аллювиально-делювиальным суглинистым отложениям. По химическому составу грунтовые воды смешенного состава, преимущественно-кальциево-калиево-сульфатно-натриевые. Уровень грунтовых вод в скважинах располагается близко от поверхности (0,1 м от поверхности земли). Территория относится к подтопленным территориям, характер подтопления природно-техногенный. Отдельные районы г. Петропавловска в период весеннего половодья, подтапливаются, покрываются водой мощностью до 0,15 м. При строительстве основными факторами подтопления являются изменение условий поверхностного стока воды при вертикальной планировке, разрушение естественных водотоков, накопление атмосферных вод в котлованах при большом разрыве между земляными и строительными работами, утечки производственно-бытовых вод, уменьшение испарения при

эксплуатации под зданиями и дорожными покрытиями.

### **Инженерно-геологическая оценка**

В составе грунтов в рассматриваемом районе по инженерно-геологической классификации выделено 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ) [2]:

1-ИГЭ – аллювиальные современные четвертичные отложения ( $aQ_4$ ): суглинки, серовато-коричневого цвета, от текучей до мягкопластичной консистенции. Вскрытая мощность слоя суглинков изменяется от 3,0 м до 3,1 м, при глубине залегания подошвы слоя 3,5 – 3,6 м.

Физико-механические свойства грунта 1-ИГЭ характеризуются следующими нормативными значениями показателей:

- по степени пучинистости грунты относятся к сильнопучинистым;
- по степени водонасыщения: насыщенные водой;
- суглинки непросадочные и ненабухающие при замачивании водой (при  $ESL < 0.01, \varepsilon SW < 0.04$ ).

2-ИГЭ – аллювиальные современные четвертичные отложения ( $aQ_4$ ): глина аллювиального современного четвертичного возраста серовато-коричневая, с вкраплениями известняка, ожелезненная, с пятнами оглеения, тугопластичной консистенции. Вскрытая мощность слоя изменяется от 1,0 до 1,3 м, при глубине залегания подошвы слоя 4,5-4,8 м.

Физико-механические свойства грунта 2-ИГЭ характеризуются следующими нормативными значениями показателей:

- по степени пучинистости грунты относятся к сильнопучинистым;
- по степени водонасыщения: насыщенные водой;
- глины непросадочные и ненабухающие при замачивании водой (при  $ESL < 0.01, \varepsilon SW < 0.04$ ).

3-ИГЭ – неогеновые отложения морского происхождения ( $mN_2$ ): представленные глинами, коричневыми, местами серыми, с включениями кремнисто-известковых стяжений и конкреций содержанием до 20 %, с рыхлыми скоплениями кремнисто-известковых включений содержанием до 40 %, которые ослабляют структурные связи в грунтах; глина от текучей до твердой консистенции, в целом плотного сложения. Мощность слоя глины в изменяется от 8,2 до 8,5 м при глубине скважин до 13 м.

Физико-механические свойства грунта 3-ИГЭ характеризуются следующими нормативными значениями показателей:

- глины в основном полутвердой и твердой консистенции, непросадочные, слабонабухающие при замачивании водой;
- по степени пучинистости грунты являются условно непучинистыми [9, 10].

### **Заключение**

По анализу инженерно-геологических условий Северного Казахстана и проведенным изысканиям в районе г. Петропавловска установлено следующее:

- по сложности инженерно-геологических условий район относится к II категории сложности;
- территория относится к подтопленным территориям, характер

подтопления природно-техногенный;

- до глубин исследований толща четвертично-неогеновых отложений – непросадочная;

- аллювиальные грунты голоцена отнесены к сильно пучинистым, плиоценовые отложения – к условно непучинистым;

- экзогенные геологические процессы развиты спорадически.

- тектонические нарушения (по данным известных геологических материалов – геологических съемок) отсутствуют, однако по данным аэрокосмогеологических исследований в районе отмечены зоны тектонических нарушений различной интенсивности.

Руководствуясь вышесказанным при многоцелевом строительстве в районе г. Петропавловска рекомендуются мероприятия:

- предусмотреть свайный тип фундамента глубиной не менее 8 м. Несущим основанием определить грунты 3-ИГЭ;

- на период проведения строительно-монтажных работ на участках работ предусмотреть дренажную систему;

- предусмотреть систему ливневого дренажа с отводом поверхностных вод за пределы участков работ с целью недопущения подъема уровня грунтовых вод и заболачивания территорий;

- предусмотреть защитные мероприятия от разрушения грунтов основания и фундаментов силами морозного пучения.

В целях системного инженерно-геологического изучения и геологической безопасности рекомендуется проведение крупномасштабного инженерно-геологического картографирования с применением аэрокосмогеологических и геофизических методов выявления трещинных зон и созданием геоинформационной системы геологической среды города [5, 6, 9].

### ***Библиографический список***

1. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. *Физическая география СССР (Азиатская часть)*. М.: Высш. шк., 1987. 448 с.

2. ГОСТ 25100-95 *Грунты. Классификация*.

3. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Западно-Сибирская. Лист N-42-X (Петропавловск) // Бобоедова А.А., Полетаев А.М. ВСЕГЕИ. Составитель карты: Севказгеология, 1987.

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

5. 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.*

6. 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.*

7. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. *Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жиянском месторождении калийных солей //*

*Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*

8. 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.

9. Осипов М.А., Тихонов В.П., Копылов И.С. Инженерно-геологическое изучение северного Казахстана для многоцелевого строительства // В сборнике: ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов. 2016. С. 72-89.

10. Отчет об инженерно-геологических изысканиях «78-и квартирный жилой дом в микрорайоне «Береке», г. Петропавловск». ТОО «Стадия», г. Петропавловск. 2015 г. Арх. №12.

11. Пиотровский В. В. Геоморфология с основами геологии. Изд. 2, перераб. и доп. М., «Недра», 1977. 224 с.

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

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ИОНООБМЕННУЮ СПОСОБНОСТЬ КАОЛИНИТА

*В работе приводится анализ кислотно-основного титрования суспензий глин, подверженных высокому давлению в присутствии электролита – хлорида калия. Показано различие в адсорбции ионов на глине не подверженной давлению и на образцах глины, подверженной высокому давлению, что может быть связано со структурными изменениями образцов.*

*Ключевые слова: каолинитовая глина, высокое давление, ионообменная ёмкость.*

T.A. Peshkova, Yu.O. Malgina, N.V. Ivanova

Perm State University

## PRESSURE EFFECT ON KAOLINITE ION-EXCHANGE CAPACITY

*The paper provides an analysis of clay suspensions acid-base titting in the presence of electrolyte – potassium chloride. Clays were high pressured from 0 to 1200mPas. The adsorption difference of ions on pressured clay and on high-pressured clay samples is presented. This may be due to the structural changes of the samples.*

*Key words: kaolinite clay; high pressure; ion-exchange capacity.*

### Введение

Глинистые минералы обладают свойствами сорбировать ионы и превращать их в обменные при взаимодействии в водном растворе [2]. Ионообменные свойства глинистых минералов зависят от их вещественного состава и структуры, дисперсности и заряда частиц [3]. Согласно правилу Панета и Фаянса, кристаллы достраиваются лишь теми ионами или атомами, которые входят в их состав [4]. В глинистых минералах находящиеся в межпакетном пространстве  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  являются обменными ионами. Они способны к эквивалентному обратимому межфазовому обмену с катионами, находящимися в растворе [3]. При обычных условиях поверхность глинистых минералов обладает отрицательным зарядом, который обусловлен поверхностными адсорбционными центрами [5].

Под действием давлений микроагрегативный состав глины претерпевает заметные изменения. При уплотнении происходит разрыв связей между частицами и возникают новые связи вследствие сближения глинистых частиц, что в свою очередь может привести к изменению ионно-обменной способности глинистых минералов.

В связи с этой целью настоящей работы явилось установление влияния деформации глинистого минерала под воздействием нагружения на ионный обмен глин.

**Объектом исследований** являлась каолинитовая глина Челябинского месторождения, подверженная сжатию со сдвигом под давлением (0÷500 МПа). Каолинит представляет собой глину белого цвета. Согласно результатам рентгенофазового анализа исследуемая глина имеет следующий состав (%): каолинит – 76.6; монтмориллонит – 15.6; кварц – 7.7.

#### Методика эксперимента

Обмен ионов щелочных металлов на глинистых минералах изучали методом потенциометрического титрования [1]. Влияние давления на процесс ионного обмена исследовали в 0,1 М растворе KCl с 1% глинистой суспензией. В качестве титрантов использовали 0,1 М растворы соляной кислоты и гидроксида натрия. Исследование проводили при значениях pH от 3 до 11. Ионообменную емкость ( $Q_{H^+}/OH^-$ ) рассчитывали согласно [1]. Считали, что положительное значение  $Q_{H^+}/OH^-$  соответствует катионообменной емкости, а отрицательное – анионообменной емкости.

#### Результаты и их обсуждение

На рис.1 представлена зависимость ионообменной ёмкости суспензий глин, подверженных давлению (от 0 до 500 МПа) в присутствии электролита – хлорида калия.

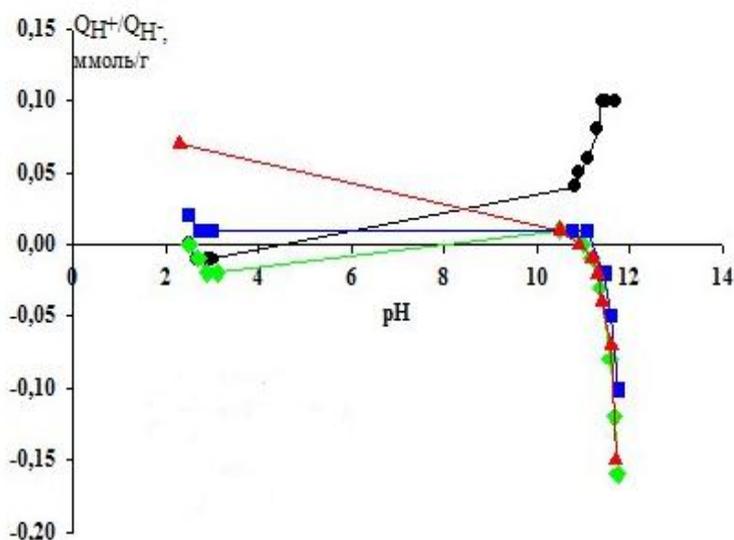


Рис.1. Зависимость ионообменной ёмкости Челябинского каолинита при контакте с дисперсионной средой (KCl 0,1 М):  
 ● – 0 МПа, ◆ – 100 МПа, ■ – 300 МПа, ▲ - 500 МПа.

На основании полученных экспериментальных результатов можно выделить следующие черты, характеризующие обменную адсорбцию глин от давления. Так, для исходного каолинита наблюдаются два механизма ионного обмена: катионный и анионный. Глины, подверженные нагружению давлением, характеризуются анионообменной адсорбционной способностью. В данном

случае происходит обмен гидроксильной группы на глинистых минералах с анионом хлорида в растворе. Оба механизма ионного обмена на глинистых минералах связывают с гетерогенным распределением отрицательного заряда на поверхности, которые обуславливают их поверхностные адсорбционные центры. В случае положительно заряженных поверхностей боковых граней они участвуют в реакциях анионного обмена. Повышением кислотности до некоторого значения рН при изменении плотности заряда на поверхности приводит к перезарядке поверхности.

### **Вывод**

Экспериментально установлено, что для глин, не подверженных высокому давлению, характерна как катионообменная, так анионообменная адсорбция. В то время как для глин, подверженных высокому давлению больше характерна адсорбция анионов.

### **Библиографический список**

1. *Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии /Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. М.: Химия. 1986. 216 с.*
2. *Попов В.Г., Абдрахманов Р.Ф. Ионообменная концепция в генетической гидрогеохимии / Под ред. В.Г. Попова. Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия. 2013. 356 с.*
3. *Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. Киев: Наукова думка, 1975. 351 с.*
4. *Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2006. 444 с.*
5. *Van Olphen H., Fripiat J.J. Data handbook for clay minerals and other nonmetallic minerals. Oxford: Pergamon Press, 1979. -346 p.*

## **ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье приводится характеристика основных факторов, определяющих инженерно-геологические условия территории Нижегородской области.

Ключевые слова: инженерно-геологические факторы, Нижегородская область

**Ju.V. Ronzhina**

LLC "Geoservice", Kstovo, Nizhny Novgorod region

## **FACTORS OF FORMATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS IN NIZHNY NOVGOROD REGION**

The article gives characteristics of the main factors determining the engineering-geological conditions of the territory of the Nizhny Novgorod region.

Key words: geotechnical factors, Nizhny Novgorod region

### **Введение**

Важнейшим элементом окружающей среды в целом и ее природной составляющей является литосфера. Та часть литосферы, которая непосредственно выступает как материальная основа биосферы, в настоящее время выделяется под названием «геологическая среда» [8]. На современном этапе развития общества геологическую среду представляют как многокомпонентную динамическую систему, находящуюся под влиянием природных процессов и инженерно-хозяйственной деятельности человека. Под инженерно-геологическими условиями следует понимать всю совокупность природных геологических условий, определяющих планирование размещения и выбор районов и мест расположения сооружений, условий их строительства, устойчивость эксплуатации, а также другие виды хозяйственного использования территории [7].

Территория Нижегородской области – один из крупнейших регионов в Приволжском федеральном округе и в Центральной России, характеризуется сложным комплексом инженерно-геологических условий, оказывающих влияние на хозяйственное освоение ее территорий.

Факторы формирования региональных инженерно-геологических условий, оказывающих влияние на инженерно-геологическую обстановку региона, условно можно разделить географические, геологические и гидрогеологические факторы [6]. Они определяют разнообразие природных условий региона, сложность тектонических, геологических, орографо-геоморфологических, гидрогеологических условий, многообразие проявлений и участков распространения опасных геологических процессов.

## Физико-географические факторы

Изучению географических условий Нижегородской области посвящено множество работ. В 1886г. рельеф и почвы Нижегородской губернии исследовал В.В.Докучаев, а в 1883г. растительный покров – А.Н.Краснов. В XX веке изучение природы края продолжили А.С.Фатьянов, С.С.Станков, Д.С.Аверкиев, Б.Ф.Добрынин, С.Б.Кульвановский, М.В.Студеникин, Н.М.Шомысов. Вопросами геологии занималась Г.С.Кулинич и Б.И.Фридман, Большой вклад в развитие географии области внёс другой крупный учёный-краевед Л.Л.Трубе, перу которого принадлежит около 350 научных работ. Изучением ландшафтов в Нижегородской области, созданием прогнозных и инженерно-географических карт занимался Э.Г.Коломыц, исследованием географии городов, оптимизации городского ландшафта, оценкой условий природной среды занимаются Ф.М.Баканина, И.К.Орфанов, В.М.Смирнова, О.В.Глебова. Основателями этого направления в Нижегородской области следует считать А.И.Климова и Л.Л.Трубе. В последние годы активно исследуется экологическая ситуация в области, данные работы проводятся Ф.М.Баканиной, Н.Ф.Винокуровой, Г.С.Камериловой, Н.Н.Копосовой. Методическими вопросами изучения географии Нижегородской области занимается В.В.Николина [1].

На территории Нижегородской области по физико-географическим факторам выделяются три природные зоны (рис. 1):

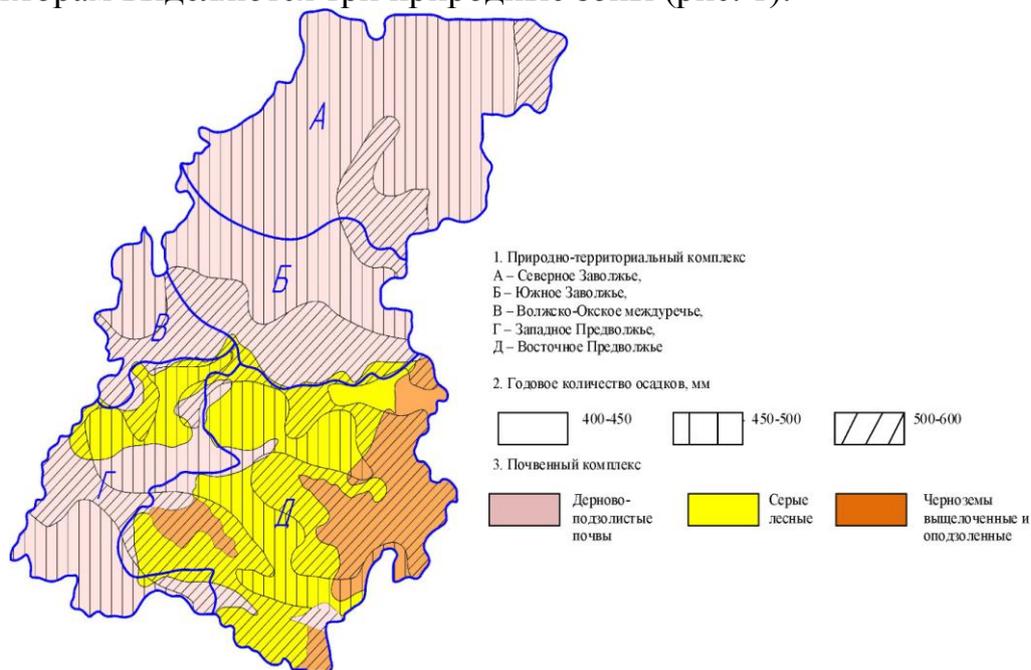


Рис. 1. Схема районирования территории Нижегородской области по физико-географическим факторам [9]

- низменное Заволжье с преобладанием дерново-подзолистых почв и умеренным увлажнением (450-500 мм осадков);
- западная и центральная часть Правобережья, с преобладающим развитием серых лесных почв и умеренным увлажнением (450-500 мм осадков);
- краевая восточная часть Правобережья, характеризующая

выщелоченными и оподзоленными черноземами и избыточным увлажнением (500-600 мм осадков).

**Региональные геологические факторы** объединяют сложный комплекс структурно-тектонических особенностей развитие земной коры, в конечном счете, определяющих геологическое строение рассматриваемой территории, развитие и распространение водоносных комплексов, возникновение и режим экзодинамических процессов.

Нижегородская область располагается в зоне сочленения двух надпорядковых структур Русской плиты – Московской синеклизы и Волго-Уральской антеклизой. Последняя характеризуется Токмовской системой дислокаций по осадочному чехлу в Правобережье и Котельничским выступом на севере Заволжья.

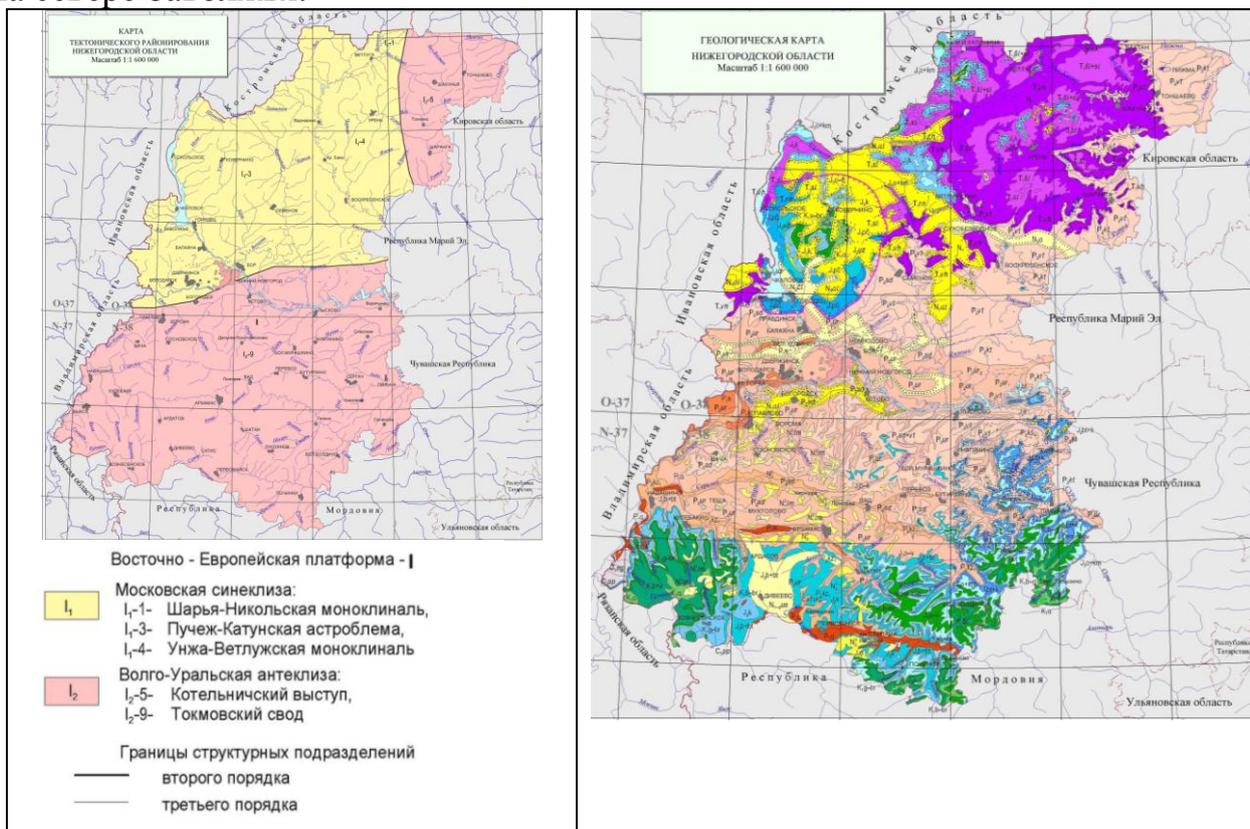


Рис. 2. Тектоническая схема и геологическая карта Нижегородской области [3]

Платформенный чехол образует единый структурный этаж, который сформировался в байкальский, герцинский и альпийский этапы. Отсутствие рифейских, нижневендских отложений, а также сильная дислоцированность пород фундамента обусловили резкое несогласное залегание отложений слагающих этаж. Учитывая структурные особенности осадочного разреза представляется возможным выделить следующие структурные ярусы: верхневендский (позднебайкальский), палеозойско-нижнемезозойский (герцинский), верхнемезозойско-кайнозойский (альпийский) [2].

Верхневендский структурный ярус отсутствует только в вершинной части Горьковского поднятия. Отложения слагающие его залегают с резким угловым несогласием на кристаллическом фундаменте.

Палеозойско-нижнемезозойский структурный ярус распространен повсеместно. По наличию региональных перерывов в осадкообразовании в нём выделяется три структурных подъяруса: девонский, каменноугольно-нижнепермский, верхнепермско-нижнетриасовый.

Мезозойско-кайнозойский структурный ярус подразделяется на мезозойский и кайнозойский подъярусы. Последний относится к неотектоническому этапу. Тектонические движения альпийского мегацикла окончательно оформили контуры структур.

По геоморфологическим условиям Правобережье представляет собой пластово-денудационную ступенчато-увалистую возвышенность с характерным развитием почвенной и овражной эрозии, оползневого процесса на склонах рек Волги и Оки; обширные территории подвержены выщелачиванию и карстованию сульфатов нижней перми и карбонатов карбона. В Заволжье получили развитие аллювиально-зандровые равнины с процессами заболачивания, затопления и подтопления; активно развивающейся боковой речной эрозией, абразией по берегам Горьковского водохранилища и оползневым процессом по берегам крупных рек – притоков первого порядка р.Волги.

По сейсмичности на территории Нижегородской области (ОСР-97) выделяется зоны от 5 до 7 бальной сейсмичностью. По линейментно-геодинамическому анализу [5] выделяется несколько геодинамических активных зон с высокой тектонической трещиноватостью пород (особенно высокая геодинамическая активность на стыке Московской синеклизы и Волго-Уральской антеклизы).

#### **Гидрогеологические условия**

Территория Нижегородской области расположена в пределах трех артезианских бассейнов подземных вод II порядка: Ветлужского, Волго-Сурского, Московского (рис. 3). В северной части Нижегородской области на поверхность выходят пестроцветные, литологически изменчивые отложения перми и триаса. Перекрыты они маломощным чехлом аллювиальных и флювиогляциальных отложений. Водоносные горизонты триаса и татарского яруса перми находятся в зоне свободного водообмена и в большинстве случаев содержат пресные гидрокарбонатные воды. Воды нижележащих водоносных комплексов минерализованы и имеют сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый состав. В тектонически ослабленных зонах наблюдается связь глубоких водоносных горизонтов с вышележащими, выражающаяся в локальном изменении минерализации и химического состава подземных вод приуроченных к отложениям триаса и перми. Большое влияние на гидрогеологические условия оказывает толща пород сакмарского яруса нижней перми, представленная плотными гипсами и ангидритами с прослоями доломитов и известняков. Эта толща прослеживается на всей территории области, выклиниваясь на крайнем юге в пределах распространения Алатырского вала.



Рис. 3. Схема гидрогеологического районирования Нижегородской области [4]

Она безводна и служит региональным водоупором, разделяющим зону пресных и минерализованных вод. На тех участках территории, где галогенная толща залегает вблизи дневной поверхности в зоне активного водообмена, происходит интенсивное выщелачивание гипсов и ангидритов, что влечет за собой карстообразование и изменение химического состава подземных вод.

На правобережье Волги отложения татарского яруса расчленены системой активно действующих крупных оврагов, дренирующих маломощные водоносные пласты. Нижележащие водоносные горизонты казанских и каменноугольных отложений минерализованы и малопригодны для хозяйственного использования. Жесткие сульфатные кальциевые воды отложений казанского яруса с минерализацией на водоразделах до  $5 \text{ г/дм}^3$  и выше несколько опресняются в долинах Волги и Суры [10].

На основе выявленных региональных факторов автором предлагается схема районирования территории по сложности инженерно-геологических условий (табл. 1).

### **Библиографический список**

1. География Нижегородского края: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Арзамас: АГПИ, 2004. 97 с
2. Дятлова В.К., Кочергина В.А., Козлова Н.И. и др. Отчет по геологическому и гидрогеологическому доизучению, инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000 с эколого-геологическими исследованиями в пределах листов О-38-XXXII (Н.Новгород), О-38-XXXIII (Бор), выполненных Средне-Волжской ГРЭ в 1993-2002 гг. Н.Новгород, 2002. 812 с.
3. Карта тектонического районирования Нижегородской области. Масштаб 1:1 600 000 // ВСЕГЕИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vsegei.ru/ru/>

**Схема районирования территории по сложности инженерно-геологических условий**

Надпорядковая структура	Структура I порядка	Гидрогеологические структуры	Геологические структурные ярусы	Опасные геологические процессы
Московская синеклиза	Унже-Ветлужская плоская аллювиально-зандровая равнина	I порядок – Ветлужский артезианский бассейн Комплексы II порядка – N <sub>2</sub> -aQ ; N ; J <sub>2</sub> pc-uz; T <sub>1</sub> ; P <sub>2</sub> sd-vt; P <sub>2</sub> ur; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> ; C <sub>3</sub> – P <sub>1a</sub>	Палеозойско-нижнемезозойский Мезозойско-кайнозойский	Овражная эрозия Подтопление Затопление Заболачивание Оползни Абразия Почвенная эрозия
	Волжско-Окская область зандровых и аллювиально-зандровых равнин	I порядок – Московский артезианский бассейн Комплексы II порядка – N <sub>2</sub> -aQ ; P <sub>2</sub> ur; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> ; C <sub>3</sub> – P <sub>1a</sub>	Палеозойско-нижнемезозойский Мезозойско-кайнозойский	Подтопление Затопление Заболачивание
Волго-Уральская антеклиза (Котельничский выступ)	Унже-Ветлужская плоская аллювиально-зандровая равнина	I порядок – Ветлужский артезианский бассейн Комплексы II порядка – P <sub>2</sub> sd-vt; P <sub>2</sub> ur; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> ; C <sub>3</sub> – P <sub>1a</sub>	Палеозойско-нижнемезозойский	Овражная эрозия Оползни Почвенная эрозия
Волго-Уральская антеклиза (Токмовский свод)	Приволжская пластово-денудационная ступенчато-увалистая возвышенность	I порядок – Волго-Сурский артезианский бассейн Комплексы II порядка – N <sub>2</sub> -aQ ; P <sub>2</sub> sd-vt; P <sub>2</sub> ur; P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> C <sub>3</sub> –P <sub>1a</sub>	Палеозойско-нижнемезозойский Мезозойско-кайнозойский	Овражная эрозия Подтопление Заболачивание Оползни Почвенная эрозия

4. Карта-схема гидрогеологического районирования Нижегородской области // Приволжский региональный центр государственного мониторинга состояния недр. Н.Новгород, 2000.

5. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.

6. 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.

7. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. 479 с.

8. Сергеев Е.М., Трофимов В. Т. Проблемы рационального использования геологической среды // Сб. науч. тр. М.: Наука, 1988. 246 с.

9. Трубе Л.Л. География Горьковской области. Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1978

10. Шпагина О.Н., Боровикова Н.А., Кузоватова Е.Н. Отчёт по оценке обеспеченности населения Нижегородской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (II этап работ), выполненной Гидрогеологической партией Территориального центра мониторинга недр в 1997-2000 гг. Н.Новгород, 2000. 250 с.

**НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАТФОРМЕННЫХ  
ОБЛАСТЯХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
УСЛОВИЯ И ДИНАМИКУ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ  
УДМУРТИИ)**

*Рассматривается влияние новейших тектонических процессов, происходящих в платформенных областях на инженерно-геологические условия и гидрогеологическую обстановку на примере территории Удмуртской Республики. Установлена пространственная корреляция неотектонических структур, повышенной тектонической трещиноватости пород с развитием экзогенных геологических процессов, водоносностью отложений, гидрогеохимическими аномалиями.*

*Ключевые слова: инженерная геология, неотектоника, новейшие структурные формы, разломы, оползни, палеодолины, химический состав подземных вод, гидрогеологические параметры, платформенная область, Удмуртская Республика.*

М.М. Sanklo

PJSC «Gazprom Spetsgazautotrans», Izhevsk

**NEOTECTONICAL PROCESSES IN PLATFORM AREAS  
AND THEIR IMPACT ON ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS  
AND DYNAMICS OF UNDERGROUND WATER  
(ON EXAMPLE OF UDMURT REPUBLIC)**

*The influence of the newest tectonic processes occurring in the platform areas on engineering-geological conditions and hydrogeological situation is considered on the example of the territory of the Udmurt Republic. The spatial correlation of neotectonic structures, increased tectonic fracture of rocks with the development of exogenous geological processes, water content of sediments, hydrogeochemical anomalies is established.*

*Key words: engineering geology, neotectonics, newest structural forms, faults, landslides, paleolines, chemical composition of groundwater, hydrogeological parameters, platform area, Udmurt Republic.*

**Введение**

*Актуальность исследований новейших тектонических движений в платформенных областях обусловлена недостаточной детальностью и комплексностью изучения неотектоники и геодинамических условий платформенных структур, включая урбанизированные территории, в том числе при проведении инженерно-геологических изысканий.*

*Проблема.* Древним структурам фундамента и чехла платформ уделяется гораздо больше внимания, чем новейшим. Предполагается, что именно они определяют развитие территории на современном неотектоническом этапе, в частности разломы оказывают существенное воздействие на инженерные сооружения. Связи инженерно-геологических условий и процессов динамики подземных вод с новейшими структурами не придается большого значения, а зачастую она вообще остается за рамками исследований. В то же время имеется достаточно много фактов, свидетельствующих, что связь эта не только существует, но и активно проявляется в современную эпоху. Эти проявления часто затрагивают повседневные нужды человека, например, водоснабжение или устойчивость жилых построек, в частности и на территории Удмуртии.

Существует по меньшей мере две точки зрения на условия образования этих структур. Одна из них состоит в том, что древние структуры, преимущественно разломы фундамента и чехла платформ, определяют развитие территории на неотектоническом этапе, включая и современный. Такой точке зрения противостоят представления о преимущественно изгибных формах движений и деформаций земной коры платформ на новейшем этапе (Макаров, 1996, 1997; Юдахин, 2003 и др.). Для территории г. Москвы, например, доказано отсутствие унаследованности древних структур неотектоническими, а также наличие здесь новейших изгибных деформаций и геодинамически активных зон [3]. В связи с этим можно сделать вывод, что формирование инженерно-геологических условий на современном этапе во многом определено неотектоническими движениями.

Изучение неотектонических движений важно с инженерно-геологической точки зрения. Наличие неотектонических дислокаций резко изменяет и усложняет инженерно-геологические условия - нарушается однородность грунтов, служащих основанием фундаментов сооружений, образуются зоны дробления (разрывы), снижается прочность пород, по зонам разрывов происходят смещения, порой существенно нарушается режим подземных вод. Это вызывает неравномерную сжимаемость грунтов и деформацию самого сооружения вследствие неравномерной осадки различных его частей. Актуальной является проблема выявления закономерной обусловленности неотектоническими структурами ряда потенциально опасных экзогенных процессов: образования зон повышенной трещиноватости, флюидо- и газопроницаемости горных пород, которые способствуют развитию суффозионно-карстовых и оползневых процессов и формированию гидрогеологических окон. Такие процессы приурочены, в частности, к геодинамически активным зонам.

Влияние неотектонических процессов на экзогеодинамику для Удмуртии еще недостаточно изучено в отличие от некоторых других районов Русской платформы, в частности, урбанизированных территорий.

### **Обзор изучения проблемы**

Неотектоника, или новейшая тектоника, как научное направление зародилась в 30-х годах XX в. Основоположниками его являются С.С. Шульц, показавший ведущее значение новейшей тектоники в рельефообразовании, и

Н.И. Николаев, который впервые провел всесторонний анализ методов исследования новейших тектонических движений, предложил комплексный метод изучения неотектоники.

«Новейший тектонический этап надо рассматривать как отрезок времени в геологическом развитии Земли, соответствующий позднему кайнозою, когда проявилась планетарная (глобальная) активизация тектонических процессов, происходивших в условиях качественной смены глобальной геодинамической обстановки, возникшей в позднем эоцене – начале олигоцена» (Н.И. Николаев. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы) [14].

Практически за начало неотектонического этапа в России принята граница палеогенового и неогенового времени [12], хотя некоторые исследователи за отправную точку принимают середину олигоцена.

Изучению новейшей тектоники Удмуртии не уделялось должного внимания. Практически единственной работой в этом направлении, охватывающей всю территорию республики, является работа А.А. Жарикова [5] по составлению карты новейшей тектоники на территорию Удмуртской АССР в масштабе 1:500 000, выполненная в 1985-1989 гг. (рис. 1). Составление ее было частью комплекса исследований, в которые входило также составление гидрогеологической карты первого от поверхности водоносного горизонта, карты четвертичных отложений и геоморфологической карты.

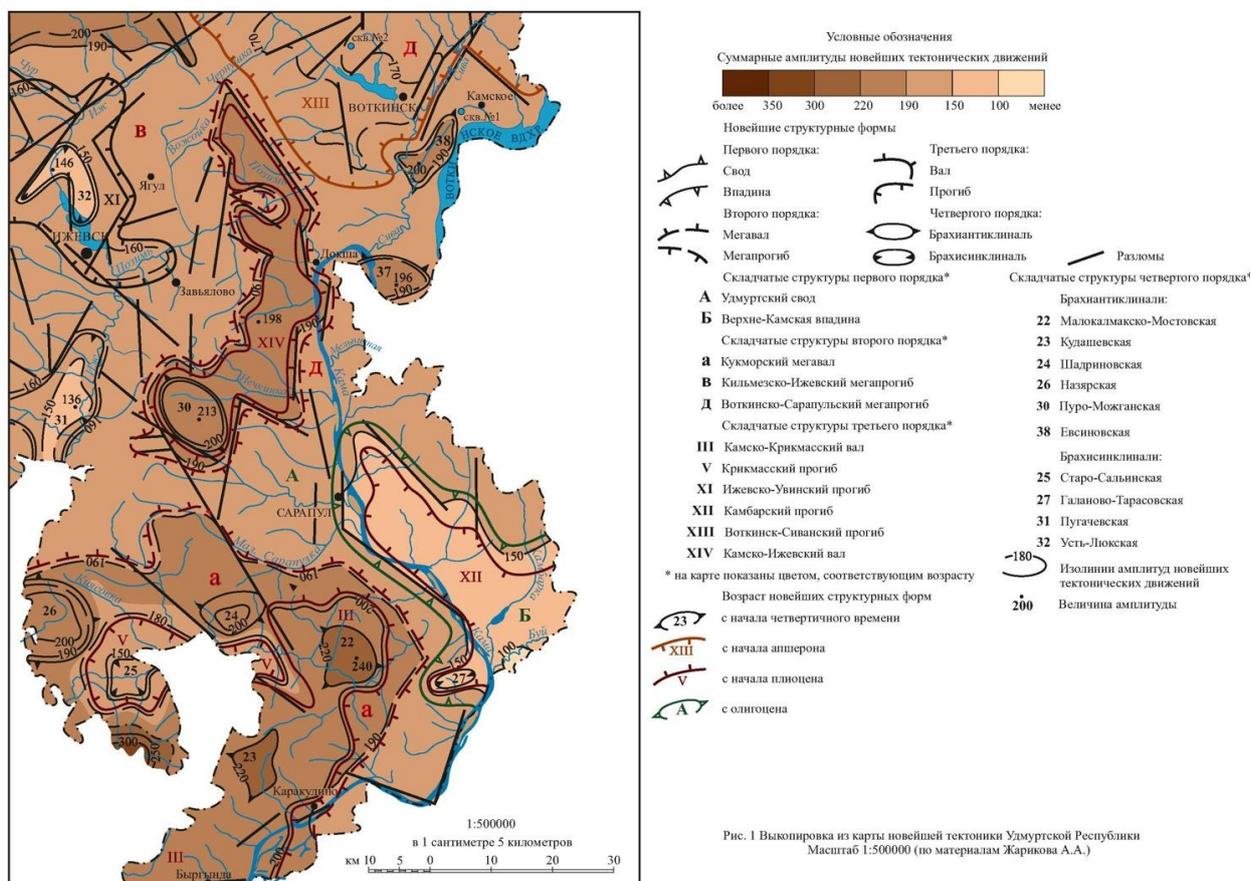


Рис. 1. Выкопировка из карты новейшей тектоники Удмуртской Республики по материалам А.А.Жарикова [5]

Тем не менее, углубляясь в историю проблемы, необходимо отметить, что первые упоминания о новейших тектонических движениях в пределах современной Удмуртии и смежных с ней территорий относятся к самому началу XX века (К.А. Воллосович, исследователь четвертичной геологии севера Европы, 1900), а более поздние встречаются у советских геологов первой половины прошлого столетия (Кассин, 1928; Кобозев, 1928; Борисевич, 1937; Ламакин, 1947).

Во второй половине XX столетия характер новейших тектонических движений на территории Удмуртии описывался в нескольких работах (Лунев, 1959; Валеев, 1963; Ивашов, 1965; Сетунская, Чукленкова, 1968). При этом только работа Валеева охватывает всю территорию республики. Во всех этих работах авторы, в основном, проводят районирование территории по знаку новейших тектонических движений, опираясь на характерные для этих движений геоморфологические признаки. Своей главной задачей они видели оценку направленности изменений высотного положения рельефа за неоген-четвертичное время. Многие важные вопросы – связь новейших движений со структурой земной коры, их влияние на распределение четвертичных отложений, историю развития рельефа оставались за рамками этих работ. Лишь Р.Н. Валеев в определенной мере исследовал взаимосвязи новейших движений и структурных планов земной коры, выделив большое количество локальных поднятий и сопоставив их со структурами, выявленными бурением и магнитной съемкой. Построения совпали примерно в 2/3 случаев. Л.Е. Сетунская и И.Н. Чукленкова установили три поверхности выравнивания с абсолютными высотами 260-290, 180-240 и 140-160 м, отнесенными ими по возрасту соответственно к палеогену, верхнему миоцену и верхнему плиоцену. По заключению авторов, «в новейшем тектоническом плане Вятско-Камской области выделяются крупные структуры блокового типа и ясно выраженного линейного направления» [15].

**Цель работы.** Исследование влияния новейших тектонических процессов, происходящих в платформенных областях, и образовавшихся в результате этих процессов структур на инженерно-геологические условия и динамику подземных вод на примере территории Удмуртской Республики, расположенной в Приуралье, на восточной окраине Восточно-Европейской (Русской) платформы.

#### **Методика исследований**

Для изучения неотектонических движений и их проявлений используют геологические, геофизические, геоморфологические, геодезические и аэрокосмогеологические методы.

Геоморфологические методы базируются на анализе форм современного рельефа и истории его развития. Они разработаны Н.И. Николаевым, Ю.А. Мещеряковым, Х.И. Геренчуком и другими учеными. Сущность этих методов заключается в анализе топографических карт и аэрофотоматериалов с целью выявления аномалий - увеличения крутизны склонов, углубления речных долин, повышения степени расчленённости рельефа и т.д. При прочих равных

условиях (одинаковый состав горных пород, одинаковая густота речной сети и пр.) аномалии рельефа отражают результат тектонических движений, которые вызывают изменение активности экзогенных геологических процессов.

Большую роль играет изучение древних поверхностей выравнивания, сформировавшихся после завершения определенного цикла денудации [15]. В рельефе гор и равнин выделяется серия синхронных поверхностей выравнивания: поздне триасовая, ранне меловая, палеогеновая, миоцен - раннеплиоценовая, позднеплиоценовая, средне-четвертичная, поздне-четвертичная. В результате последующих тектонических движений участки этих поверхностей могут оказаться на различных высотных уровнях. По отложениям, слагающим эти поверхности, можно определить их возраст, а их современное высотное положение дает возможность оценить амплитуду неотектонического поднятия. Основными методами изучения системы «подземные воды – растворенное вещество – геологические структуры – геодинамическая активность» являются линеаментно-геодинамический и структурно-гидрогеологический анализы.

Методология и методика оценки геодинамической активности территорий рассмотрена в работах д.г.-м.н., проф. И.С. Копылова [7-12]. Основным расчетным показателем для выявления геодинамических активных зон является плотность тектонических нарушений (линеаментов): их количество на единицу площади, установленное по дешифрированию космических снимков и другими геолого-геофизическими методами. Важнейшей задачей структурно-гидрогеологического анализа является количественная оценка и картирование подземного химического стока, который представляет собой процесс совместной миграции растворенных веществ с подземными водами в верхних частях земной коры и измеряется массой растворенного вещества, выносимого водой из толщи земной коры в единицу времени. Практически, метод реализуется путем измерений расходов водотоков и их солевого состава в межень, когда он соответствует, в среднем, составу подземного стока речных бассейнов. В качестве основных расчетных показателей для проведения структурно-гидрогеологического анализа используется модуль подземного стока, модуль подземного химического стока, модуль подземного углеводородного стока.

### **Результаты исследований**

Общей тенденцией тектонического развития Приуралья в неоген-четвертичном периоде является поднятие территории. Оно началось еще в олигоцене, обусловив регрессию палеогеновых морей, но более отчетливо проявилось в неогене [12].

Возникновение колебательных движений удовлетворительно объясняется гравитационной дифференциацией вещества в Земле: восходящим токам вещества отвечают поднятия земной коры, нисходящим – опускания. Скорость и знак (поднятие – опускание) колебательных движений меняются и в пространстве, и во времени. В их последовательности наблюдается цикличность с интервалами от многих миллионов до сотен тысяч лет.

«Рельеф сам по себе не есть величина самостоятельная, он – производное

от режима эпейрогенических (т.е. медленных колебательных, примечание автора) движений», - говорил академик Н.М. Страхов еще в 1960 г.

Интенсивные колебательные движения земной коры создают горный рельеф, а едва уловимые – равнинный. К таким равнинам относится и Русская равнина, соответствующая Восточно-Европейской (Русской) платформе. Таким образом, темп и характер развития экзогенных геологических процессов в пределах той или иной местности в значительной степени зависят не только от климата, но и от тектонического режима, действующего через рельеф. В этом проявляются взаимодействие и противоречие внешних и внутренних сил в развитии геологических процессов и явлений. В то же время необходимо заметить, что многие эндогенные и экзогенные процессы получают развитие независимо друг от друга, хотя проявляются в одной и той же области на поверхности земли или в приповерхностных горизонтах земной коры.

В.Д. Ломтадзе в книге «Инженерная геодинамика» отмечает: «геологические процессы начинаются и происходят при наличии определенных несоответствий, например: ...напряженного состояния горных пород – их предельному равновесию; плотности, пористости и степени литификации горных пород – величине действующих гравитационных сил; размягчаемости и размываемости горных пород – скоростям водного потока и др. Эти несоответствия (противоречия) и предполагают естественную неизбежность возникновения геологических процессов и явлений, они служат движущей силой их развития» [13].

Наиболее ярко влияние неотектонических условий на интенсивность и направленность геологических процессов проявляется в горно-складчатых областях. Характерная для них высокая энергия рельефа, чередование зон повышенных и пониженных напряжений в земной коре, высокая сейсмическая активность определяют характерную парагенетическую ассоциацию экзогенных геологических процессов: обвалов, оползней, селей, схода лавин.

Но и в пределах платформенных областей неотектонические условия во многом определяют условия экзогеодинамические. Опускающиеся территории, как правило, характеризуются активизацией таких процессов, как заболачивание и подтопление; на территориях, пусть и незначительно воздымающихся, отмечают эрозионные и склоновые процессы.

В формировании гидрогеологической обстановки в зоне активного водообмена (движение подземных вод, миграция в них химических элементов, распределение подземного стока, формирование гидрогеологических и гидрогеохимических аномалий) участвуют многочисленные процессы; ведущую роль при этом, как отмечает И.С. Копылов [11], играют состояние структурно-геологических условий и неотектонические движения. Действие этой закономерности установлено для многих регионов мира, в т.ч. для Приуралья, к которому относится и территория Удмуртской Республики. Известное положение, выдвинутое академиком Н.М. Страховым о повышенной тектонической трещиноватости активно поднимающихся положительных структур, способствующей интенсивному водообмену и миграции химических элементов подземных вод, является теоретической предпосылкой структурно-





Рис. 3. Оборудование устья водозаборной скважины № 2  
(фото Санкло М.М.)

В тектоническом отношении скважина находится в центральной части Воткинско-Сиванского прогиба (новейшей структуры третьего порядка), на участке между двумя разломами (рис. 1).

Скважиной каптируется водоносный (локально слабодоносный) нижнеуржумский терригенный комплекс биармийского отдела перми. Воды комплекса по химическому составу хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. По данным лабораторных исследований за период 2006-2013 гг. содержание хлорид-ионов составило: 180 мг/дм<sup>3</sup> (февраль 2006 г.), 153 мг/дм<sup>3</sup> (апрель 2009 г.), 267 мг/дм<sup>3</sup> (май 2013 г.), 294 мг/дм<sup>3</sup> (июль 2013 г.) и др.

Водозаборная скважина № 3 расположена северо-западнее пос. Игра (рис. 3). В тектоническом отношении водозабор также приурочен к новейшей складчатой структуре третьего порядка – Кепсколюк-Сальянскому валу, разбитому несколькими разломами.

Скважиной каптируется водоносный верхнеуржумский карбонатно-терригенный комплекс биармийского отдела перми. Воды комплекса по химическому составу гидро-карбонатно-хлоридные магниевые-натриевые. По данным лабораторных исследований за период 2009-2012 гг. содержание хлорид-ионов составляло: 208 мг/дм<sup>3</sup> (май 2009 г.), 229 мг/дм<sup>3</sup> (август 2009 г.), 275 мг/дм<sup>3</sup> (октябрь 2010 г.), 281 мг/дм<sup>3</sup> (октябрь 2011 г.), 306 мг/дм<sup>3</sup> (март 2012 г.).

Таким образом, прослеживается тенденция приуроченности подземных вод с существенно повышенным содержанием хлорид-ионов к складчатым неотектоническим структурам, осложненным разрывными нарушениями.

На инженерно-геологические условия существенно влияет гидрогеологическая составляющая, которая, в свою очередь, связана с

неотектоническими движениями и образующимися новейшими структурами. По мнению А.А. Жарикова решающими факторами, влияющими на динамику подземных вод, в первую очередь следует признать новейший структурный план рассматриваемой территории, тектонические напряжения в земной коре, напряжения в системах «порода-вода», трещиноватость, возникшую в результате тектонических дислокаций (как разрывных, так и складчатых), литолого-фациальный облик пород, а также наличие глубоких палеоврезов речных долин, выполнявших в определенное время функцию региональных дрен [5]. В настоящее время палеоврезы крупных речных долин заполнены отложениями гелазского яруса верхнего плиоцена, представленными глинами с маломощными прослоями и линзами глинистых песков. Которые как бы «запечатывают» палеодолины, аннулируя их дренирующее значение в настоящее время.

Отложения речных долин различного порядка, в связи с их небольшой мощностью и малой площадью развития, на территории Удмуртии объединены А.А. Жариковым в единый водоносный комплекс. Этот водоносный комплекс современных аллювиальных и болотных отложений и аллювиальных средне- и верхнечетвертичных образований ( $aQ_{IV-II}$ ) развит в пределах долин основных рек рассматриваемой территории – Камы, Вятки, Чепцы, Ижа, Валы, Кильмези, Сивы и др. Он сложен образованиями современной поймы и надпойменных террас, на которых часто развиты низинные болота, сложенные специфическими осадками. Ширина полосы распространения данного комплекса зависит от порядка речных долин, неотектонических условий развития и свойств пород, слагающих ложе и борта речной долины. Ширина долин мелких рек – от 50 до 500 м, крупных – от 1,5-2 до 10-12 км. Мощность заполняющих их отложений составляет от 8 м в долинах малых рек до 45-50 м в долине р. Кама. Потенциально аллювиальный комплекс – «резервуар» подземных грунтовых вод. Инженерно-геологические свойства грунтов речных долин и характеристики приуроченных к ним водоносных горизонтов в основном имеют значение при строительстве специальных гидротехнических сооружений.

Наибольшее значение для оценки влияния гидрогеологической составляющей на инженерно-геологические особенности территории имеют состав и динамика движения подземных вод зоны активного водообмена.

Одним из основных факторов, определивших положение зоны активного водообмена, ее мощность, а также направление, характер движения и состав подземных вод, является, прежде всего, геолого-структурная позиция исследуемой территории, относимой в неотектоническом плане в основном к Удмуртскому своду. Структурное положение, тектоническая напряженность литосферы и напряженность в системе «порода-вода», литофациальный состав водовмещающих пород, характер сопряженности водоупорных и проницаемых слоев обусловили создание специфических гидрогеологических условий рассматриваемой территории. Зона активного водообмена в пределах Удмуртии охватывает хорошо проницаемые, разнообразные по литологическому составу водонасыщенные отложения от уфимского яруса приуральского отдела до

вятского яруса татарского отдела пермской системы в центральной части и на юге региона, и до раннетриасовых отложений на севере.

Пермские отложения характеризуются значительной неоднородностью, отсутствием регионально выдержанных водоносных и водоупорных пластов, представляя собой очень сложную, но гидродинамически единую систему. Мощность зоны активного водообмена достигает 230-250 м, составляя обычно 150-180 м. Наиболее низкое залегание подошвы зоны активного водообмена соответствует отметке минус 80 м, что соответствует максимальным врезам предакчагыльских (т.е. образовавшихся не позднее верхнего плиоцена) речных долин. Довольно четко прослеживается тенденция к направлению подземного стока от северных границ территории (Карсвайский вал – наиболее приподнятая новейшая структура), где абсолютные отметки подошвы зоны активного водообмена составляют от +160 до +180 м, и дифференциации его на ряд разнонаправленных потоков в направлении новейших отрицательных структур (Чепецкий мегапрогиб, Кильмезский прогиб, Кильмезско-Ижевский мегапрогиб, Воткинско-Сарапульский мегапрогиб) и совпадающих с ними палеодрен, тяготеющим к современным долинам крупных и средних рек (Чепца, Кильмезь, Иж, Кама). Дифференциация потоков подземных вод по направлениям к областям разгрузки происходит вследствие сложности новейшего структурного плана, наличия многочисленных ослабленных зон (что, в свою очередь, влияет на инженерно-геологические условия), а также вследствие разнонаправленности палеодрен на исследуемой территории, их пространственной разобщенности и значительной разности по глубинам врезов (от +200 м до минус 80 м). Определенное (но не существенное, по мнению А.А. Жарикова) значение имеет также литологический состав пермских отложений. В то же время в целом его значение для формирования залежей подземных вод велико, и при оценке перспектив водоносности, а также обводненности грунтов при инженерно-геологических изысканиях, его необходимо учитывать.

Обводненность разреза зоны активного водообмена составляет 10 - 40%, редко более. В целом водоносный комплекс напорно-безнапорный, но, если водонасыщенный пласт перекрывается водоупором, то, как правило, воды напорные. Величина напора составляет первые десятки метров (обычно от 10 до 50 м) над кровлей первого от поверхности вскрытого водоносного пласта. Коэффициент водопроницаемости  $Km$ , как правило, составляет от 10-20 до несколько десятков  $m^2/сут$ , обычно не превышая 40-70  $m^2/сут$  [6]. В общем коэффициент водопроницаемости уменьшается в направлении с севера на юг – от 2000  $m^2/сут$  в районе Глазовского месторождения подземных вод до 50-100  $m^2/сут$  на Можгинском месторождении. Иногда на сравнительно небольших пространствах, например, в междуречье р.р. Сива и Кама и на прилегающей территории в р-не г. Воткинска, значение  $Km$  для уржумских и казанских водоносных пластов биармийского водоносного комплекса может изменяться в очень широких пределах - от 0,1 до 1183,6  $m^2/сут$ , обычно, впрочем, не превышая все те же первые десятки  $m^2/сут$ .

Такой разброс характеристик больше характерен для более молодых и, соответственно, выше залегающих пластов уржумского возраста. Это можно

объяснить достаточно сложным строением участка, на котором сочетаются новейшие структуры третьего и четвертого порядков – Воткинско-Сиванский прогиб и Евсиновская брахиантиклиналь, довольно разветвленная система разломов, палеодолина Камы и современные долины р.р. Сива и Кама, вследствие чего возникает фильтрационная неоднородность водоносного комплекса. Водонасыщенность и водообильность зависят от структурной ситуации и, прежде всего, ее неотектонической составляющей. Непосредственно в зоне сочленения структур значение водопроницаемости и коэффициента фильтрации могут отличаться в несколько раз в одном и том же ряду скважин, на расстоянии менее 1 км. В то же время абсолютные значения коэффициента фильтрации  $K_f$  невелики (как правило, десятые и сотые доли м/сут, иногда увеличиваясь до 5-12 м/сут) и определяются литолого-фациальным составом водовмещающих пород и их физическим состоянием. При этом «удельный дебит будет определяться тектоническими напряжениями и степенью «сжатости» воды в породах» [5].

Максимальные дебиты скважин (20-65 л/с) зафиксированы также на севере республики – в Юкаменском и Глазовском районах. Возможно, это связано с «выдавливанием» воды из водонасыщенных отложений в процессе формирования положительных неотектонических структур – Северо-Удмуртского мегавала (структура второго порядка) и вторичной по отношению к нему структуры третьего порядка – Карсовайского вала. В зоне сочленения Северо-Удмуртского мегавала и Чепецкого мегапрогиба, юго-западнее г. Глазова, находится крупнейшее месторождение подземных вод Удмуртии. Оно приурочено к системе многочисленных перпендикулярных разломов, осложняющих северо-восточный склон осевой части юго-западной ветви Северо-Удмуртского мегавала. Дебиты родников, как и скважин, в пределах этого месторождения достигают 65 л/с.

Возвращаясь к влиянию новейших тектонических процессов на инженерно-геологические условия на территории Удмуртии, можно сказать, что обстановка в регионе в этом плане достаточно спокойная. В то же время можно привести пример такого влияния, весьма наглядно проявляющегося на местности – это оползни. В пределах республики оползневые деформации развиты, в основном, на правобережье Камы, на участке от плотины Воткинской ГЭС до с. Каракулино. Одним из условий, способствующих образованию оползней, являются новейшие и современные тектонические движения. Здесь нужно отметить, что причины, вызывающие оползни, и условия, этому способствующие – не одно и то же. Непосредственные причины оползней могут быть различны и зачастую связаны с негеологическим (антропогенным) воздействием на склоны, например, в процессе строительства зданий и сооружений, прокладке дорог и т.п., но без наличия соответствующих условий (гидрологических и гидрогеологических, геоморфологических, тектонических и др.) смещение массива горных пород маловероятно.

В платформенных областях, испытывающих поднятие вследствие новейших и современных тектонических движений (а к таковым относится и Удмуртия), постоянно возобновляются запасы потенциальной энергии,

способствующей образованию оползней. Современные и новейшие тектонические движения и другие современные геологические явления подготавливают условия, облегчающие действие сдвигающих и скалывающих усилий. Одним из факторов, определяющих возможность образования оползней, является гидрогеологическая обстановка. Склоны, сложенные обводненными горными породами с водонасыщенными комплексами, горизонтами и зонами постоянного или временного увлажнения, смачивания и насыщения, более благоприятны для образования оползней по сравнению со склонами, сложенными породами, хорошо дренируемыми, сухими.

Наиболее оползнеопасный участок правобережья р. Кама расположен выше и ниже по течению от г. Сарапула. Южнее г. Сарапула, по правому берегу р. Кама, проходит граница участка Верхнекамской впадины (структура первого порядка), практически совпадающая с крутым юго-западным бортом современной долины р. Кама (рис. 1). Вдоль всего склона долины проходит тектонический разлом, с которым связана зона повышенной трещиноватости и раздробленности пород. Оползни здесь – достаточно обычное явление.

Севернее г. Сарапула оползнеопасным является правый склон долины р. Кама в районе д. Докша Завьяловского района УР (рис. 4).



Рис. 4. Ситуационный космический снимок района д. Докша

Оползни происходят здесь с периодичностью 5-10 лет. В апреле 2016 г. произошел достаточно масштабный оползень в непосредственной близости от жилых построек (рис 5, 6). Длина оползня около 400 м, ширина от 3,2 до 12 м,

высота 3,6 м.

Территориально д. Докша находится вблизи Камско-Ижевского вала (новейшей структуры третьего порядка), разделяющего Кильмезско-Ижевский и Воткинско-Сарапульский мегапрогибы (структуры второго порядка). Докша расположена севернее его выступа, «врезающегося» в современную долину р. Кама практически на разломе субмеридионального простираения. Сочетание новейших тектонических структур и соответствующих геоморфологических элементов с крутыми склонами, дисперсными осадочными породами (глинами) создает условия, способствующие образованию оползней.



Рис. 5. Оползень в д. Докша Завьяловского района УР (первый снимок)  
(фото Грачева С.)



Рис. 6. Оползень в д. Докша Завьяловского района УР (второй снимок)  
(фото Грачева С.)

## **Обсуждение результатов**

В результате анализа и обобщения полученных материалов можно проследить связь инженерно-геологических условий с неотектоническими процессами и образовавшимися в результате их действия новейшими структурами. Учет такой связи полезен при оценке инженерно-геологических условий уже на предварительном этапе изысканий участка под строительство. Сейчас нередко не только в сельской местности, но и в крупных промышленных городах застраиваются «неудобные» в инженерно-геологическом отношении территории, в том числе на потенциально оползнеопасных склонах. До определенного времени, в частности, до момента начала действия техногенных причин, эта опасность может не проявляться. Примером может служить та же д. Докша, где оползневые процессы были «подготовлены» новейшими и современными тектоническими движениями.

Другой областью, в которой важен учет роли неотектонических процессов и возникших новейших структур, является изучение гидрогеологической обстановки, в частности, при оценке перспектив водоносности и подсчете запасов подземных вод. Элементы новейшей тектоники в последнем случае могут служить факторами (граничными условиями), которые необходимо учитывать при схематизации гидрогеологических условий и построении моделей месторождений подземных вод.

Относительно связи гидрогеологических процессов, в т. ч. динамики подземных вод, с новейшей тектоникой в пределах Удмуртии, по-видимому, можно согласиться с А.А. Жариковым, который в своей работе, основываясь на неотектонических факторах, пришел к выводу, что «...дифференциация гидрогеологических параметров определяется новейшим структурным планом» [5].

## **Заключение**

Проведенный анализ по оценке влияния неотектонических факторов на инженерно-геологические и гидрогеологические условия в платформенных областях показывает, что существует фактологическое подтверждение предположения о том, что в платформенных областях, даже в пределах такой относительно спокойной в плане активности геологических, в т.ч. тектонических, процессов территории, как Удмуртия, существует зависимость инженерно-геологических условий и гидрогеологической ситуации от локализации новейших тектонических структур.

Вместе с тем необходимо отметить, что фактического материала, имеющего привязку к территории Удмуртии, по исследуемой теме еще недостаточно. Для более углубленного изучения проблемы необходимо сопоставление результатов инженерно-геологических изысканий, бурения гидрогеологических скважин и оценки гидрогеологической обстановки с положением новейших структур на различных участках, в том числе при выполнении прикладных работ, связанных с выбором площадок под строительство и подсчетом эксплуатационных запасов подземных вод.

## **Библиографический список**

1. Аверкина Т.И., Пиотровская Т.Ю. Оценка активности проявления экзогенных геологических процессов на Восточно-Европейской платформе. *Инженерная геология*. 1990. № 3. С. 64-70.
2. Гледко Ю. А., Кухарчик М.В. *Общее землеведение. Курс лекций*. Минск, БГУ, 2005. 55 с.
3. Дорожко А.Л. *Неотектоника, геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение. Диссертация на соискание ученой степени к.г.-м.н. М.: ИГЭ РАН. 2014.*
4. Дорожко А.Л., Макаров В.И. Радон, как потенциальный индикатор современной геодинамической активности территории Москвы // *Уральский геофизический вестник*. 2005. № 8. С. 31-37.
5. Жариков А.А. *Отчет «Составление гидрогеологической карты (первого от поверхности водоносного горизонта), карты четвертичных отложений, геоморфологической и новейшей тектоники на территорию Удмуртской АССР в масштабе 1:500000, выполненной Тематической партией в 1985-1989 г.г. Том 1. Саратов, 1989. 304 с.*
6. Иконников Е.А. и др. *Отчет по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 листов О-40-ХIII, О-40-ХIХ, О-40-ХХV. Пермь, Пермская КГЭ. 1978.*
7. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*
8. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
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. *Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.*
11. Копылов И.С. *Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.*
12. Копылов И.С. *Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 172-177.*
13. Ломтадзе В.Д. *Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л., «Недра», 1977. 479 с.*
14. Николаев Н.И. *Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М., «Недра», 1988. 491 с.*
15. Сетунская Л.Е., Чуکلєнкова И.Н. *Неотектонические движения Вятско-Камской области и их значение для анализа геологических структур. (Проблемы тектонических движений и новейших структур земной коры (К VIII конгрессу ИНКВА, Париж, 1969 г.) М., Наука. 1968. С. 174-179.*
16. Grzempowski Piotr, Badura Janusz, Cacoń Stefan, Kapłon Jan, Rohm Witold and Przybyłski Bogusław. *Geodynamics of south-eastern part of the Central European Subsidence Zone. Acta Geodyn. Geomater., Vol. 9, No. 3 (167), 359–369, 2012.*
17. Kovács Gábor. *Relationship of young tectonics and surface evolution in the Eastern Alpine foothills. Theses of PhD dissertation. Eötvös Loránd University Department Of Geophysics And Space Sciences Department Of Physical Geography. 2013.*

## **ОВРАЖНАЯ ЭРОЗИЯ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

В статье рассмотрена овражная эрозия – один из преобладающих современных рельефообразующих процессов на территории Удмуртии.

Ключевые слова: овражная эрозия, овраг, дешифрирование, Удмуртская Республика

**Yu. N. Selezneva**  
Udmurt Republic, Kezsky district

## **GULLY EROSION OF THE UDMURT REPUBLIC**

The article considers gully erosion is one of the prevailing modern relief-forming processes on the territory of the Udmurtia.

Key words: gully erosion, ravine, interpretation, Udmurt Republic.

### **Введение**

Овраг – деструктивная форма рельефа в виде относительно глубоких и крутосклонных незадернованных ложбин, образованных временными водными потоками. Это узкие, крутосклонные, довольно короткие, молодые отрицательные линейные формы рельефа. Овраг развивается на протяжении сотен лет и не уничтожается под действием антропогенного прессинга. Большое количество оврагов развивается в городах, пригородных зонах, поселках, при выборке леса, добыче полезных ископаемых и строительстве. Негативная роль оврагов в наибольшей степени определяется разрушением земельных угодий, инженерных объектов, коммуникаций. В настоящее время внимание к оврагам усиливается вследствие экологического неблагополучия прилегающих к оврагам территорий. Овраги нередко используются под свалки бытовых и промышленных отходов, что является угрозой здоровью людей. Основными факторами оврагообразования являются гидрометеорологические и геолого-геоморфологические условия: осадки летнего периода и запасы воды в снежном покрове перед снеготаянием, горизонтальная и вертикальная расчлененность территории долинно-балочной сетью, размываемость грунтов, крутизна и форма склонов рек, балок, суходолов, как основных очагов образования оврагов [2-4, 8, 9].

Основные факторы в современных условиях, способствующие естественному оврагообразованию:

1) отсутствие или слабое развитие растительности, характерное для арктической и зоны пустынь и полупустынь.

2) периодические и случайные экстремальные изменения метеорологических условий, сопровождающиеся резким усилением стока.

3) образование на земной поверхности трещин различного генезиса, разрывающих дерновый покров с обнажением грунтов и способствующих концентрации стока и линейной эрозии, что характерно для пустынь и арктической зоны, для гор и других природных зон на участках интенсивного развития гравитационных и некоторых других экзогенных процессов.

4) размыв задернованных склонов речных долин, а также берегов морей, ведущий к увеличению крутизны и дренированию обширных замкнутых западин на водоразделах.

5) развитие суффозии и термокарста соответственно в южных и северных районах.

#### **Характеристика оврагообразования.**

Овражная эрозия является одним из активных современных экзогенных процессов Удмуртии. Современная овражная сеть формировалась в относительно стабильных геолого-геоморфологических и климато-гидрологических условиях при постоянно увеличивающемся влиянии антропогенной деятельности. Большое влияние на образование оврагов оказывают четвертичные отложения, особенно элювиально-делювиальные и делювиально-солифлюкционные суглинки. Поэтому максимальные показатели заовраженности приурочены к южной части Удмуртии с максимальной мощностью лессовидных суглинков. Рельеф играет существенную роль в формировании поверхностного стока, и, следовательно, оказывает большое влияние на развитие овражной эрозии. Огромное влияние оказывают глубины местных базисов эрозии, предопределяющие длительность развития и, соответственно, скорость роста оврагов, глубину вскрытия пород и возможность вовлечения в эрозионную деятельность помимо поверхностного и большого объема подземного стока. Важными климатическими показателями, имеющими влияние на развитие оврагов, являются количество и интенсивность выпадающих атмосферных осадков, температурный режим, глубина промерзания почв и количество воды в снежном покрове. Почвы региона, в том числе преобладающие дерново-подзолистые, отличаются низкой противозэрозионной устойчивостью, что также способствует развитию линейной эрозии. Роль растительности, особенно лесной, как сдерживающего фактора в развитии эрозионных процессов, имеет огромное значение. Большая часть региона находится в подзоне южной тайги. В настоящее время леса занимают около 2044 тыс. га, что составляет примерно 48,6% от всей площади республики. Кроме вырубки лесов и распашки земель большое воздействие на овражную эрозию оказывает промышленная деятельность и строительство автодорог, газо- и нефтепроводов, добыча полезных ископаемых. Таким образом, природные условия и хозяйственная деятельность способствуют развитию овражной эрозии на территории Удмуртской Республики [1-4].

На территории густота оврагов изменяется в широких пределах – от нулевых значений в северных и западных районах до 750- 1000 м/км<sup>2</sup> и более в юго-восточных. Большая часть исследуемой территории (61,8%) не имеет оврагов. Большинство оврагов (29,2%) имеют длину линий стока от 750 до 1250 м (табл. 1). Распространение оврагов постепенно сокращается как на длинных,

так и коротких склонах, что контролируется их крутизной. Овраги преобладают на склонах, где средние уклоны их линий стока составляют всего 2-3° (35,9%), при этом значительное большинство их (62,3%) сосредоточено на склонах длиной от 750 до 1750 м. Объясняется это тем, что такие склоны в наибольшей степени используются в земледелии. Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о высоких потенциальных возможностях развития овражной эрозии. При благоприятных условиях овраги возникают даже на очень коротких склонах (200-250 м) с уклоном около 2°. Резкое сокращение количества оврагов на крутых коротких склонах объясняется их меньшей нарушенностью хозяйственной деятельностью человека.

Таблица 1

Распределение количества оврагов по градациям длин линий стока и их средних уклонов (по И.И. Рысину) [8]

Уклон линий стока, град.	Длина линий стока оврагов, м									
	<250	250- 500	500- 750	750- 1000	1000- 1250	1250- 1500	1500- 2000	2000- 2500	2500- 3000	>3000
<2	10	29	46	84	99	124	165	138	61	111
2-3	8	35	78	146	148	145	201	99	26	24
3-4	16	40	77	90	76	58	35	4	2	-
4-5	15	33	55	35	27	17	5	1	-	-
5-6	8	22	42	26	3	-	-	-	-	-
6-8	3	18	30	5	2	-	-	-	-	-
8-10	2	6	5	-	-	-	-	-	-	-
Более 10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого:	63	183	333	386	355	344	406	242	89	135

Территория Удмуртии делится на несколько физико-географических (ландшафтных) районов, южным и восточным районам соответствуют прикамский и закамский физико-географические районы [8].

**Прикамский физико-географический район** расположен на правобережье реки Кама в пределах Сарапульской возвышенности. От соседних районов отделяется: на западе долиной р.Иж, на востоке – долиной р.Кама. В рельефе преобладают поверхности с абсолютными отметками 150 – 200 м, возвышенные участки расположены лишь на Иж-Камском водоразделе. Максимальная высота (248 м) находится у истоков р. Большая Сарапулка. Территория отличается высокой эрозионной расчлененностью. Глубины местных базисов эрозии достигают 150 – 170 м. На коренном правом склоне долины Камы широко распространены оползни. Водораздельные участки района сложены пестроцветными глинисто-мергелисто-песчаниковыми толщами татарского отдела верхней перми, а также продуктами их разрушения и переотложения. В долинах рек и в глубоких оврагах вскрываются известняки и известковистые песчаники казанского яруса. Шлейфы пологих склонов повсеместно слагаются мощными (15–20 м) делювиально-солифлюкционными суглинками четвертичного периода. Климатические показатели района

благоприятные. Среднегодовая температура воздуха изменяется в пределах  $+2,0 - +2,5^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая сумма осадков составляет 510 – 540 мм.

**Закамский физико-географический район.** Район расположен на левобережье р. Кама в пределах ее четвертичных террас, склонов долины и прилегающих водоразделов. Характеризуется низменным, слабо расчлененным рельефом с преобладающими абсолютными высотами 85 – 150 м. Более высокие отметки приурочены к прилегающим к долине Камы водораздельным участкам, где обнажаются глины, алевролиты, песчаники, конгломераты и мергели уржумского и казанского ярусов средней перми и продукты их разрушения. Террасы Камы слагаются четвертичными аллювиальными, эоловыми и делювиально-солифлюкционными отложениями (пески, супеси, суглинки, реже галечники). Климатические условия района, во многом сходны с предыдущим. Среднегодовая температура воздуха изменяется в пределах  $+2,0 - +2,5^{\circ}\text{C}$ . За год выпадает 500 – 525 мм осадков. Речная сеть представлена левыми притоками реки Кама: Шолья, Камбарка, Буй и др. В долине Камы имеется большое количество старичных озер. Среднегодовые модули стока рек составляют  $5,5 - 5,8 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ . Средняя густота речной сети равна  $0,55 \text{ км/км}^2$ .

#### **Методика и результаты исследований**

Для изучения современной овражной эрозии было проведено дешифрирование участка территории на правом берегу Камы, в междуречье Мостовинки и Малой Сарапулки на площади в  $220 \text{ км}^2$  (рис. 1). Район изучения относится к территориям с наиболее развитой овражной сетью – к Прикамскому физико-географическому району.

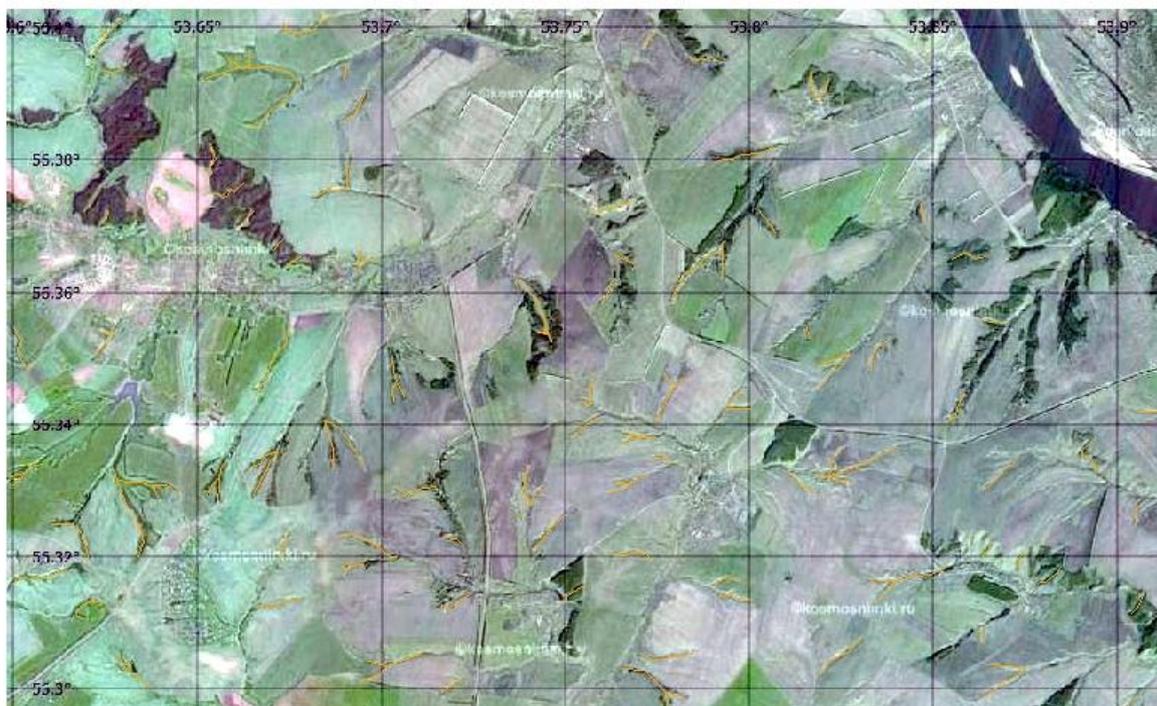


Рис.1 Овражная сеть

Использовались цифровые спектрозональные космоснимки (сервер Google Earth), масштаб 1:50 000-1:100 000. Выделялись короткие линеаменты, которые отражают линейные овраги. Рассчитывалась плотность линеаментов.

В результате дешифрирования было выделено 120 оврагов. Густота овражной сети составила  $13,3 \text{ м/км}^2$ , а плотность –  $0,55 \text{ ед./км}^2$ .

Территория характеризуется различной степенью неотектонической (геодинамической) активностью. На участках с повышенной геодинамической активностью и высокой трещиноватостью пород наблюдается наиболее высокая плотность оврагов [5-7].

Высокая эрозионная расчлененность объясняется рядом факторов: составом размываемых пород, геоморфологическими, гидрометеорологическими условиями, а так же антропогенными воздействиями. Изученная территория находится на приводораздельном склоне реки Кама, а так же включает часть долины реки, чем обусловлены геоморфологические условия. Она сложена легкоразмываемыми породами – глинисто-мергелистыми песчаными толщами, аллювиальными и балочными отложениями, представленными суглинками и супесями. Наблюдается развитая гидросеть из малых рек. Грунтовые воды залегают близко к поверхности. Территория характеризуется благоприятными климатическими условиями. Осадки обильны – их годовая сумма составляет 540 мм. Данный район имеет высокую хозяйственную освоенность, что может способствовать появлению техногенных оврагов.

### **Заключение**

Овражная эрозия требует постоянного изучения и наблюдений, так как это один из современных процессов и овраги развиваются сравнительно быстро. В данной работе была сделана попытка дешифрирования космоснимков с выделением оврагов. В результате были выявлены овраги, подсчитано их количество, плотность и густота овражной сети. Для получения более полной информации об овражной эрозии следует провести дешифрирование всей территории Удмуртии, по снимкам разных годов, чтобы получить динамику развития овражной сети.

### **Библиографический список**

1. Афанасьев Т.П. *Гидрогеология СССР Том XIII Поволжье и Прикамье. Недра, Москва, 1970. 757 с.*
2. Григорьев И.И. *Современное техногенное оврагообразование на территории Удмуртии. УдГУ, Ижевск, 2015. 22 с.*
3. Зорина Е.Ф. *Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: изд-во ГЕОС, 2003. 168 с.*
4. Зорина Е.Ф. *Некоторые особенности развития овражной эрозии. 1987. 325 с.*
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 Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.*
7. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
8. Рысин И.И. *Овражная эрозия в Удмуртии. УдГУ, Ижевск, 1998. 232 с.*
9. Туганав В.В. *Энциклопедия Удмуртская Республика. Из-во "Удмуртия" Ижевск, 2008. 802 с.*

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАТНОЙ ЗАКАЧКИ ШАХТНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД РУДНИКА «МИР»**

*Рассмотрены инженерно-геологические условия участка, геокриологические условия, изучены физико-механические свойства грунтов и выявлены участки проявления инженерно-геологических процессов и их влияние на объект. Объектом исследования является расширение системы обратной закачки шахтных и дренажных вод рудника «Мир» Мирнинского района Республики Саха (Якутия).*

*Ключевые слова: система обратной закачки, физико-механические свойства грунтов, инженерно-геологические изыскания, рекомендации по строительству, Республика Саха, Мирнинский район.*

**A.N. Farzieva**  
LLC «Nerudekspert», Kazan, Russia

## **ENGINEERING AND GEOLOGICAL SURVERY FOR THE SYSTEM OF RE-INJECTION OF MINE AND DRAINAGE WATERS OF THE MINE «MIR»**

*In this paper, the engineering and geological conditions of the site, geocryological conditions, physicommechanical properties of soils are examined in detail, and the areas of manifestation of engineering-geological processes and their influence on the object are revealed. The object of the research is the expansion of the system for the re-injection of mine and drainage waters of the Mir mine in the Myrninsky district of the Sakha Republic (Yakutia).*

*Keywords: reverse injection system, physical and mechanical properties of soils, engineering and geological surveys, recommendations for construction, Republic of Sakha, Myrninsky district.*

### **Введение**

Одной из проблем рудника «Мир» является захоронение сточных дренажных вод с рудника в глубокие горизонты кимберлитовых трубок - их обводненность хлоридными натриевыми и кальциевыми рассолами, прямой сброс которых в водотоки или водоемы негативно сказывается на экологической ситуации региона.

Расширение проводится с целью снять часть воды с основного участка и сделать практически равномерную закачку по всем участкам и снять напоры с основного. Захоронение вод проводится на участке (лог Горелый), который находится в зоне Восточного разлома, который является естественным

гидродинамическим барьером (выполненный дайками долеритов, имеющих низкую проницаемость в интервале водоносного комплекса) [6].

Цель работы – изучение инженерно-геологических условий трассы изысканий. Для достижения поставленной цели был выполнен сбор, систематизация и анализ фондовой литературы; проведены лабораторные испытания с целью изучения физико-механических свойств грунтов; произведены расчёты диаметра трубы водотока, длины свай проектируемой буферной емкости, а также была предложена возможность отказа от строительства буферной емкости и предложены альтернативные варианты развития системы обратной закачки.

### **Природные условия района**

Рассматриваемый район относится к Мирнинскому району Республики Саха (Якутия). Город Мирный расположен на западе, Якутии на реке Ирелях (бассейн Вилюя) (рис. 1).

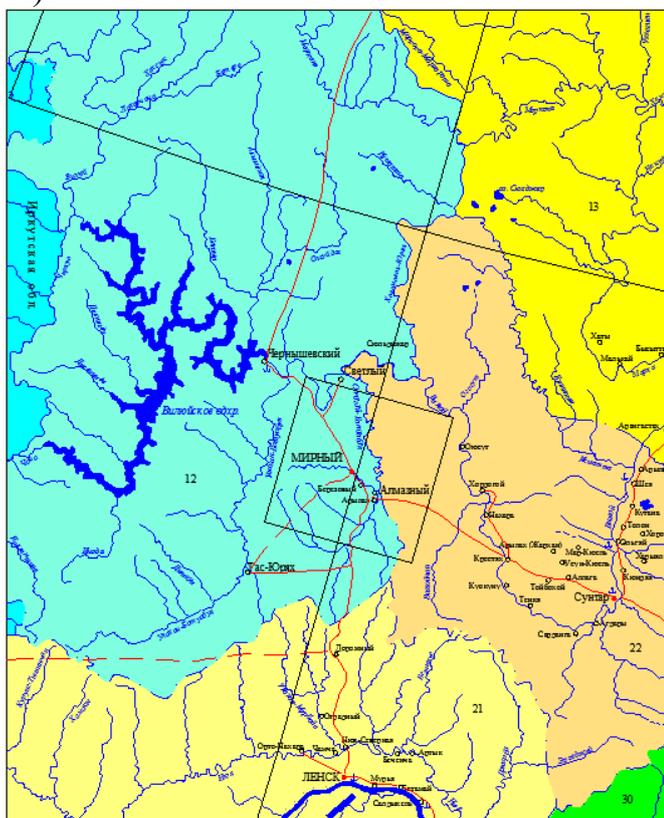


Рис. 1. Обзорная карта участка работ [7]

Рельеф плоскогорный. В орографическом отношении Мало-Ботубинский алмазоносный район расположен в бассейне р. Малая Ботубобия – крупного притока р. Вилюй, в пределах Средне-Сибирского плоскогорья, на границе его с Лено-Вилюйской низменностью.

На режим рек существенно влияют многолетнемерзлые породы и продолжительный холодный период. Они обуславливают незначительные потери влаги на инфильтрацию и испарение. Для большинства рек свойственны: высокое весеннее половодье, систематические осенне-летние

паводки и очень низкий зимний сток. Питание происходит за счет таяния снега и летних осадков.

Максимальные абсолютные отметки 400-450 м. Природные минимальные абсолютные отметки исследуемой территории связаны с рекой Иирэлээх, которые составляют около 300 м. Абсолютные отметки, связанные с деятельностью человека связаны с забоем трубки. Уклоны незначительные. Максимальные уклоны только на бортах трубки. Рельеф техногенно-измененный, т. к. на территории появились трубки [7, 8].

### **Геологическое строение района.**

Тектоническое строение района определяется положением территории в зоне сочленения структур Сибирской платформы и включает в себя часть Непско-Ботуобинской антеклизы с наложенной на северо-западное её крыло Тунгусской синеклизой, а на юго-восточное крыло - Виллюйской синеклизой (Ангари-Виллюйского прогиба). Исследуемая территория (Мирнинский район) характеризуется двухчленным строением. Фундамент слагают сильно дислоцированные породы кембрия, на которых с перерывом и угловым несогласием залегают осадочные породы [1].

На современном срезе нижнепалеозойские отложения картируются в центральной и восточной частях района и представлены терригенно-карбонатными отложениями холмолохской свиты. Магматические образования представлены породами трапповой и кимберлитовой формаций. По времени формирования в составе первой из них выделяются среднепалеозойские и раннемезозойские магматиты. Среднепалеозойские базиты виллюйско-мархинского комплекса образуют не выходящие на поверхность силлы и дайки долеритов, габбро-долеритов, микродолеритов, реже они выполняют трубчатые тела в виде туфобрекчий, состоящих из обломков долеритов [1, 8].

### **Гидрогеокриологические условия**

В гидрогеологическом отношении рассматриваемый район охватывает системы Тунгусского и Якутского артезианских бассейнов I порядка, для которых характерно широкое распространение многолетнемерзлых пород.

Мощность мерзлой толщи изменяется от 164 м на юго-западе до 490 м и более на севере и северо-востоке. В районе г. Мирного мощность многолетнемерзлых пород составляет около 350 м и коррелируется глубиной вскрытия водоносного горизонта, содержащего высокоминерализованные хлоридно-натриевые воды. На изучаемой территории распространены подземные воды трёх типов: надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. Надмерзлотные воды сезонноталого слоя распространены повсеместно и наиболее часто связаны с элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями. Формирование надмерзлотных вод происходит исключительно за счет атмосферных осадков, а в условиях города еще и за счет техногенных факторов.

Помимо вод сезонно талого слоя, в районе имеют распространение воды речных и подозёрных таликов. Обычно талики формируются в условиях

повышенной неотектонической трещиноватости пород, повышая степень инженерно-геологической сложности [3, 4].

Также в условиях города широкое распространение получили техногенные надмерзлотные воды, образование которых связано с аварийными утечками из водопроводно-канализационных коммуникаций. Воды во всех скважинах к ж/б конструкциям при постоянном смачивании слабоагрессивные, при периодическом смачивании – сильноагрессивные. По воздействию на металлические конструкции при свободном доступе кислорода воды во всех скважинах сильноагрессивные [1, 6, 8].

За период активной хозяйственной деятельности по трассе изысканий не произошло деградации мерзлоты, за исключением участка вблизи скв. 13149t где были вскрыты засоленные охлажденные грунты до глубины 10,0 м. Засоление грунтов и образование таликовой зоны вызвано функционированием севернее проектируемой трассы водовода – накопителя минерализованных вод карьера «Мир», который в настоящее время спущен по временному водотoku в р. Ирелях. Учитывая, что на данный момент накопитель спущен, дальнейшее засоление грунтов на данном участке проходить не будет [1, 7].

#### **Инженерно-геологические и расчетные элементы**

В результате анализа физических свойств грунтов, определенных лабораторными методами, было выделено 13 инженерно-геологических элементов и 4 расчетных грунтовых элемента, из них 9 в слое сезонного оттаивания-промерзания, 1 – в талой зоне и 7 – в многолетнемерзлой толще [8].

В результате проведенных мною лабораторных испытаний на базе компании АК «Алроса» были получены следующие результаты:

Широкое распространение на площадке изысканий имеют пучинистые грунты. Согласно СНИПу Категория опасности природного процесса пучение согласно – умеренно опасная.

Термокарстовые процессы не развиты, но на площадке изысканий повсеместно присутствуют нельдистые и слабольдистые грунты при оттаивании которых при техногенном воздействии могут происходить неравномерные осадки. [1, 6]

#### **Методика исследований**

Разработка месторождения закрытым (шахтным) способом объясняет содержание карьера в “сухом” виде и поиски новых структур для захоронения сточных вод. Ситуация на системе обратной закачки дренажных вод к настоящему времени сложилась следующая: баланс откачки-закачки практически стабилизировался с соответствующими объемными величинами 1000-1100 м<sup>3</sup>/час – откачка из карьера, 1200-1250 м<sup>3</sup>/час – обратная закачка. В связи с проводимыми специальными исследованиями по оптимизации баланса откачки-закачки наметилась тенденция по сокращению объема воды в рассолохранилище с возможностью отказа от регулируемых сбросов рассолов в поверхностные водотоки. Существующая проблема состоит в расширении захоронения дренажных вод рудника “Мир”. Воды высокоминерализованные (рассолы), сброс их на ландшафт приведет к деградации природного и животного мира [8].

### Схема развития системы обратной закачки

Система обратной закачки представляет собой линейный ряд скважин. В качестве закачных используются 5 существующих скважин и 7 дополнительных проектируемых скважин. Скважины располагаются на расстоянии 150 м друг от друга. Скорость откачки насосов 1200 м<sup>3</sup>/ч (рис. 2) [7].

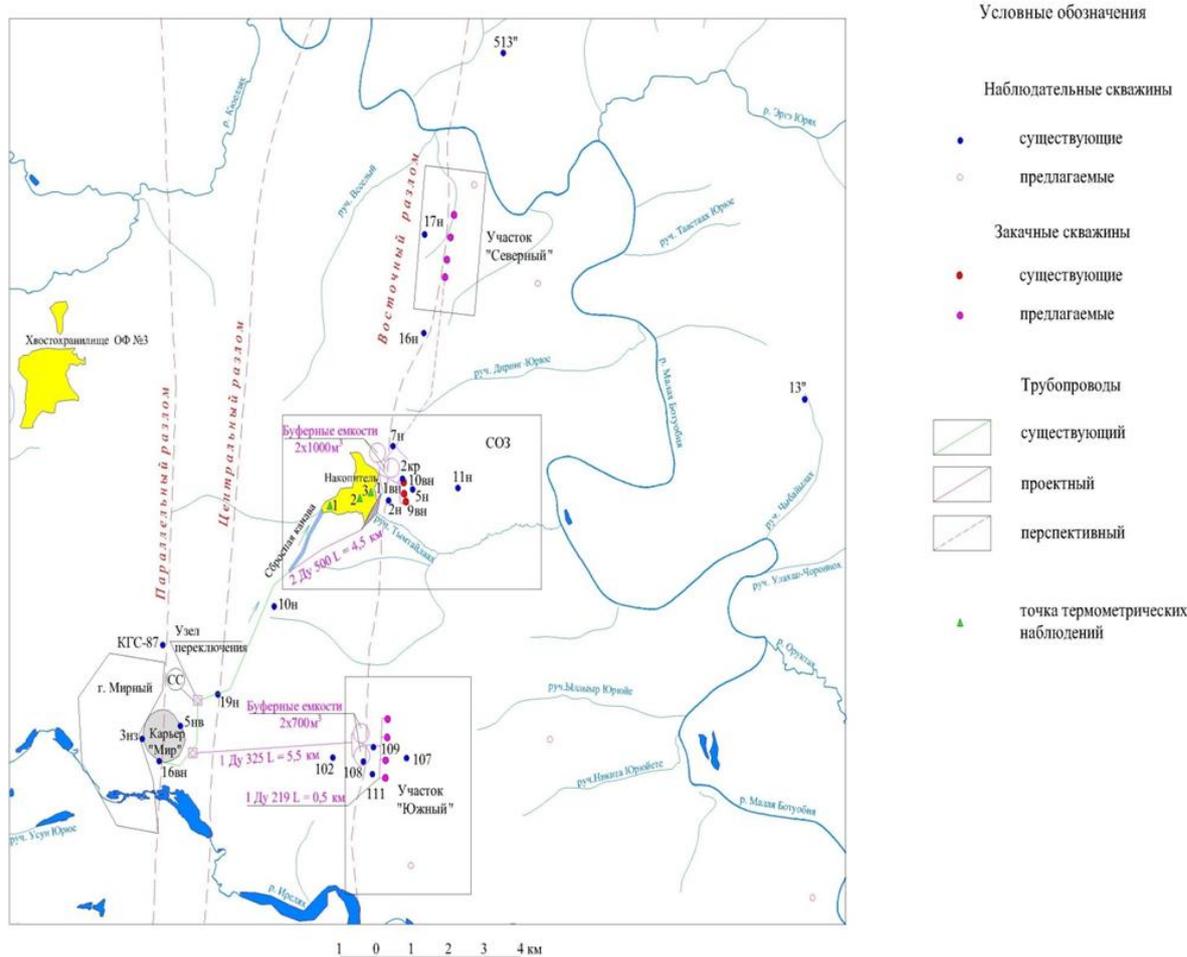


Рис. 2 Схема развития системы обратной закачки дренажных вод рудника «Мир» по В.В.Вигандту [7]

### Расчет объема и размера буферной емкости

Расчет приводится автором с учетом того, чтобы можно было проводить ремонтные работы на участке, без остановки откачки дренажных вод с карьера и рудника "Мир", (запас времени – 5 часов). Объем рассолов, который немного закачать в пласт МИВК на данном участке составляет 250-300 м<sup>3</sup>/час, следовательно, для проведения возможных ремонтных работ потребуется наличие двух емкостей объемом по 700 м<sup>3</sup>. Исходя из полученных данных, были рассчитаны размеры буферных емкостей. Основанием под резервуары являются буронабивные сваи[2, 8].

### Расчет длины свай

Следующие расчеты производились автором по сводам правил: «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.».

Расчетная длина сваи ( $l+d^I$ ) состоит из выступающей части сваи и ее расчетной глубины погружения.

Расчетная глубина погружения сваи  $d^I$  определяется:

$$d^I = d_{th} + 1,5D, \text{ где}$$

$d_{th}$  – расчетная глубина погружения сваи;

$$d_{th} = d_{th}^н \cdot 1,2 = 3,5 \cdot 1,3 = 4,5 \text{ м}$$

$d_{th}^н$  – средняя нормативная глубина погружения сваи, из геологического отчета;

$D$  – диаметр буронабивной сваи, равный 0,61 м;

$$d^I = 4,5 + 1,5 \cdot 0,61 = 5,5 \text{ м}$$

$$l + d^I = 1,45 + 0,61 + 5,5 = 7,6 \text{ м}$$

По подсчетам получилось, что длина свай должна составлять 7,6 м [3].

### **Рекомендации по проектированию буферной емкости**

- использовать грунты основания по принципу I, т.е. с сохранением мерзлого состояния их на весь период строительства и эксплуатации сооружений;

- в качестве фундаментов использовать холодные железобетонные сваи с вмонтированными жидкостными термосифонами или использовать термостабилизаторы;

- учесть пучинистость грунтов слоя сезонного оттаивания, а также осадку многолетнемерзлых грунтов при оттаивании;

- для уменьшения сил морозного пучения в слое сезонного оттаивания предусмотреть консистентную обмазку свай и обратную засыпку пазух непучинистым крупнообломочным грунтом;

- предусмотреть водозащитные и противопучинистые мероприятия по водонесущим коммуникациям

- элементы фундаментов, находящихся в пределах слоя сезонного оттаивания грунта должны быть устойчивы к воздействию агрессивных сред. [5]

### *Отказ от буферных емкостей*

Также рекомендую рассмотреть возможность отказа от буферных емкостей (что гораздо удешевит данный проект) путем возможности откачки дренажных вод с накопителя действующей системы обратной закачки на лог Горелый.

### **Рекомендации по водотоку**

На участке проектирования перехода через временный водоток (район скв.13148т-13149т) для стабилизации температурного режима грунтов рекомендуется использовать искусственное промораживание грунтов, с использованием самоохлаждающихся свай.

- рекомендуется водоводы принять из трубопроводов, монтируемых из стеклопластиковых труб. (Стеклопластиковые трубы обладают высокой коррозионной стойкостью, высокой прочностью материала и относительно

низкими температурными деформациями, что позволит их применять в суровых климатических условиях.

- с учетом холодного климата района проектируемые водоводы могут эксплуатироваться только при наличии теплоизоляции. (При этом обеспечивается понижение температуры воды по длине трубопровода не более 1-2 °С).

- не допускать утечки техногенных вод из коммуникаций, для предотвращения развития процессов: засоления грунтов, сезонного наледообразования и ухудшения строительных свойств грунтов. [7, 8]

### **Заключение**

В результате исследований обосновано плановое расширение закачки шахтных и дренажных вод; выявлены региональные геологические особенности и изучены физико-механические свойства грунтов трассы изысканий; были разработаны рекомендации по проектированию на участке буферной емкости и временного водотока; также была рассмотрена возможность отказа от строительства буферной емкости.

### **Библиографический список**

1. Голодковская Г.А. *Инженерная геология СССР. Том 3. Восточная Сибирь.* 1977, 657 с.
2. ГОСТ 25100-2011 *Грунты, классификация.*
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. СП 25.13330.2012 *Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.*
6. *Технический отчет «Сухая консервация карьера «МИР». Водоводы дренажных вод», 2004.*
7. *Технический отчет «г. Мирный. Реконструкция аэропорта «Мирный», 2009».*
8. *Технический отчет «Рудник «Мир». Система обратной закачки шахтных и дренажных вод, 2014.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ СИЛЫ В КАОЛИНИТОВОЙ ГЛИНЕ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

*Приведены результаты исследования сил адгезии каолинитовой глины методом атомно-силовой микроскопии в режиме силовой спектроскопии. Значения силы адгезии определены между поверхностью кремниевого микрозонда и пробами глин, уплотненных при различных нагрузках по специальной методике (от 25 до 800 МПа). Представлены математические модели, позволяющие прогнозировать силы адгезии на поверхности коллоидов и материала, связующего коллоиды каолинитовой глины от степени уплотнения образцов глины.*

*Ключевые слова: глина, каолинит, сила адгезии, атомно-силовая микроскопия, коллоид.*

**M.V. Fedorov**

Perm State University

## **INVESTIGATION OF THE ADHESION FORCE IN KAOLINITE CLAY BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY**

*The results of studying the adhesion forces of kaolinite clay by atomic force microscopy in the regime of power spectroscopy are presented. Adhesion forces defined between the surface of the silicon microprobe, and samples of clay, compacted at different loads by a special technique (from 25 to 800 MPa). Presents a mathematical model to predict the adhesion forces on the surface of the colloids and material, the binder colloids kaolinite clay from the degree of compaction of samples of clay.*

*Keywords: clay, kaolinite, adhesion force, atomic-force microscopy, colloid.*

### **Введение**

Адгезионные силы являются одними из определяющих сил, формирующих прочность дисперсных систем. Адгезия зависит от природы контактирующих тел, свойств их поверхностей и площади контакта [4].

Существует несколько методов экспериментальной оценки сил адгезии различных материалов: метод атомно-силовой микроскопии [1, 4, 6, 7, 10], склерометрии (царапания) [3], измерение сил адгезии с использованием электрических полей [2] и др.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) — один из видов сканирующей зондовой микроскопии, основанный на Ван-дер-Ваальсовских силах взаимодействия зонда с поверхностью образца. АСМ позволяет в режиме силовой спектроскопии определять значения сил адгезии между поверхностью

наконечник-микрозонда, выполненного из кремния поверхностями исследуемого образца [5].

С развитием нанотехнологий метод АСМ стал универсальным методом для определения силового взаимодействия, позволяющим оценить силы адгезии в диапазоне от нано- до микро- ньютонов. Так, рядом ученых проведены исследования сил адгезии для полимеров и ультратонких пленок [6, 7], углеродных нанотрубок [1], металлов и их сплавов [11].

Изучением формирования структурных связей в глинистых грунтах занимались многие исследователи, в том числе Осипов В.И., Трофимов В.Т., Королев В.А., Середин В.В. [8-9], Красильников П.А. [8]. На основании результатов их исследований разработаны теоретические основы формирования структурных связей в глинах, которые нашли практическое применение в виде методов и методик оценки физико-механических и физико-химических свойств грунтов.

Несмотря на различные по детальности исследования глин, вопрос оценки сил электростатического взаимодействия между глинистыми коллоидами изучен не достаточно полно. Поэтому целью работы является оценка изменения сил адгезии на поверхности коллоидов и материала связывающего коллоиды каолинитовой глины при ее сжатии методом АСМ.

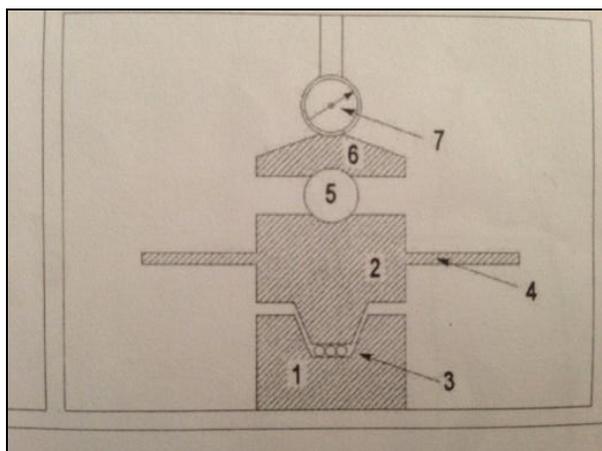
#### **Методика исследования**

Перед непосредственной подготовкой проб каолинитовой глины различного уплотнения для исследования на атомно-силовом микроскопе был проведён минералогический анализ каолинитовой глины.

Для диагностики минерального состава пород применялся рентгенофазовый анализ. По его результатам исследуемая глина представлена следующими минералами: кварц – 54,3 %; каолинит – 23,8 %; монтмориллонит – 12,3 %; полевые шпаты – 3,0 %; плагиоклазы – 2,5%; прочие минералы – 4,1%.

Предварительная подготовка образцов каолинитовой глины для исследования на атомно-силовом микроскопе осуществлялась по следующей методике: исходный глинистый грунт помещался в ступку и растирался песком. После чего грунт помещался в бумажный пакет и хранился при  $t=25^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $\text{RH}=70\%$ . Затем проба грунта, массой около 0,05 г помещалась в рабочую зону (рис. 1, поз.3) сдвигового прибора.

После чего прессом (рис.1, поз.6) подавались вертикальные давления на грунт (от 25 до 800 МПа). После приложения вертикального давления на грунт, оно (давление) выдерживалось около 1 минуты. Затем, используя ручки (рис.1, поз.4), производили сдвиг грунта, путем перемещения верхней обоймы относительно нижней на  $90^{\circ}$ . Подготовленные пробы каолинитовой глины размещались в эксикатор и выдерживались не менее 5 суток, для одинакового распределения влажности в образце. Таким образом, изготавливались образцы глины для АСМ.



- 1 – нижняя обойма,
- 2 – верхняя обойма,
- 3 – зона сдвига грунта, площадью 0,85 см<sup>2</sup>,
- 4 – ручки для поворота верхней обоймы (сдвига грунта),
- 5 – центровочный шарик,
- 6 – верхняя плита нагрузочного устройства (пресса),
- 7 – устройство для фиксации передаваемой нагрузки на грунт

Рис. 1 Схема прибора для сдвига грунтов при высоких давлениях:

После выдерживания проб в эксикаторе, образцы каолинитовой глины помещались в атомно-силовой микроскоп. На первом этапе исследования изучалась топография поверхности образцов в контактном режиме с поддержанием постоянной силы взаимодействия зонда с поверхностью, при котором расстояние от иглы до образца составляет порядка нескольких десятых нм. В этом случае взаимодействие между иглой и образцом заставляет кантилевер изгибаться, повторяя топографию поверхности. Сначала, исследования топографии образцов проводились в поле зрения 50x50 мкм, затем, в полученном квадрате выбиралась область с наименьшим колебанием высот, и проводились исследования в поле зрения 10x10 мкм и крупнее.

На втором этапе исследования проводились измерения значений сил адгезии на поверхности глинистых частиц и в промежутках между ними в режиме силовой спектроскопии методом прямых измерений величины отклонения консоли.

Вычисление силы адгезии проводилось по закону Гука на основании величины отклонения консоли по формуле:

$$F_a = k \times \Delta \text{Height}$$

где  $k$  – жесткость кантилевера, равная 0,01 Н/м,  $\Delta \text{Height}$  – величина отклонения консоли.

Дополнительно рассчитывалась работа адгезии, равная удельной энергии, отнесенной к единице площади контакта, необходимой для разрыва контакта наконечника и исследуемых поверхностей. Удельная поверхностная энергия (работа адгезии) определялась согласно теории Дерягина–Муллера–Топорова для контакта жестких материалов по формуле [4]:

$$\gamma = F_a / (2\pi R)$$

где  $F_a$  – сила адгезионного взаимодействия между наконечником зонда и поверхностью, н Н;  $R$  – радиус наконечника зонда, равный 10 нм.

#### **Полученные результаты и их обсуждение**

Значения сил адгезии и удельной поверхностной энергии глинистых частиц при различном уплотнении образцов представлены в таблице 1.

Результаты экспериментальных исследований показали, что с увеличением давления на каолиновую глину возрастает сила адгезии между поверхностью коллоида и кремнистым зондом. Для материала связывающего коллоиды установлена подобная же закономерность, с увеличением давления сила адгезии возрастает (рис. 2).

Таблица 1

Таблица средних значений сил адгезии и удельной поверхностной энергии при различных нагрузках на образец

Нагрузка, МПа	Средние значения силы адгезии на поверхности частиц, нН	Средние значения силы адгезии между частицами, нН	$\gamma$ на поверхности частиц, Н/м	$\gamma$ между частицами, Н/м
25	0,298	0,243	0,0024	0,0020
35	0,413	0,228	0,0033	0,0018
50	0,475	0,420	0,0038	0,0037
60	0,532	0,330	0,0043	0,0027
75	0,398	0,215	0,0032	0,0017
90	0,523	0,406	0,0042	0,0033
100	0,550	0,388	0,0043	0,0031
125	0,660	0,386	0,0053	0,0031
200	0,798	0,528	0,0064	0,0042
300	0,692	0,520	0,0055	0,0042
400	0,662	0,510	0,0053	0,0041
500	0,685	0,495	0,0055	0,0039
600	0,709	0,555	0,0057	0,0044
700	0,765	0,643	0,0061	0,0051
800	0,899	0,598	0,0072	0,0048

Данная зависимость обусловлена, вероятно, тем, что при сжатии глины на поверхности кристаллов (коллоидов) каолинита формируются дополнительные энергетические центры, которые увеличивают заряд поверхности минерала. Увеличение заряда вызывает повышение Ван-дер-Ваальсовских сил между зондом и поверхностью образца.

Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что среднее значение сил адгезии  $F_k$  на поверхности коллоида составляет  $F_k = 0,643$  нН, а на поверхности материала  $F_m$  между коллоидами  $F_m = 0,431$  нН, это свидетельствует о том, что энергия, взаимодействия между коллоидами в 1,5 раза меньше энергии поверхности коллоида (материнской породы).

Для изучения связи между давлением  $P$  на каолиновую глину и силами адгезии  $F_k$  и  $F_m$  использовался корреляционный анализ. Результаты расчетов показали, что между  $P$  и силами адгезии на поверхности материала связывающего коллоиды ( $F_m$ ) выявлены статистические связи, о чем свидетельствует значимый коэффициент корреляции  $r_T=0,23 < r_p=0,64$  при  $k=69$  и  $\alpha=0,05$ . Между  $P$  и  $F_k$  также выявлена статистическая взаимосвязь,  $r_T=0,20 < r_p=0,65$  при  $k=99$  и  $\alpha=0,05$  (рис. 3, 4).

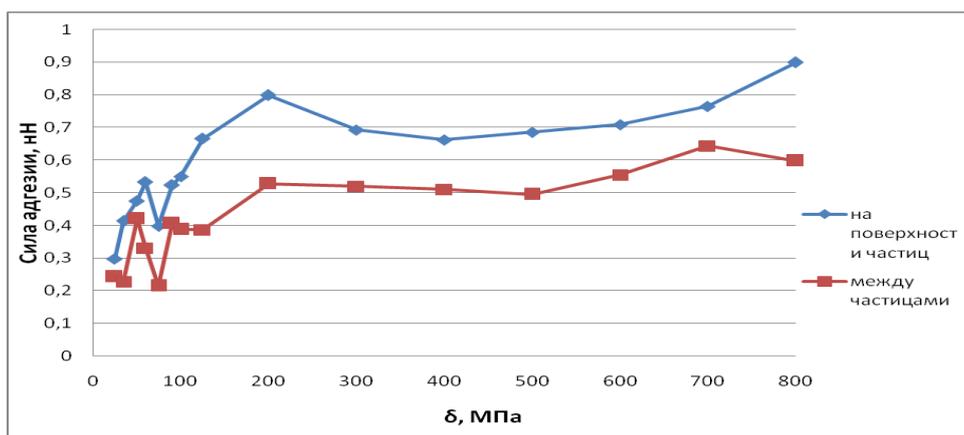


Рис. 2. График изменения силы адгезии образцов каолиновой глины от степени их уплотнения

Использование этих моделей позволяет прогнозировать силу адгезии на поверхности коллоидов и материала связывающего коллоиды в зависимости от силы сжатия каолиновой глины.

Наличие статистических связей позволило рассчитать математические модели вида:

$$F_k = 0,4691 + 0,0005P \quad (1)$$

$$F_m = 0,328 + 0,0004P \quad (2)$$

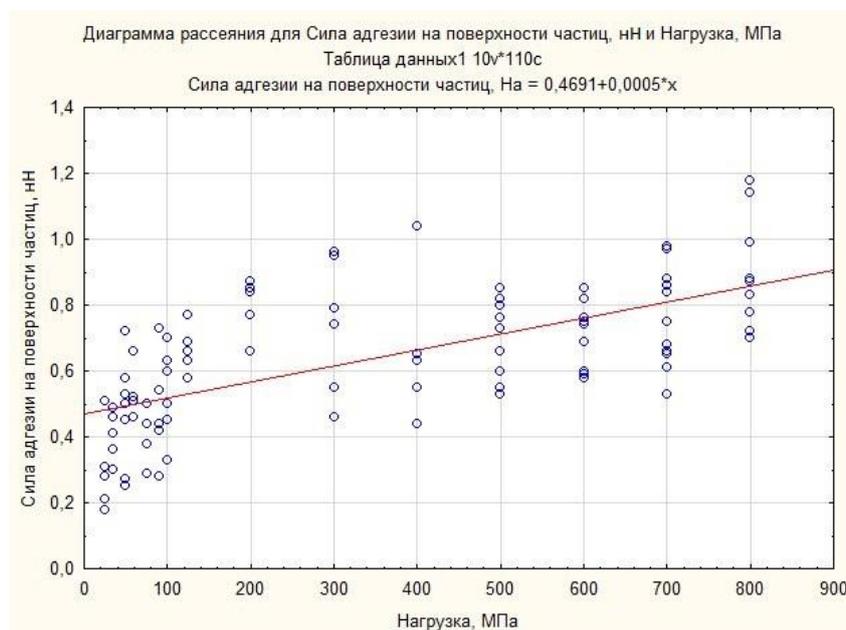


Рис. 3 Диаграмма рассеяния силы адгезии на поверхности частиц (нН) и нагрузки на образцы (МПа) с прогнозным уравнением

Использование этих моделей позволяет прогнозировать силу адгезии на поверхности коллоидов и материала связывающего коллоиды в зависимости от силы сжатия каолиновой глины.

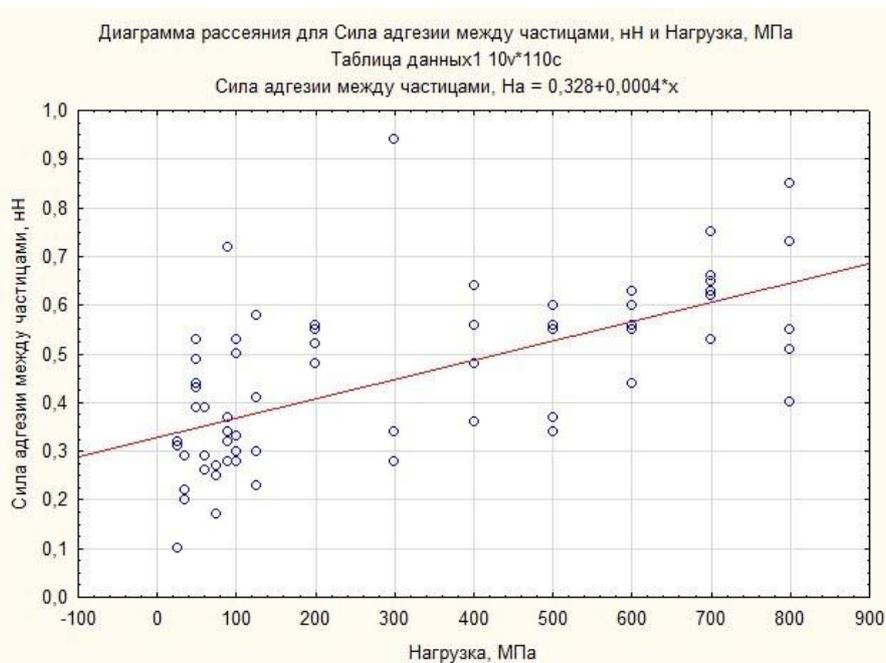


Рис. 4 Диаграмма рассеяния силы адгезии между частицами (нН) и нагрузки на образцы (МПа) с прогнозным уравнением

## Выводы

1. Экспериментально оценена сила адгезии, которая в среднем составляет на поверхностях коллоида  $F_k=0,643$  нН, а материала соединяющего коллоиды  $F_m=0,431$  нН при давлениях до  $P=800$  МПа.:

2. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что с увеличением сил сжатия возрастают силы адгезии. Это обусловлено формированием дополнительных энергетических центров, которые вызывают увеличение заряда на поверхности минерала.

3. Разработаны математические модели, позволяющие прогнозировать силу адгезии по данным сжатия каолиновой глины.

## Библиографический список

1. Агеев О.А., Блинов Ю.Ф. и др. Исследование адгезии вертикально ориентированных углеродных нанотрубок к подложке методом атомно-силовой микроскопии // *Физика твердого тела*. Москва, 2016. Т.58. №2. С. 301-306.

2. Варехов А.Г. Исследование адгезии микроорганизмов на поверхностях жилых помещений и измерение адгезионной силы // *Технико-технологические проблемы сервиса*. Санкт-Петербург, 2013. №4 (26). С.62-66.

3. Илясов В.В., Месхи Б.Ч., Рыжкин А.А., Ершов И.В. Адгезия аморфных ультратонких углеродных пленок на сапфире: скретч-тестирование // *Вестник Донского государственного технического университета*. Ростов-на-Дону, 2012. Т.12. №7 (68). С.27-32.

4. Кузнецова Т.А., Чижик Н.В., Ширяева Т.И. Микрозонды для определения силы адгезии и удельной поверхностной энергии методом атомно-силовой микроскопии // *Приборы и методы измерений*. Минск, 2013. №1 (6). С. 41-45.

5. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород. 2004. 114 с.

6. Полетов Я.А., Быстров С.Г., Кодолов В.И. Исследование пленок полиметилметакрилата, модифицированного сверхмалыми количествами медь/углеродных нанокмозитов, методом атомно-силовой микроскопии // *Химическая физика и мезоскопия*. Ижевск, 2014. Т. 16. №1. С. 103-108.
7. Раднаев Б.Р., Номоев А.В., Балданов Б.Б. Атомно-силовая микроскопия полимеров с нанопорошком диоксида кремния // *Вестник Бурятского государственного университета*. Улан-Удэ, 2014. №3. С. 146-150.
8. Середин В.В., Красильников П.А., Медведева Н.А., Паршина Т.Ю., Пешкова Т.А. Закономерности изменения структурных связей (электрокинетического потенциала) глинистых частиц в водном растворе // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-2.
9. Середин В.В., Сысолятин С.Г., Вагин А.Л., Хрулев А.С. Влияние напряженного состояния грунтов на модуль деформации // *Инженерная геология*. 2015. №2. С. 12-16.
10. Соколова М.Д., Шадрин Н.В. и др. Исследование межфазного взаимодействия в полимерэластомерных композициях методом атомно-силовой микроскопии // *Инженерный вестник Дона*. Ростов-на-Дону, 2010. Т. 14. №4. С. 150-156.
11. Фроленкова Л.Ю., Шоркин В.С. Метод вычисления поверхностной энергии и энергии сил адгезии упругих тел // *Вестник Пермского национального исследовательского университета*. Механика. Пермь, 2013. №1. С.235-259.

## **ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ МОЩНОСТЬЮ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД И СТЕПЕНЬЮ ЗАКАРСТОВАННОСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕЛИЩЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА**

Данная статья направлена на изучение и установление зависимости между мощностью вскрышных пород и степенью закарстованности на примере Селищенского месторождения строительного гипса. Но его добыча сопровождается нарушением земной поверхности, поэтому перед его добычей необходимо изучить инженерно-геологические условия территории. Установлено: чем меньше мощность вскрышных пород, тем больше закарстованность. Данная зависимость связана с коэффициентом фильтрации вскрышных пород. Чем меньше мощность, тем больше вероятность проявления процессов выщелачивания. Закарстованность необходимо учитывать при составлении проекта разработки месторождения.

Ключевые слова: Закарстованность, карта мощности вскрышных пород, строительный гипс, инженерно-геологические условия, Селищенское месторождение

**Е.А. Churakova**

Perm State University

## **DEPENDENCE BETWEEN THE POWER OF OVERBURDEN AND THE DEGREE OF KARST THE EXAMPLE OF DEPOSIT SELISCHENSKOGO PLASTER**

This article aims to explore and establish the relationship between the power of overburden and the degree of karst on example Selischenskogo field plaster, since gypsum is very important for a person: it is used in medicine, construction, art. But its production is accompanied by violation of the earth's surface, so before his prey is necessary to study engineering and geological conditions of the territory. On the basis of the material studied is set: the lower the power of overburden, the more karst. This dependence is associated with filtration coefficient of overburden. The lower the power, the greater the probability of leaching processes. Karst be taken into account in the preparation of the field development project.

Key words: Karst, the card power of overburden, building plaster, geotechnical conditions, Selischenskoe field.

### **Введение**

Гипс (водный сульфат кальция) один из самых распространенных минералов. Гипс очень важен для человека: он применяется в медицине, строительстве, искусстве. Практически всегда добыча гипса сопровождается нарушением земной поверхности, поэтому перед его разработкой необходимо

изучение горно – и инженерно-геологических условий территории, включая детальное изучение степени закарстованности.

Целью работы является изучение и установление зависимости между мощностью вскрышных пород и степенью закарстованности на примере Селищенского месторождения строительного гипса.

Селищенское месторождение строительного гипса расположено в Чусовском муниципальном районе Пермского края.

В орографическом отношении месторождение расположено на небольшой возвышенности, которая почти кругом окружена долиной реки Селищной и её безымянным правым притоком [4]. Месторождение занимает часть небольшой возвышенности, протягивающейся с севера на юг и окаймлённой с востока речкой Селищной и с запада – её правым притоком. Восточная половина района представляет собой увалисто-холмистую местность, весьма характерную для предгорной части западного склона Среднего Урала. Основной морфологической формой рельефа являются «увалы». Западная половина района характеризуется пологими формами рельефа. Местность слабовсхолмлённая [1]. Характерны формы рельефа - карстовые воронки.

В геологическом отношении район расположен в Предуральском краевом прогибе, пределах Юрюзано-Сылвинской депрессии. Древнейшими отложениями являются мощные «немые» толщи плотных зеленовато- и красновато-серых песчаников и глинистых сланцев, относящиеся к нижнему девону. Более молодыми отложениями являются отложения среднего и верхнего девона, которые слагают узкие полосы, оконтуривающие отложения каменноугольной системы. Четвертичные отложения – представлены элювиальными, делювиальными и аллювиальными рыхлыми отложениями [2, 3].

С поверхности гипсы перекрыты делювиальными глинами. Глина желтовато-серая, желтая, плотная, вязкая. На контакте с гипсом песчанистая, тугопластичная, с включениями гальки песчаника и обломков гипса. Мощность вскрышных отложений колеблется от 0,1 до 11,7 м. Селищенское месторождение представлено линзовой залежью гипса среди известково-песчано-глинистых отложений нижней перми. Мощность гипсовой толщи в границах подсчета запасов изменяется от 5,0 до 20,5 м. Запасы месторождения составляют 823607,2 м<sup>3</sup> строительного гипса [1].

#### **Методика и результаты**

Для достижения цели было необходимо построить карту мощности вскрышных пород (рис. 1). Методика построения карты заключалась в получении расчетных данных и построения карты в изолиниях мощностей вскрышных пород.

Средней мощностью стала линия в 2 м., по которой происходило деление на 2 сектора. Первый сектор – это мощность вскрышных пород меньше 2 м., а второй сектор – больше 2 м.

Для расчета закарстованности данного месторождения по двум секторам нам понадобятся два показателя: Объем воронок (1) и объем потерь на контакте

с карстовыми образованиями (2). Данные приведены в таблице 1.

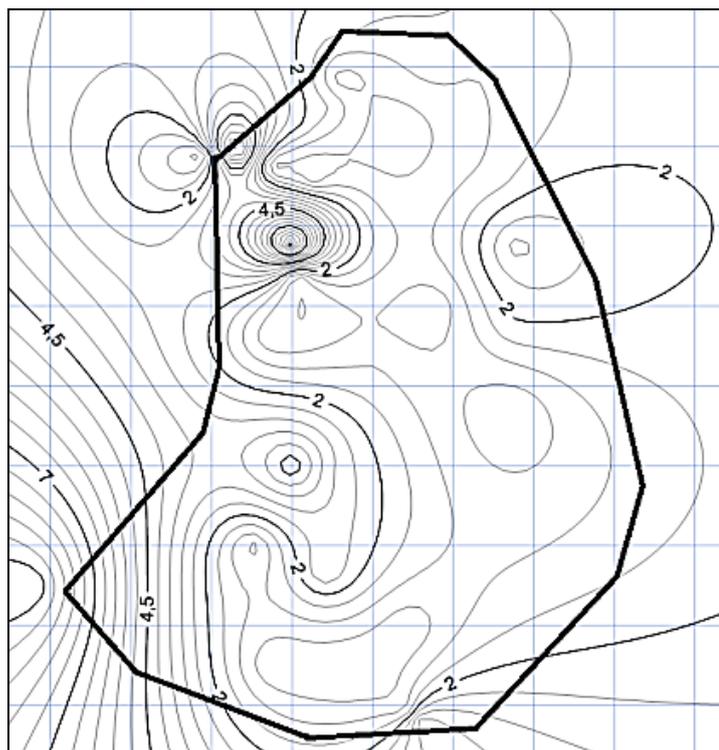


Рис. 1. Карта мощности вскрышных пород

Таблица 1

Расчет объема воронок и объема потерь на контакте с карстовыми образованиями по двум секторам

m <sub>вскр.п.</sub> < 2м			m <sub>вскр.п.</sub> > 2м		
№ вор.	V, м <sup>3</sup> Объем воронок	Vп, м <sup>3</sup> Объем потерь на контакте с карстовыми образованиями	№ вор.	V, м <sup>3</sup> Объем воронок	Vп, м <sup>3</sup> Объем потерь на контакте с карстовыми образованиями
1	1238,83	2156,70	1	188,50	995,40
2	1924,23	2903,25	2	1384,40	4811,10
3	523,60	1659,00	3	808,17	1741,95
4	424,12	1493,10	4	2481,86	5640,60
5	221,22	1078,35	5	100,53	663,60
6	335,10	1327,20	6	1018,92	2156,70
7	1551,95	5142,90	7	256,56	1161,30
8	461,81	2986,20	8	1603,78	5972,40
9	1279,41	4313,40	Σ=	7842,72	23143,05
10	1302,98	4977,00			
11	974,94	4313,40			
12	378,30	1410,15			
13	1472,62	2073,75			
14	188,50	995,40			
15	353,43	1244,25			
Σ=	12631,04	38074,05			

$$V = \frac{\pi h}{3} \cdot (R_n^2 + R_n R_e + R_e^2) \quad (1),$$

где  $h$  - глубина воронки;  
 $R_v$  - радиус верхнего основания;  
 $R_n$  - радиус нижнего основания.  
 $V_{II} = L \cdot S_{mp} \cdot n = S_{mp} \cdot \pi \cdot d_{cp} \cdot n$  (2),

где  $L$  - средняя длина окружности по каждой воронке;  
 $S_{тр}$  - площадь элементарной трапеции;  
 $n$  – количество уступов;  
 $d_{cp}$  – средний диаметр воронки.

Первый сектор:

$$V + V_n = 12631,04 \text{ м}^3 + 38074,05 \text{ м}^3 = 50705,09 \text{ м}^3$$

$$З = \frac{V + V_n}{V_{общ}} * 100\% \quad (3),$$

где  $З$  – показатель закарстованности;  
 $V + V_n$  – объем воронок в изученной породе;  
 $V_{общ}$  – объем полезной толщи.

$$З = \frac{50705,09 \text{ м}^3}{823607 \text{ м}^3} * 100\% = 6,2\%$$

Второй сектор:

$$V + V_n = 7842,72 \text{ м}^3 + 23143,05 \text{ м}^3 = 30985,77 \text{ м}^3$$

$$З = \frac{30985,77 \text{ м}^3}{823607 \text{ м}^3} * 100\% = 3,8\%$$

На основе изученного материала установлено: чем меньше мощность вскрышных пород, тем больше закарстованность. Данная зависимость связана с коэффициентом фильтрации вскрышных пород. Чем меньше мощность, тем больше вероятность проявления процессов выщелачивания. Закарстованность необходимо учитывать при составлении проекта разработки месторождения.

### **Библиографический список**

1. Алванян А.К. Отчет по ревизии запасов Селищенского месторождения гипса. ООО «УралГеоПроект». Пермь, 2012. 134 с.
2. 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.
3. 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.
4. Чайковский И.И., Даровских Н.А. Геологические памятники Пермского края. Энциклопедия. Горный институт УрО РАН. Пермь, 2009. 500 с.

# МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ)

RESEARCH METHODS OF MINERAL DEPOSITS (GEOPHYSICAL,  
AEROSPACE, HYDROGEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND  
PETROGRAPHIC METHODS)

---

УДК 550.81

**М.Б. Акылбеков<sup>1</sup>, В.А. Васильев<sup>2</sup>, Р.Ф. Максutow<sup>1</sup>, К.И. Фролова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Республика Казахстан

<sup>2</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ И ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ ЛИСТА О-40-XVI)**

*Проведено изучение территории Среднего Урала (лист О-40-XVI) с помощью аэрокосмических методов. По результатам проведенных работ доказана эффективность и достоверность данного метода для поисков месторождений нефти и газа.*

*Ключевые слова: нефть и газ, аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаментный анализ.*

**M.B. Akylbekov, V.A. Vasil'ev, R.F. Maksutov, K.I. Frolova**

*The Republic of Kazakhstan*

*Perm State University, Perm, Russia*

## **THE USE OF SPACE IMAGERY DECODING DURING GEOLOGICAL MAPPING AND SEARCH MINERALS (FOR EXAMPLE, SHEET O-40-XVI)**

*In this work the interpretation of the territory Middle Urals using aerospace methods. Studies have shown the relevance of the data and methodology of work. According to the results of this work proved the effectiveness and reliability of this method for searches deposits of oil and gas.*

*Key words: oil and gas, aerospace methods, interpretation, lineament analysis.*

### **Введение**

В настоящее время при геологическом картографировании большую роль играют дистанционные методы зондирования Земли (ДЗЗ). Важным фактором

этих методов является то, что ДЗЗ является одним их наиболее экономичных и эффективных методов поисков полезных ископаемых.

Объектом исследований является Лист О-40-ХVI, расположенный на Среднем Урале в пределах Лысьвенского района Пермского края, в бассейнах рек Чусовая и Усьва.

Территория листа О-40-ХVI по геологическому районированию относится к восточной окраине Волго-Уральской платформы, Предуральскому краевому прогибу и к передовым складкам Урала. Территория перспективна на различные полезные ископаемые, основными из которых являются нефть и газ. В разрезе палеозоя на исследуемой территории выделяется 7 продуктивных на нефть комплексов: девонский терригенный, верхнедевонско-турнейский карбонатный, нижнесредневизейский терригенный, верхне-визейско-башкирский карбонатный, верейский терригенно-карбонатный, каширско-гжельский карбонатный и нижнепермский карбонатный. На площади листа открыто 6 месторождений нефти – Боркмосское, Луживское, Копальнинское, Верхне-Чусовское, Селинское, Лысьвенское и одно месторождение газа – Комарихинское. Все они расположены в Предуральском краевом прогибе. Наряду с промышленными залежами нефти на рассматриваемой площади в скважинах наблюдаются многочисленные нефтегазопроявления различной интенсивности от выпотов и пленок нефти до непромышленных притоков. Они распространены в разрезе более широко, чем наблюдаемая приуроченность промышленных скоплений нефти и газа к определенным стратиграфическим интервалам. Другими перспективными полезными ископаемыми являются алмазы и золото, имеются их проявления, однако промышленных запасов пока не установлено.

На рассматриваемой территории ранее на разных участках проводились аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) различных масштабов Аэрогеологической экспедицией Геолого-поисковой конторы объединения «Пермнефть» (Быков, Хурсик, Копылов и др.), и ФГУП «Геокарта-Пермь» (Нельзин и др.). Территория листа О-40-ХVI охвачена геологической съемкой по ГДП-200 (Снитко, Харитонов, Копылов и др., 2009) при которой проводился АКГИ масштаба 1:200 000 [9].

Как известно, месторождения нефти в Пермском крае приурочены в основном к антиклинальным структурам. На аэрокосмических снимках такие области хорошо дешифрируются в виде кольцевых и вихревых структур, реже в виде участков повышенной плотности линеаментов.

#### **Методика исследований**

Цель работы – учебно-методическая – проведение дешифрирования современных космоснимков территории Среднего Урала (лист О-40-ХVI). Задачи: изучить фондовую литературу для выявления геологического строения территории, провести дешифрирование космоснимков, выделить линеаменты и кольцевые структуры, провести комплексный анализ территории, предсказать расположения новых аномалий и выделить перспективные структуры.

Работа проводилась на кафедре поисков и разведки полезных ископаемых ПГНИУ рамках учебно-методического курса «Аэрокосмические методы в геологии» под руководством д.г.-м.н., проф. И.С. Копылова.

В основе исследований лежит структурно-геологическое дешифрирование и линеаментно-геодинамический анализ.

Линеаменты – линейные элементы рельефа, имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости в земной коре. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границ ландшафтных структур и пр. Кольцевые и вихревые структуры также указывают на наличие зоны высокой проницаемости [1-8].

В ходе работ выделялось три типа зон: зоны, в которых происходит наибольшее пересечение линеаментов друг с другом; зоны, в которых линеаменты осложнены кольцевыми структурами; зоны, в которых тектонические условия такие же, как на существующих месторождениях исследуемой территории.

Все изображения были представлены в виде слоёв одной карты в программном обеспечении ArcGIS ArcMap. Таким образом, при дешифрировании можно попеременно включать эти слои, выделяя линеаменты на разных материалах ДЗЗ. Дешифрирование проводилось в нескольких масштабах в соответствии со сложившимися стадиями аэрокосмических геологических исследований (АКГИ) (обзорные, региональные, зональные, детальные) [5]. Методика исследований включала в себя количественный и качественный анализ линеаментов.

Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов. Задача выполнялась в программном обеспечении ArcGIS и ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент Плотность линий (Line Density). Он вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате было построено поле плотности линеаментов. Количество классов значений плотности выбрано – 5 (от низкой до очень высокой плотности линеаментов), которые соответствуют аналогичной степени неотектонической активности.

### **Результаты исследований**

В результате исследований проведено структурно-тектоническое и линеаментное дешифрирование. Построены карты линеаментов и их плотности. По протяженности выделено 3 группы линеаментов: 1 группа: 0-5 км – 44 линеамента; 2 группа: 5-25км – 92 линеамента; 3 группа: более 25 км- 5 линеаментов. Всего выделено 142 линеаментов со средней протяженностью 21 км.

Качественный линеаментный анализ был проведён на основе космоснимков с дешифрированными вихревыми структурами. Визуально были выделены зоны, в которых происходит наибольшее "завихрение" структур и или пересечение этих структур друг с другом. Также были проанализированы

ранее выявленные факторы и условия территорий, сопоставлены со схемами геологического строения, на основе чего выделены перспективные зоны.

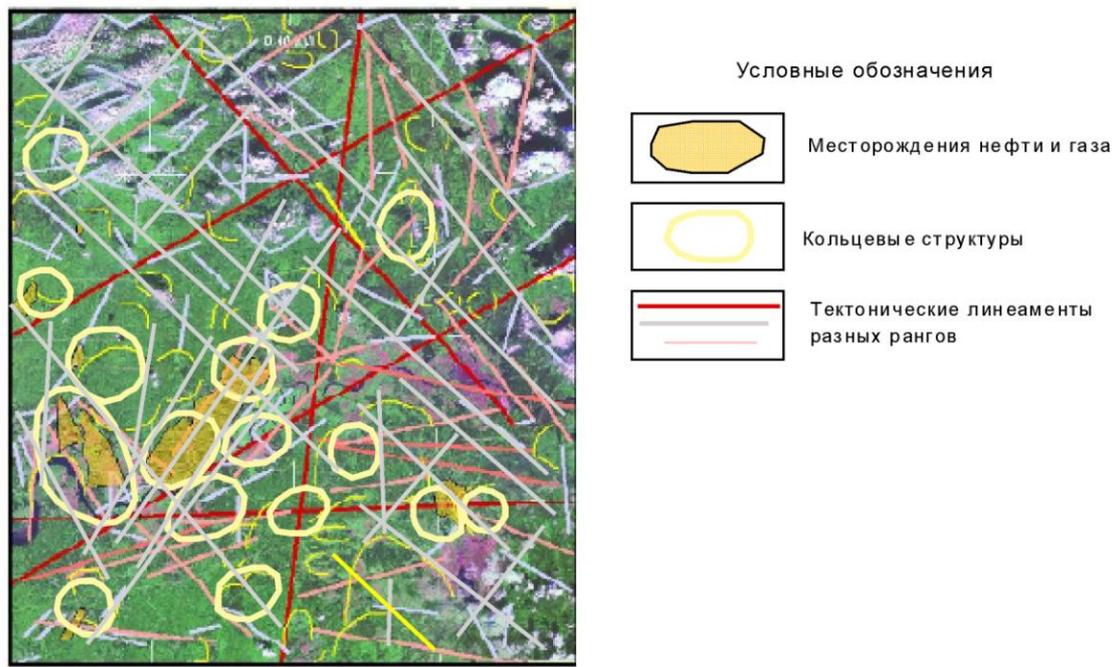


Рис. 2. Карта линейаментов и кольцевых структур

Отдельные типы выделенных зон сами по себе не гарантируют высокую перспективность территории, их следует рассматривать в комплексе друг с другом. Поэтому окончательный результат работы заключался в сведении этих зон и исключении тех участков, где не происходит их пересечение. В результате построена интегральная карта зон, перспективных на поиски нефтяных месторождений. Зонам присваивается ранг рекомендуемой очередности изучения при поисках месторождений.

### **Выводы**

В результате применения аэрокосмических методов при геологическом картографировании района, были выявлены участки высоких плотностей линейаментов, совпадающих с кольцевыми структурами. Было установлено, что во всех комплексных линейаментных зонах и кольцевых структурах располагаются известные нефтяные месторождения. Поэтому, по результатам исследований, на данной территории можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы и линейаментный анализ позволяют достаточно достоверно определить участки, перспективные на поиски нефти.

### ***Библиографический список***

*1. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000 316 с.*

2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. №4 (29). 70-81.
3. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 3 (12). С. 18-32.
4. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
5. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
6. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
7. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 130 с.
8. Корчуганова Н.И. Аэрокосмические методы в геологии. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244 с.
9. Снитко Г.П., Харитонов Т.В., Копылов И.С. и др. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1:200 000 листов 0-40-X (Кизел) и 0-40-XVI (Лысьва), проведенному в 2006-2009 гг. ОАО «Геокарта-Пермь», Пермь, 2009.

**А.Д. Аникаева**  
Группа предприятий ООО «УралГео», г. Пермь, Россия

## **ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*В данной статье представлена возможность использования беспилотных комплексов для решения инженерных задач в нефтегазовой промышленности, на примере одного из объектов ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». В ходе исследования была выполнена обработка 49 снимков, полученных с беспилотного летательного аппарата в трех программных продуктах: Agisoft Photoscan Professional v 1.2.5.2594 (Россия), ERDAS IMAGINE v 2015 (США) и Pix4Dmapper Pro (Швейцария). Полученные результаты доказали непригодность использования программного обеспечения ERDAS IMAGINE для обработки данных аэрофотосъемочных работ, в связи с тем, что углы наклона значительно отличаются от 0, отчетливо видны линии шивки снимков и имеется не малое количество слепых зон. Программные продукты Agisoft Photoscan Professional и Pix4Dmapper Pro, в свою очередь показали отличные результаты. В ходе выполненной работы доказана экономическая, точностная и трудовременная целесообразность использования беспилотных комплексов в вопросах недропользования.*

*Ключевые слова: аэрофотосъемка, беспилотный летательный аппарат, беспилотный комплекс, снимки, ортофотоплан.*

**A.D. Anikaeva**  
Group of companies, ООО "Uralgeo"

## **THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR THE SOLUTION OF ENGINEERING PROBLEMS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**

*This article presents the possibility of using unmanned systems to solve engineering problems in the oil and gas industry, for example, one of the objects of "LUKOIL-PERM". The study was performed treatment of 49 images acquired from a UAV in three software: Agisoft Photoscan Professional v 1.2.5.2594 (Russia), ERDAS IMAGINE v 2015 (USA) and Pix4Dmapper Pro (Switzerland). The obtained results proved the unsuitability of the use of the software ERDAS IMAGINE for processing of data of aerial surveys, due to the fact that the tilt angles are significantly different from 0, are clearly visible seamlines shots and there is no small amount of blind spots. Software products Professional Agisoft Photoscan and Pix4Dmapper Pro, in turn has shown excellent results. In the course of the work done proved economic, the precision and rudoremontny the feasibility of using unmanned systems in the Czech Republic.*

*Key words: aerial photography, unmanned aerial vehicle, unmanned aircraft system, the images, the orthophoto.*

Аэрофотосъемка, базирующаяся на беспилотных комплексах в настоящее время является неотъемлемой частью геодезических работ, вытесняя в обширном сегменте такие методы как тахеометрия, спутниковое позиционирование в режимах RTK, пилотируемая аэрофотосъемка, воздушное

лазерное сканирование (ВЛС), ввиду их неконкурентоспособности по двум основополагающим критериям: стоимость и срок выполнения работы.

Стремительно растущее применение беспилотных летательных аппаратов, главным образом, меняет бизнес-модели нефтяных компаний и формирует новые условия деятельности в различных областях их присутствия. Использование новых современных решений на базе беспилотных технологий дает большие преимущества нефтегазовым предприятиям, например, в инженерно-геодезической части начиная от мониторинга линейных объектов (нефте-, водо-, газопроводы, линий электропередач), заканчивая созданием маркшейдерских планов.

Многие вопросы безопасности и надежности, на которые компании нефтегазовой отрасли традиционно тратят существенные средства, могут эффективно решаться с использованием БПЛА.

В данной статье рассмотрено использование БПЛА на одном из объектов компании ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» (площадь исследуемой территории составила 13,6 Га), применение и сравнение результатов обработки данных с беспилотных комплексов в современных программных продуктах, анализ экономической эффективности применения БПЛА по сравнению со стандартными традиционными методами, а также трудовременная целесообразность использования данных комплексов. На рис.1. представлен маршрут аэрофотосъемочных работ над исследуемым объектом.

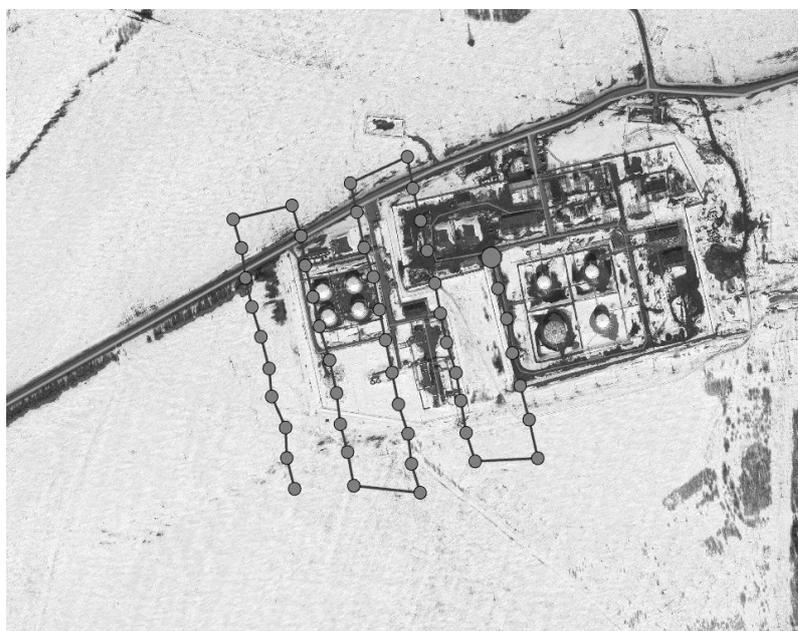


Рис. 1. Схема маршрута полета беспилотного летательного аппарата над рассматриваемым объектом

В качестве беспилотного комплекса, с помощью которого выполнялось картографирование местности, использовался летательный аппарат SenseFlyeBee. Обработка данных (49 снимков в формате .jpg), полученных с БПЛА, производилась в трех программных продуктах: Agisoft Photoscan

Professionalv 1.2.5.2594 (Россия), ERDASIMAGINEv 2015 (США) и Pix4DmapperPro (Швейцария).

- **Agisoft RhotoScan**

Программа автоматизированной фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки позволяет обрабатывать цифровые фотоизображения, созданные цифровыми фотоаппаратами с оптическими системами центрального проектирования, формирующими изображение отдельными кадрами. Использует на входе цифровые растровые изображения, координаты центров фотографирования, материалы калибровки оптических систем фотоаппаратов, координаты опорных точек на местности, контрольные линейные измерения на объекте съемки.

- **ERDAS IMAGINE**

Растровый графический редактор и программный продукт, предназначенный для обработки данных дистанционного зондирования, он позволяет обрабатывать, выводить на экран монитора и подготавливать для дальнейшей обработки в программных приложениях ГИС и САПР различные картографические изображения, также может работать в режиме инструментального средства (Toolbox), позволяющего производить многочисленные преобразования растровых картографических изображений и одновременно способного снабжать их географической информацией.

- **Pix4Dmapper PRO**

Данное программное обеспечение предназначено для профессионального картографирования, которое использует изображения местности, сделанные вручную, на самолете или с помощью беспилотника, обеспечивая высокую точность 3D моделей и 2D карт с географической привязкой. Приложение поддерживает технологию усовершенствованного измерения объема, улучшенный алгоритм формирования ячеек. Впервые внесены изменения в работу сдвигаемого затвора для профессиональной программы. Pix4Dmapper PRO отличается полностью автоматизированной работой, результаты отображаются одним кликом [1].

На рис.2 представлен промежуточный этап создания ортофотоплана, где зеленая точка – это первоначальные положения камеры в момент съемки, а синяя точка представляет из себя уже откалиброванное положение камеры с учетом всех поправок.

Экспериментальные работы по обработке снимков, полученных с БПЛА, доказывают, что программное обеспечение ERDAS IMAGINE не подходит для обработки данных полученных с беспилотного комплекса, поскольку углы наклона значительно отличаются от 0 [2].

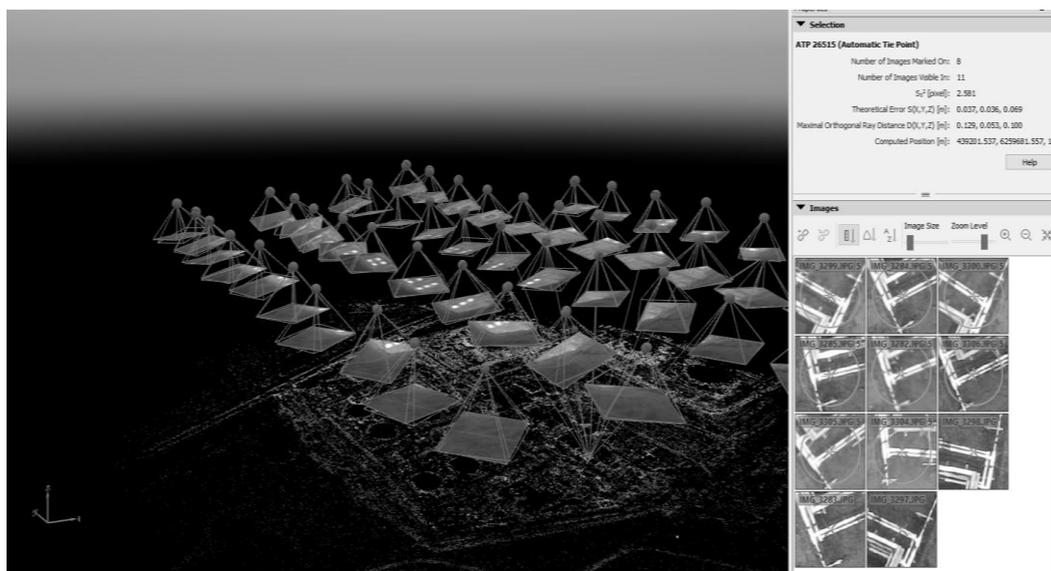


Рис. 2. Разреженное облако точек, построенное в Pix4DMapperPro

На рис.3 отображены конечные результаты обработки данных БПЛА в виде ортофотопланов

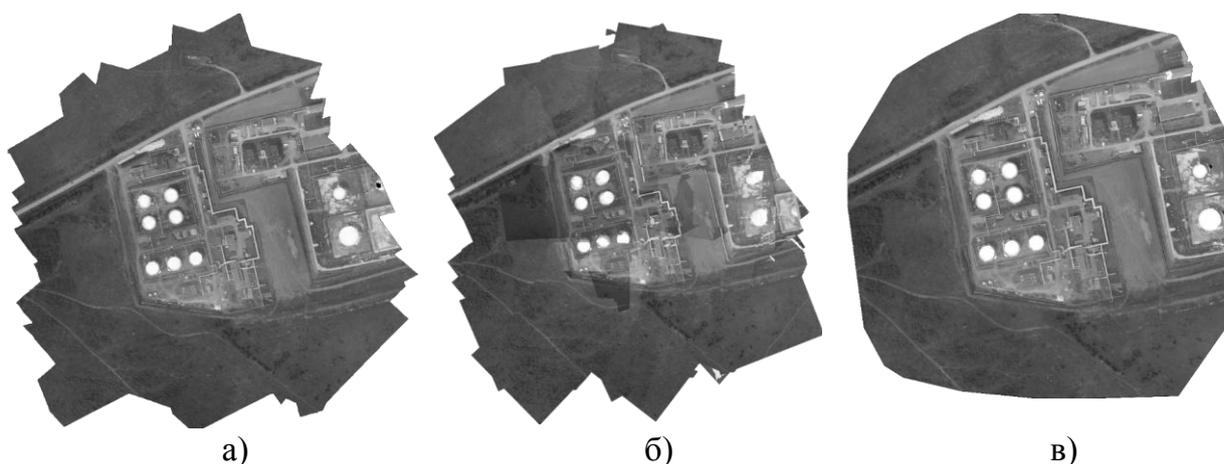


Рис. 3. Вид готового ортофотоплана. а) AgisoftPhotoscanProfessionalv 1.2.5.2594; б) ERDASIMAGINEv 2015; в) Pix4DmapperPro

Два оставшихся программных продукта Pix4DMapper Pro и Agisoft Photoscan использующиеся так же в тестовом режиме на 10 дней, позволили в короткий срок выполнить обработку полученных данных. Pix4DMapper Pro в силу того, что более автоматизирован и не требует от оператора определенных навыков в области геодезии и маркшейдерии максимально быстро и качественно справился с поставленной задачей.

Время на обработку данных в ПО Pix4DMapper Pro составило порядка 3 часов с учетом настроек и загрузки данных. Agisoft Photoscan в свою очередь, по сравнению с Pix4DMapper Pro оказался менее автоматизирован, поскольку от оператора требовалось не только задавать первоначальные настройки, а также следить за всем процессом и последовательно выполнять ряд определённых команд.

Оценка точности полученных материалов, была выполнена в программном продукте ArcMap 10.5, с целью выявления наиболее эффективного и максимально точного программного обеспечения.

Опираясь на стандарт СТО «ЛУКОЙЛ» 1.8. – 2008, КАРТЫ и ПЛАНЫ ЦИФРОВЫЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ, Требования к составу, структуре, содержанию, форматам представления, правилам обновления в ОАО «Лукойл» и организациях группы «Лукойл», требования к позиционной точности, устанавливающие предельные погрешности местоположения объектов ЦТКиП относительно их истинных значений, предельные погрешности положения объектов с четкими контурами составляют 0,5 мм в масштабе карты или плана. Для масштаба 1:500 с учетом данных погрешностей предельная ошибка в плане составит, 0,25 м, а по высоте 0,16 м (1/3 сечения рельефа) (табл. 1) [3].

Таблица 1

Предельные погрешности положения объектов ЦТКиП

Для объектов типа	В масштабе карты или плана
1. Опорные пункты геодезической сети, ориентиры	0.2 мм
2. Объекты с четкими контурами.	0.5мм
3. Объекты с нечеткими контурами и объектов в горных, высокогорных и пустынных районах	0.75м

Построение маркшейдерских планов выполнялось в программном продукте ArcMap 10.5, наложением топографического плана на ортофотоплан с учетом всех требований для масштабного ряда 1:500.

Оценка точности, выполненная на основании полученных результатов, показала, что наиболее точным программным продуктом для обработки данных полученных с БПЛА является Pix4DMapperPro, поскольку ошибка в плане для масштаба 1:500 составила порядка 3 см, а по высоте 9 см. Стоимость ПО, степень автоматизации продукта, а также иные характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики программных продуктов

№ п.п.	Показатель	Pix4Dmapper Pro (Швейцария)	Agisoft Photoscan Professional v 1.2.5.2594 (Россия)
1	Стоимость ПО	500 000 руб.	199 500 руб.
2	Степень автоматизации	Полностью автоматизирована	Полуавтоматизированна
3	Время обработки 49 снимков	3 часа	6 часов
4	Количество людей, задействованных в обработке	1	1
5	Оценка точности (план/высота)	0,03 м/0,09 м	0,05 м/0,10 м

Экономические затраты, связанные с построением ортофотоплана на рассматриваемый объект с использованием БПЛА обошлись в разы выгоднее, чем традиционные методы съемок, поскольку при традиционном методе примерная стоимость 1 гектара плотно застроенной территории варьируется в пределах от 75 000 – 100 000 руб; с использованием БПЛА порядка 10 000 – 13 000 руб [4]. Таким образом, затраты на съемку территории с использованием БПЛА и дальнейшей сшивки ортофотоплана составили порядка 130 тысяч рублей.

Использование беспилотных комплексов в вопросах недропользования, так же актуально при: геодезическом контроле отсыпки кустовых площадок и контроле строительства линейных объектов, мониторинге мест аварийных ситуаций на трубопроводах (БПЛА позволяют в режиме реального времени получать качественные изображения, позволяющие обнаруживать нефтяные разливы, выявлять акты несанкционированной деятельности, тем самым, это повысит качество и безопасность работ) и др.

В более широком смысле, использование БПЛА (бесплотных летательных аппаратов) позволит: улучшить техническое обслуживание; повысят качество работ, окажут помощь в геологоразведке углеводородов; обеспечат безопасность работ; осуществят контроль за деятельностью на объектах и улучшат соблюдение природоохранных требований (рис. 4).



Рис. 4. Эффективность использования БПЛА

Установлено, что применение беспилотных летательных аппаратов в различных сферах нефтегазовой деятельности для решения инженерных задач является неотъемлемой частью любой компании, занимающейся добычей и транспортировкой углеводородов.

Современные технологии, связанные с использованием БПЛА в 5-10 раз сокращают экономические и экологические риски, автоматизируют процессы, связанные с мониторингом нефтеобъектов, позволяют предотвратить попытки незаконных врезок в трубопровод, разливов нефти.

На основе построения ортофотопланов в трех программных продуктах: AgisoftPhotoscanProfessionalv 1.2.5.2594 (Россия), ERDASIMAGINEv 2015 (США) и Pix4DmapperPro (Швейцария) доказана экономическая, точностная и трудовременная целесообразность использования беспилотных комплексов.

### ***Библиографический список***

- 1. ГКИНП (ГНТА)–02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов, Москва, ЦНИИГАиК, 2002.*
- 2. Руководство по аэрофотосъемочным работам (утв. МГА СССР 30.06.1986 N 45/И) (вместе с "Типовым положением об АФСП эксплуатационного предприятия гражданской авиации", "Типовым положением о группе технического контроля в аэрофотосъемочном производстве эксплуатационных предприятий гражданской авиации").*
- 3. СТО «Лукойл» 1.8. 2008. Карты и планы цифровые топографические, Требования к составу, структуре, содержанию, форматам представления, правилам обновления в ОАО «Лукойл» и организациях группы «Лукойл».*
- 4. Сметные укрупненные расценки на топографо-геодезические работы (СУР-2002) Введены в действие приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от «24» декабря 2002 года № 196-пр. Москва, 2003.*

**Ф.Р. Гарифуллин**

ООО «ТНГ-Групп», Научно-техническое управление  
г. Бугульма, Республика Татарстан, Россия

**ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И  
ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-БИТУМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
НА ПРИМЕРЕ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

*Изучены геолого-технологические условия на примере горизонтальной скважины на Павловской площади (Республика Татарстан) с использованием станции ГТИ. Определен момент вскрытия кровли терригенной толщи пашийского горизонта.*

*Ключевые слова: геолого-технологические исследования (ГТИ), выделение опорных пластов, Ромашкинское нефтяное месторождение, Татарстан.*

**F.R. Garifullin**

ООО «TNG-Grupp», Scientific and technical management  
Bugulma, Republic of Tatarstan, Russia

**GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL RESEARCHES AND  
LUMINESCENT-BITUMEN ANALYSIS THE EXAMPLE  
ROMASHKINSKOYE FIELD IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

*Geological and technological conditions on the example of a horizontal well in the area of Pavlovsk (Republic of Tatarstan) using the station of geological and technological researches are studied. The moment of opening the roof terrigenous strata pashiysky horizon is determined.*

*Keywords: geological and technological researches, the selection of reference layers, Romashkinskoye oil field, Republic of Tatarstan.*

**Введение**

Эффективность и безопасность бурения нефтяной скважины во многом определяется качеством геолого-технологических исследований (ГТИ). В процессе бурения информация должна поступать оперативно, что особенно важно при проведении боковых горизонтальных ответвлений. Информация подразделяется на три основные категории: геологическая; геохимическая; технологическая. Данная проблема рассмотрена на примере Ромашкинсокого месторождения.

Ромашкинское нефтяное месторождение – крупнейшее месторождение России Волго-Уральской провинции. Находится на юго-востоке Татарстана, в 20 км от г. Бугульма. Геологические запасы нефти оцениваются в 5 млрд тонн. Доказанные и извлекаемые запасы оцениваются в 3 млрд тонн. Месторождение

приурочено к Южному куполу Татарского свода. По неотектоническим критериям структура характеризуется повышенной геодинамической активностью [3].

### **Методика исследований**

Технология проведения ГТИ в скважинах имеет свои особенности в связи с изменением комплекса решаемых задач. Основными задачами в процессе проводки горизонтальных скважин являются: выделение в разрезе бурящейся скважины пластов-реперов и определение момента вскрытия кровли коллектора; оперативная корректировка траектории ствола скважины при проходке горизонтального участка; предупреждение и раннее диагностирование аварий и осложнений в процессе бурения.

Выделение опорных пластов и реперов в процессе бурения вертикального участка ствола скважины необходимо для правильной ориентировки в разрезе с целью принятия своевременного решения о начале кривления ствола скважины. Для решения данной задачи в процессе бурения вертикального участка периодически (через 1 – 2 м) отбираются пробы шлама, проводится анализ шлама и керна с использованием методов обязательного комплекса (исследование шлама и керна под микроскопом, определение минерального состава пород, люминесцентно-битуминологический анализ, определение плотности и пористости пород). По результатам анализа шлама и керна строится фактический литологический разрез бурящейся скважины, по данным механического каротажа уточняются границы смены пластов различного литологического состава, проводится сравнение фактического разреза с прогнозным по геолого-техническому наряду (ГТН) и при их несоответствии принимаются оперативные решения по корректировке технологии проводки скважины и начале кривления ствола скважины. Выполнение данного этапа исследований необходимо, так как очень часто прогнозируемые глубины залегания пластов, указанные в ГТН на скважину, не совпадают с фактическими, и несвоевременное принятие решения о начале кривления может привести к невозможности проводки горизонтального участка скважины по пласту-коллектору. Приоритетной задачей при исследовании скважины на горизонтальном участке является оперативная корректировка траектории ствола скважины. Для решения данной задачи проводится следующий комплекс исследований: отбор и детальный анализ проб шлама и образцов керна, изучение газонасыщенности промывочной жидкости и шлама, отдельный анализ состава извлеченного газа, механический и виброакустический каротаж, расходометрия, измерение плотности, температуры и удельного электрического сопротивления промывочной жидкости. Отклонение траектории ствола скважины от проектной и вход в покрывку коллектора или в его подошву обязательно приводит к изменению механической скорости бурения, смене литологического состава пород и уменьшению газонасыщенности промывочной жидкости, а переход водонефтяного контакта (ВНК) – к изменению состава углеводородных и неуглеводородных газов в промывочной жидкости и пробах бурового шлама [1, 2, 4-6].

## Результаты исследований

На рис. 1 представлено определение момента вскрытия кровли терригенной толщи пашийского горизонта на глубине 2026 м четко фиксировалось резким увеличением механической скорости бурения ( $V$ ), возрастанием суммарного содержания углеводородных газов в промывочной жидкости ( $\Gamma_c$ ) и сменой литологического состава пород.

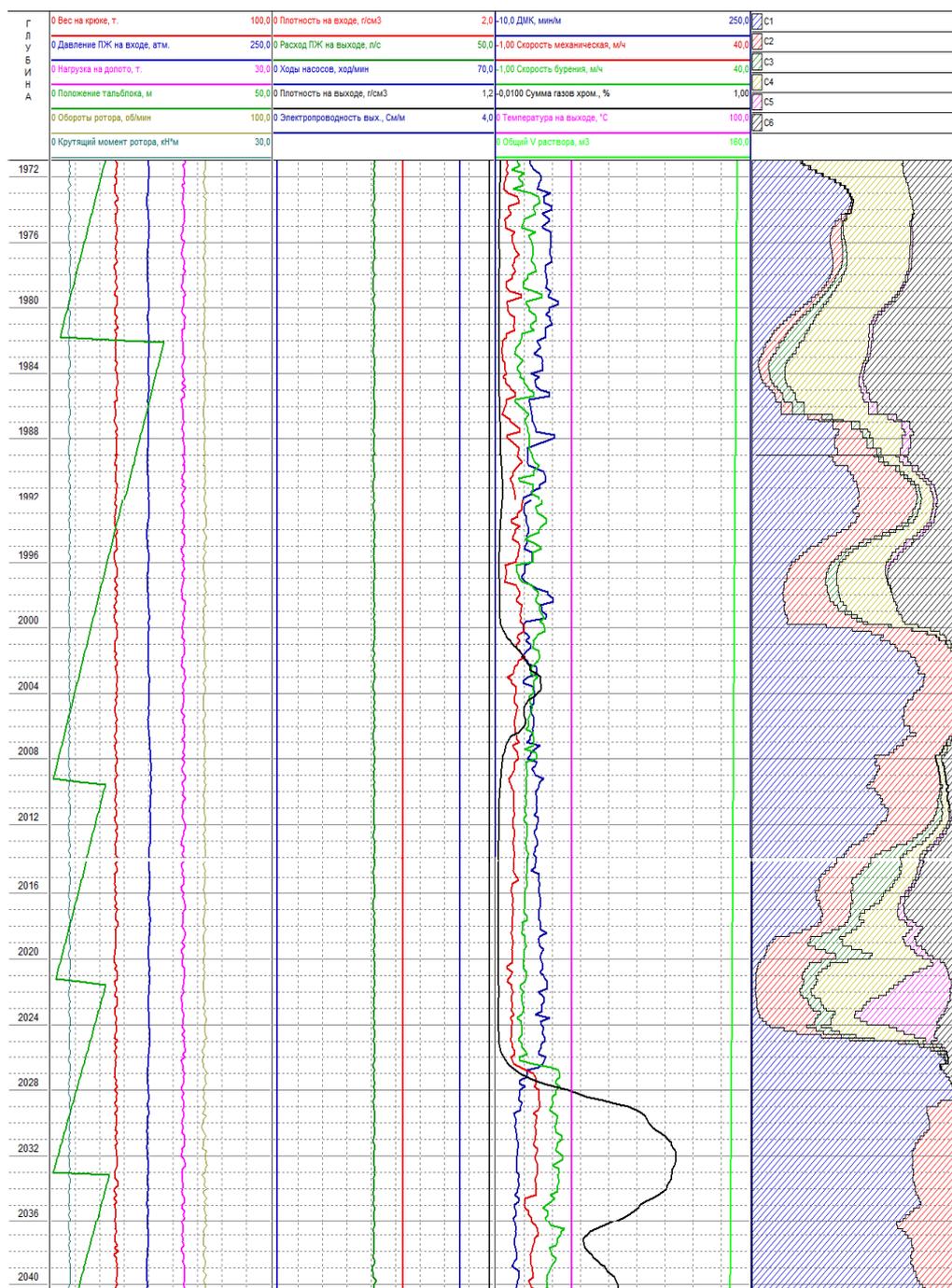


Рис.1. Пример проводки горизонтальной скважины на Павловской площади (Республика Татарстан) с использованием станции ГТИ

Вскрытие покрышки продуктивного пласта, представленного мелкозернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами характеризовалось увеличением  $V$  и  $\Gamma_c$ , появлением в пробах шлама песчаника и алевролита, т.е. сменой литотипа пород. Определение момента вскрытия продуктивного пласта проводилось по результатам газового каротажа, механического каротажа, расходомерии и данным анализа бурового шлама.

При вскрытии кровли продуктивного интервала на отметке 2026 м наиболее характерными признаками были: увеличение механической скорости проходки  $V$  и общего газосодержания  $\Gamma_c$  промывочной жидкости, уменьшение плотности пород по шламу и увеличение пористости пород ( $K_p$ ) с 5 % до 13 - 17 %, возрастание интенсивности люминесценции бурового шлама и содержания битумоидов в образцах пород. При забое 2026 м увеличилась  $V$ , повысились газопоказания и изменился состав газа. Резко повысилась интенсивность люминесценции пород, незначительно уменьшились плотность и удельное электрическое сопротивление промывочной жидкости на выходе из скважины.

### **Заключение**

Геолого-технологические исследования скважин в процессе бурения – одно из направлений промысловой геофизики. Главный смысл рассматриваемой технологии комплексного изучения разреза сводится к реализации двух принципиальных положений. Комплексная технология позволяет исключить пропуск продуктивных пластов, сократить срок строительства поисково-разведочных скважин за счет снижения объектов, испытываемых в колонне с неоднозначной и ошибочной геофизической характеристикой; экономить материальные ресурсы за счет сокращения количества скважин, ликвидируемых по геологическим причинам с обсадной колонной и повысить продуктивность геологоразведочных работ, а также обеспечить выполнение природоохранных требований.

### **Библиографический список**

1. Галкин Л. Аф. Слуцкина Г. А. Изменения состава газовой смеси при ее транспортировке по газовой линии // В кн. Методика и техника газового каротажа. М.: Недра, 1971. С. 35-39.
2. Жувагин И.Г. ГТИ в процессе бурения. Всесоюзный научно-исследовательский институт нефтепромысловой геофизики. 1987.
3. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтьдогенеза и минерогенетическая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
4. Померанц Л. И. Газовый каротаж. М.: Недра, 1982.
5. Словарь терминов разведочной геофизики / В.Н. Боганик и др. Под ред. А.И. Богданова. М.: Недра, 1989. 183с
6. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов / Под ред. А.И. Спивака. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». 2003. 509с.

## **О ВЛИЯНИИ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ЗОН НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)**

*Показана роль глубинных разломов для прогнозирования зон нефтегазоносности в отложениях Западно-Сибирской плиты.*

*Ключевые слова: глубинные разломы, нефть и газ, Западно-Сибирская плита.*

**M.N. Goldobina**

Perm State University

## **ON THE INFLUENCE OF FAULTS ON THE LOCATION OF OIL AND GAS BEARING ZONES (ON EXAMPLE OF WESTERN SIBERIA)**

*The role of deep faults to predict oil and gas bearing zones in the deposits of the West Siberian plate.*

*Key words: faults, oil and gas, West Siberian plate.*

Западно-Сибирская плита (ЗСП) – молодая эпигерцинская платформа, имеет доюрский фундамент, который составляют блоки метаморфических и осадочных пород. Фундамент расчленен многочисленными разломами разной протяженности и глубины [10]. Некоторые разломы длительное время прослеживаются в разрезе. Существует связь современных и древних рифтовых зон с глубинными разломами. Рифтовые зоны являются следствием древних ослабленных зон в земной коре. Глубинные разломы, осуществляющие вертикальные смещения блоков фундамента, являются путями миграции глубинных флюидов, влияющих на степень катагенеза органического вещества (ОВ), вещественный состав и коллекторские свойства пород осадочного чехла [7].

Рифтовые зоны содержат в себе оптимальные условия для образования грабенов и подъема большого количества магматических масс на поверхность [2]. Это может быть связано с закономерным развитием рифтовых зон, заложенных на древних тектонических швах. Анализ геолого-геофизических данных, показывает на генетическую связь нефтегазоносности с рифтовыми зонами и системами глубинных разломов во всех нефтегазоносных областях [1]. Нефтегазогеологическое районирование ЗСП непосредственно связано с тектоническим, границы которого определяются глубинными разломами и рифтовыми системами. При этом самые продуктивные области лежат внутри этой системы или вблизи нее. Разведочные и поисковые работы показывают, что почти все месторождения нефти и газа находятся в узлах пересечений рифтовых структур и глубинных разломов. Следовательно, крупные разрывные

нарушения влияют на образование месторождений нефти и газа по всей Западной Сибири [9].

Глубинные разломы влияют на миграцию флюидов по вертикали. Признаками такого влияния являются большая мощность продуктивных горизонтов, одинаковый химический состав флюидов, находящихся на большом расстоянии по вертикали, присутствие нефти в горизонте, не соответствующей ему по составу, наличие нефти в опущенном блоке и отсутствие в поднятом [3]. Вертикальную миграцию нефтяных флюидов по зонам разломов признают как сторонники органической теории образования нефти, так и неорганической. Одним из фактов такой миграции является существование гигантских месторождений, происхождение которых невозможно истолковать органической теорией.

Фундамент ЗСП состоит из разрозненных блоков, которые в разное время испытывают вертикальные перемещения [8]. Между этими блоками присутствуют разломы и зоны трещиноватости, они и являются путями миграции нагретых флюидов. При трении блоков температура повышается, появляются зеркала скольжения, специфические типы пород и растет трещиноватость. Повышение температуры является причиной образования температурных и катагенетических аномалий. Эти аномалии имеют вид узких полос шириной 5-10 км, ширина может быть увеличена, если это несколько параллельных разломов.

Глубинные разломы влияют на породы осадочного чехла по разному. Тепловая энергия может передаваться в осадочный чехол посредством теплопереноса, либо путем миграции флюидов. Но время и продолжительность вхождения флюидов в осадочный чехол установить нет возможности. Исключением является присутствие углеводородов в породах разрушенной части фундамента, гравелитах или песчаниках, когда они контактировали с нефтенасыщенными глинистыми толщами. Залежи углеводородов формируются здесь в таких случаях (Западно-Котухтинское, Березовское, Останинское и другие месторождения) [8].

Кроме того, надо иметь в виду тот факт, что не все разломы и даже их части являются флюидопроводящими. Так в пределах Русско-Часельского мегавала при наличии густой сети разломов теплопроводящим является лишь разлом, проходящий через осевую часть структуры на севере. На Медвежьей площади (Надымская структурно-фациальная зона) не все глубинные разломы сопровождаются геотемпературными аномалиями. Степень воздействия глубинных разломов на тепловое поле можно выяснить только при наличии густой сетки скважин с замерами температур при современном поступлении флюидов в осадочный чехол. Если горячие флюиды проникали в пределы осадочного чехла в прошлом, то на примере Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта можно показать характер распределения температуры и связанной с ней степени катагенеза пород и органического вещества в осадочном выполнении одноименного надрифтового желоба.

Образование температурных аномалий в зонах разломов зависит от степени открытости их и от количества тепловой энергии переносимой

глубинными флюидами. Анализ ЗСП позволяет сделать вывод о том, что некоторые разломы или их части в настоящее время являются флюидопроводящими. В тех случаях, когда геолого-геофизическими методами они не выделяются, выясняется возможность обнаружения флюидопроводящих разломов по повышенным термоградиентам.

При проверке перспективности нижних горизонтов осадочного чехла на поиски скоплений углеводородов, актуальной проблемой служит прогноз качества коллекторов. Известно, что в осадочных бассейнах мира с ростом глубины коллекторские свойства пород ухудшаются. Однако при некоторых условиях в коллекторах возникает вторичная пористость за счет растворения неустойчивых компонентов скелета и цемента пород под действием флюидов. Иногда мигрирующие продукты выпадают в осадок, ухудшая фильтрационно-емкостные свойства коллекторов.

В последние годы установлено, что формирование многих нефтегазовых месторождений происходит в геодинамических активных зонах, с повышенной трещиноватостью пород. При этом степень геодинамической активности должна быть достаточно высокой для формирования залежей углеводородов, но не чрезвычайно высокой, чтобы не разрушать залежи [4-6].

Таким образом, установлено, что в пределах в ЗСП большинство крупных тектонических нарушений в геоактивных зонах влияют на образование месторождений нефти и газа и могут служить поисковым критерием, который необходимо учитывать при прогнозировании зон нефтегазоносности.

### ***Библиографический список***

1. Багдасарова М.В. Связь типов флюидных систем нефтегазоносных бассейнов с эндогенным режимом и современной геодинамикой // М.: ГЕО., 2003. С. 27-29.
2. Киссин И.Г. Современный флюидный режим земной коры и геодинамические процессы // М.: Наука. 2006. С.85-104.
3. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра. 1975. 679 с.
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. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
6. 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.
7. Корчуганова Н.И. Новейшая тектоника с основами современной геодинамики. М.: Геокарт, ГЕО. 2007. 353 с.
8. Кудинов Ю.А. Метасоматоз – ведущий процесс образования и эволюции земной коры // М.: ГЕОС. 2003. 91 с.
9. Наливкин В.Д., Черников К.А. Условия формирования и закономерности размещения месторождений нефти и газа (на примере Западно-Сибирской и других эпигерцинских плит СССР. Л.: Недра. 1967. 296 с.
10. Сурков З.Я., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. М.: Недра. 1981. С.3-10.
11. Сурков В.С., Фотиади Э.Э. Геологическое строение фундамента Западно-Сибирской плиты. М.: Недра. 1971. 208 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДРОДОВ БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

*В статье описано современное геолого-экономическое состояние Баренцовоморской нефтегазоносной провинции. Приведены данные о количестве разведанного сырья, информация о перспективах и проблемах добычи углеводородов в данном регионе.*

*Ключевые слова: нефтегазовая геология, нефтегазоносные комплексы, технологии добычи, континентальный шельф, Арктика.*

**A.K. Zakovirin**

Perm State University

## **FEATURES OF DEVELOPMENT HYDROCARBON DEPOSITS OF BARENTSOVOMORSKOY OIL AND GAS PROVINCE**

*The article describes the current state of Barentsovomorskoy oil and gas province. Also shows the number of explored raw materials, as well as information on the prospects and problems of hydrocarbon production in the region.*

*Keywords: Petroleum geology, oil and gas complex, mining technology, the continental shelf, Arktika.*

### **Введение**

Количество нефти и газа, добываемое в традиционных регионах добычи, сокращается, что обуславливает актуальность поисков и разведки новых видов месторождений углеводородов. В России стратегическим запасом углеводородов являются шельфовые месторождения. Но степень разведанности шельфа не особенно невелика, а непосредственно добычи нефти и газа на территории шельфа Северного Ледовитого океана в промышленных масштабах не ведется. Причина этого – множество технологических и других сложностей, затрудняющих, а следовательно, увеличивающих стоимость, разработки шельфовых месторождений.

### **Шельфовые территории Российской Федерации**

В связи с развитием науки и техники, с XX века интересы государств распространились не только на трехмильную зону территориальных вод, но и на шельфовые территории. Для этого была принята Конвенция ООН по морскому праву 1982 года. Россия присоединилась к международному морскому праву в 1997 году. И унифицировала основные правовые акты. Так же в 1995 году был принят федеральный закон №187 «О континентальном шельфе Российской Федерации», согласно которому континентальный шельф включает в себя морское дно и недра подводных районов, находящиеся за

пределами территориального моря Российской Федерации на всем протяжении естественного продолжения ее сухопутной территории до внешней границы подводной окраины материка. Таким образом, в правовом отношении шельфовые территории представляют собой не шельф в геологическом понимании, и может включать в себя материковый склон и часть ложа океана. Согласно международному праву прибрежное государство распространяет свою юрисдикцию на расстояние 200 морских миль вглубь Северного Ледовитого океана. Внутренней границей области шельфа в этом отношении является не берег, а граница территориальных вод государства, внешней границей – 200 мильная зона, при условии, что подводная оконечность континентального массива прибрежного государства не простирается дальше. В таких случаях подается заявка в комиссию ООН по границам континентального шельфа. Россия подавала заявку относительно шельфа Северного Ледовитого океана, но слушание было отложено и вопрос до сих пор остается спорным [9].

Континентальный шельф России является самым большим в мире, его территория составляет порядка 20% площади всего шельфа Мирового океана.

### **Запасы углеводородов шельфа Северного Ледовитого океана**

По последним количественным переоценкам ресурсов, в шельфовых месторождениях России сосредоточено более 20% начальные суммарные ресурсы (НСР) нефти и более 30% НСР природного газа, степень разведанности по нефти – 4%, а по газу 10%.

В результате бурения скважин были открыты Мурманское (газовое), Северо-Кильдинское (газовое), Штокмановское (газоконденсатное), Лудловское (газоконденсатное), Ледовое (газоконденсатное), Медыньское-море (нефтяное), Приразломное (нефтяное), Северо-Гуляевское (нефтегазовое, нефтегазоконденсатное), Поморское (газоконденсатное) месторождения [1].

Всё же, несмотря на все вышеперечисленные работы, общая изученность акватории бурением остаётся крайне низкой на сегодняшний день пробурена 51 скважина, суммарный объём морского бурения составляет 151,12 пог.км. Для сравнения на шельфе Норвегии пробурено более 700 разведочных скважин, не считая эксплуатационных. Успешность поискового бурения в российском секторе Баренцева моря составляет 33%. Основным продуктивным и перспективным НГК остается юрско-барремский (неокомский), несколько менее перспективным является триасовый. Примерно такой же является успешность бурения и в норвежском секторе Баренцева моря (37%), где наиболее перспективными также являются юрско-неокомский и триасовый НГК [6].

В Баренцевоморской провинции одна скважина приходится, в среднем, на 27,2 тыс. км<sup>2</sup> перспективной площади, в том числе в Печорском море одна скважина на 16.6 тыс. км<sup>2</sup>, в Баренцевом море - на 31.6 тыс. км<sup>2</sup>. В 14 из 22 потенциально нефтегазоносных областей (80% перспективной площади) нет ни одной скважины. Однако даже такие относительно небольшие объемы бурения привели к открытию одиннадцати месторождений нефти, газа и конденсата, что подтверждает необычайно высокий углеводородный потенциал Баренцева и Печорского морей [4].

По количеству запасов среди шельфовых НГП России первое место занимает Баренцовоморская НГП – в ней сосредоточено до 35% нефти и 42% природного газа всего российского шельфа [7]. На её территории открыты такие месторождения углеводородов как Мурманское, Лудловское, Штокмановское и Северо-Кильдинское.

### **Состояние и перспективы бурения в Баренцовоморской НГП**

Поисково-разведочное бурение на шельфе было начато в 1981 году ПО «Арктикморнефтегазразведка». Первая скважина на Мурманском месторождении (21-Мурманская) была пробурена в 1982 году до глубины 1609 м и вскрыла на забое среднеюрские отложения. В 1983 году была пробурена вторая скважина – Мурманская-22 (гл. 2914 м). При испытании скв. 22 были получены промышленные притоки газа из продуктивного горизонта (нижний триас) из интервала 2542-2562 м (дебит 144 тыс. м<sup>3</sup>/сут. на штуцере диаметром 11,9 мм). В 1984 г. в скважине 23 (гл. 3545 м.) получен приток газа из интервала 2717-2785 м (дебит 746 тыс. м<sup>3</sup>/сут. на штуцере диаметром 22 мм).

На Штокмановско-Лунином пороге в 1988-1991 гг. в поисковое бурение были введены четыре структуры. На трёх из них открыты месторождения, на одной (Лунинской) первая бурящаяся поисковая скважина законсервирована на глубине 1405 м из-за отсутствия средств для продолжения работ. Начато бурением 12 скважин, закончено - 11 скважин, из них в восьми получены промышленные притоки газа и две скважины, продуктивные по керну и каротажу, находятся в ожидании испытания. Коэффициент успешности бурения (отношение продуктивных скважин к общему их числу) равен 0,9. Плотность бурения в пределах Штокмановско-Луниного порога - 1 скв. / 7,9 тыс. кв. км, плотность сейсмических исследований изменяется от 0,16 до 2,55 км / кв. км (Штокмановское месторождение), составляя в среднем 0,5 км / кв. км.

Успех нефтегазопроисковых работ на арктическом шельфе во многом был предопределен достаточно строгим выполнением требований Положения об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ (ГРР), которые в качестве обязательного элемента начального регионального этапа ГРР предусматривают «бурение опорных и параметрических скважин на опорных профилях в различных структурно-фациальных условиях».

В результате выполнения программы бурения были получены уникальные данные о возрасте, вещественном составе и физических свойствах вскрытых разрезов, об их нефтегазоводонасыщенности. Эти данные легли в основу представлений о геологическом строении и предпосылках нефтегазоносности западно-арктического шельфа России. В восьми пробуренных скважинах были получены разномасштабные притоки нефти и газа, а параметрические скважины на островах Колгуев и Белый вскрыли залежи нефти и газа. Таким образом, на сегодняшний день на шельфе Баренцева моря пробурены следующие скважины: Адмиралтейская-1, Ахматовская-1, Аквамариновая-1,2, Андреевская-1, Арктическая-1, Дресвянская-1,2, Ферсмановская-1, Северо-Гуляевская-1,2, Северо-Кильдинская-80,81,82,83,84, Восточно-Колгуевская-1,2, Крестовая-1, Куренцо-

вская-1, Ледовая-1,2, Лудловская-1,2,3, Лунинская-1, Медыньское-море-1(1), 1(3), 2(1), 2(2), 2(4), Мурманская-21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32, Северо-Мурманская-1,2, Паханчешская-1, Поморская-1,2,3, Северо-Поморская-1, Приразломная-1,2,3,4,5,6, Русская-613, Северо-Долгинская-1, Северо-Западная-202, Штокмановская-1,2,3,4,5,6,7, Варандей-море-1,2, Южно-Долгинская-1.

В Баренцевом море участки с открытой водой существуют постоянно, причем треть года они доминируют по площади [8].

Исходя из особенностей ледового режима в Баренцевом море намечаются четыре участка. Первый - юго-западный характеризуется круглогодичным отсутствием льда; на втором (центральная часть моря) открытая вода существует полгода – с июля по ноябрь; третий участок – Печорское море закрыт льдами с ноября по май включительно (7 месяцев) и, наконец, четвертый – север – северо-восточный район акватории – свободен ото льда всего три месяца с июля по сентябрь.

С учетом ледового режима и технологических возможностей бурения и добычи нефти и газа следует заметить, что освоение месторождений УВ в северо-восточных районах Баренцева моря возможно только с применением подводных буровых установок и подводных добычных комплексов.

Ресурсный потенциал УВ Арктического нефтегазового пояса Земли, включая характеризуемые акватории оценивается от 180 до 260 млрд. т.н.э. При этом Арктика является источником почти 10% мировой добычи нефти и 25% мировой добычи газа. Из шести северных морей добыча нефти и газа организована пока только в двух. Наиболее трудно и медленно осваиваются ледовые акватории. Россия является пионером в изучении и освоении Арктики. В период с 1983 по 2000 г. в западноарктических акваториях России открыто 17 месторождений, включая 11 крупных, выявлено и подготовлено значительное количество локальных структур.

Открытие в Тимано-Печорской, Баренцево-Карской и Западно-Сибирской провинциях 11 крупных морских месторождений УВ обеспечило прирост запасов по нефти 384,2 млн.т, по газу 7,74 трлн.м<sup>3</sup>. Три особенности характеризуют почти все открытые месторождения: значительная доля предварительно оцененных запасов С<sub>2</sub>, достигающая 78% и составляющая в среднем около 40% на месторождение, отсутствие освоения (ни одно из месторождений не разрабатывается) и недостаток нефтяных открытий, которые составляют менее трети всех выявленных крупных объектов.

Норвегией в Баренцевом море открыто 19 месторождений, включая одно крупное месторождение Сновит. Для комплексного освоения месторождений Сновит, Альбатрос и Аскеладд в рамках единого проекта созданы уникальные комплексы для подводной добычи, переработки и транспортировки газа и продуктов его сжижения, включая завод СПГ.

На акваториях США и Канады в провинции Северного склона Аляски, нефтегазоносных бассейнах Бофорта-Маккензи и Свердруп преимущественно в неглубоких водах – на глубинах до 50–100 м пробурено более 400 скважин. Бурение проводилось с ледяных и гравийных островов, а в благоприятные сезоны с буровых судов.

В настоящее время в акваториях трех вышеназванных бассейнов открыто 64 месторождения УВ, среди которых 11 являются крупными. На 7 из 18 месторождений, в мелководной акваториальной части НГП Северного склона Аляски к началу 2007 г. добыто 160 млн т нефти. Это пока единственный пример экономически выгодного освоения морских месторождений в условиях ледовых акваторий. Работы в двух других арктических НГБ – Бофорта-Маккензи и Свердруп в 90<sup>х</sup> годах остановлены, несмотря на открытие месторождений.

Главнейшими проблемами освоения морских месторождений в ледовых условиях Арктики определились транспортная и техническая – конструирование оптимальных буровых и добывающих систем. Зарубежные аналитики считают, что эти и другие проблемы освоения углеводородного потенциала морских арктических бассейнов будут преодолены в течение ближайших 10–15 лет [3, 6]. Также важнейшей проблемой этих регионов является – экологическая проблема, поскольку увеличение объемов поисковых и разведочных работ и эксплуатация месторождений нефти и газа негативно влияет на природную среду. Поэтому экологические проблемы являются чрезвычайно актуальными для северных нефтегазоносных регионов [5].

### ***Библиографический список***

1. Винокуров И.Ю., Беляев И.В., Егоров А.С. и др. Глубинная модель и особенности эволюции Баренцево-Карского региона. Геология полярных областей Земли // Материалы XLII Тектонического совещания. Том 1. 2009. 376 с.
2. Вовк В.С. Прогноз крупных месторождений нефти и газа в Баренцево-Карском регионе России. Автореф. дис. д.г.-м.н. М., 2010.
3. Григорьев Г. А. Что мешает «разморозить» шельфовые проекты? Арктические углеводородные перспективы России: технологические и геолого-экономические проблемы освоения. *Neftegaz.RU*, 24.04.2015.
4. Каламкарров Н.В. Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран. М.: Нефть и газ, 2005. 570 с.
5. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
6. Мочалов Р.А. Ключевые проблемы и особенности освоения месторождений углеводородов на шельфе арктических и дальневосточных морей. «Интерэкспо Гео-Сибирь». 2013. №1. Т.3.
7. Сорохтин Н.О. и др. Нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа России и прогнозные критерии поиска углеводородного сырья в прибрежной зоне Кольского региона. «Вестник Кольского научного центра РАН». 2010 №1. С. 67-83.
8. Ткаченко М.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрского комплекса центральной части Восточно-Баренцевского мегапрогиба. М., 2014. 159 с.
9. Федеральный закон от 30 ноября 1995 г. N 187-ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации» (с изм. и доп. от 3 июля 2016 года).

## **ПАЛЕОГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗОН ПРЕИМУЩЕСТВЕННОГО НЕФТЕ- И ГАЗОНАКОПЛЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*В данной статье рассмотрены основные методы палеогеотермических реконструкций и возможности оценки зон преимущественного нефте- и газонакопления. Проведен анализ ряда палеогеотермических реконструкций на территории Западной Сибири, оценены перспективы и проблемы применения данного метода.*

*Ключевые слова: палеогеотермические реконструкции, оценка зон нефте- и газонакопления, углеводородное сырье, Западная Сибирь*

**A.A. Kalinin**  
Tyumen, Russia

## **PALEOGEOTHERMAL RECONSTRUCTIONS IN EVALUATING THE PRIORITY AREAS OF OIL AND GAS ACCUMULATION IN WESTERN SIBERIA**

*This article describes the basic methods paleogeothermal reconstruction and the possibility of evaluating the priority areas of oil and gas accumulation. The analysis a number of paleogeothermal reconstructions in Western Siberia, assessed the prospects and problems of this method.*

*Key words: paleogeothermal reconstruction, evaluation of oil and gas accumulation zones, hydrocarbons, West Siberian*

Одним из направлений в поиске и оценке запасов углеводородного сырья являются методы палеогеотемпературного моделирования. Данные методы в последнее время получили большое развития и внедряются в производственную деятельность нефтепромысловых организаций России.

Целью работы является анализ основных методов палеогеотермических реконструкций, и оценка дальнейших перспектив развития данного направления в Западной Сибири.

В настоящее время методы проведения палеогеотермических реконструкций можно разделить на три основные группы: использование природных «максимальных термометров», экстраполяция параметров современного геотемпературного поля в прошлое с учетом палеомощностей отложений и физико-математическое моделирование процессов тепло-массопереноса в горных породах [5].

Первая группа методов включает в себя минералогическую термометрию по одному или ассоциации парагенетических минералов, изотопную

термометрию по кислороду, определение отражательной способности витринита и др. Суть этих методов заключается в экспериментальном изучении свойств минералов, зависящих от термических условий. Анализ полученных результатов при разных методах показывает, что они несопоставимы: различия в значениях максимальных палеотемператур достигают 100 и более градусов.

Во второй группе широкое распространение в геотермических исследованиях приобрел углепетрографический метод, разработанный И.И. Аммосовым. Он использует достаточно четкую зависимость отражающей способности витринита от современных температур горных пород в осадочных бассейнах, где возможно рассмотрение современного геотермического режима в качестве наиболее напряженного за всю историю развития. Некоторые аспекты данного метода носят весьма условный характер, в связи с чем вызывают в свою сторону критику. Ряд исследований, проведенных на территории Западной Сибири показывают, что достоверность результатов не высока и происходят значительные отклонения максимальных палеотемператур. Данные методы являются устаревающими, но все же еще используются рядом исследователей в определенных целях.

Третья группа методов, основанная на физико-математическом моделировании процессов тепло-массопереноса в горных породах, является самой быстроразвивающейся группой методов. Суть данной группы методов заключается в построении математической модели на основе физико-механических свойств горной породы. Еще 20 лет назад эта группа методов являлась не обоснованной, связи, с чем и неперспективной, но в настоящее время большинство параметров были обоснованы, а достоверность получаемых результатов оценивается как высокая [1, 5].

В общих чертах методику расчета палеотемператур методами физико-математического моделирования процессов тепло-массопереноса в горных породах можно описать следующим алгоритмом [5]:

- разбивка в пункте исследований осадочной толщи на несколько слоев, представленных породами, однородными по литологическому составу;
- расчет палеомощности каждого слоя и всей осадочной толщи;
- устанавливается закон изменения теплопроводности в каждом слое и по разрезу в целом;
- рассчитывается текущее значение плотности глубинного теплового потока;
- рассчитывается распределение палеотемператур по разрезу осадочного чехла.

Данный алгоритм показывает основные общие этапы реконструкции палеотемператур методами физико-математического моделирования тепловых потоков в горных породах, но стоит заметить, что все методы являются авторскими и могут не полностью подчиняться этому алгоритму.

Одним из факторов, определяющих температурный режим осадочных отложений, является влияние палеоклимата, в связи с чем ряд исследователей при моделировании геотемпературного режима рекомендуют учитывать и исторические изменения температур на поверхности Земли. Ряд других ученых

считают, что при палеогеотермических реконструкциях нет необходимости в привязке к вековым изменениям климата на поверхности Земли, так как дно бассейна осадконакопления всегда имеет температуру близкую к нулю.

Ряд современных исследователей провели палеогеотермические реконструкции с учетом и без исторических изменений температур на поверхности Земли с целью установления степени влияния палеоклимата на температурный режим осадочных отложений. В ходе этих исследований было установлено, исторические изменения температур на поверхности Земли полностью коррелируют с геотермическими показателями осадочных отложений, повышая тем самым точность реконструкций [1-6].

В таблице 1 представлены результаты проведения палеотермических реконструкций с учетом и без палеоклимата в соотношении от «реперных» значений по ОСВ.

Таблица 1

Сопоставление «реперных» температур по ОСВ и расчетных максимальных палеотемператур [6]

Скважина	Свита, интервал в современном разрезе, м	«Реперные» значения по ОСВ		Расчетные максимальные палеотемпературы						Тектоническая приуроченность	Географическое положение
		R, %	Температура	Без учета палеоклимата		Учет палеоклимата*		Учет палеоклимата			
				Значение	Разница с ОСВ	Значение	Разница с ОСВ	Значение	Разница с ОСВ		
Кулгинская 141	Васюганская, 2661...2676	0,67	103	81	-22	95	-8	96	-7	Юго-восточная часть Лавровского мезовыступа	57°20' с.ш.
	Тюменская, 2894	0,77	115	87	-28	101	-14	102	-13		
Айсазская 1	Баженовская, 2700	0,62	96	78	-18	88	-8	89	-7	Сочленение Тамянского и Осевого прогиба	57°21' с.ш.
	Тюменская, 3150	0,76	101	89	-12	99	-3	100	-1		
Таловая 1	Баженовская, 2760	0,59	92	87	-5	96	+4	97	+5	Игольско-Таловое Куполовидное поднятие	57°29' с.ш.
Лугинская 183	Васюганская, 2345	0,63	98	83	-15	96	-2	98	0	Северо-восточная часть Пудинского мезоподнятия	57°21' с.ш.
Пуглалымская 86	Тюменская, 2673	0,76	115	91	-24	102	-13	104	-11	Васюганский мезовал	58°45' с.ш.
Малореченская 121	Васюганская, 2470	0,67	103	91	-12	99	-4	100	-3	Юго-восточная часть Нижневартковского свода	60°20' с.ш.
	Тюменская, 2620	0,70	106	95	-11	104	-2	105	-1		

\* Без позднечетвертичного похолодания

В результате анализа данных исследований было установлено что все они подтверждают теорию о влиянии палеоклимата на геотемпературные характеристики осадочных отложений. При этом влияние позднечетвертичного похолодания является крайне незначительным.

Для оценки потенциальных ресурсов и прогнозных запасов нефти и газа широко используются модификации объемно-генетического метода, что делает необходимым установление количественных характеристик преобразования рассеянного органического вещества (РОВ) пород в ходе геологического развития нефтегазоносных бассейнов. Одной из важнейших геохимических характеристик является степень катагенетической преобразованности РОВ, определяемая по отражающей способности витринита. Однако на территории Западной Сибири проведено недостаточно определений отражающей способности витринита, чтобы охарактеризовать изменения степени катагенетической способности РОВ по большинству нефтегазоносных горизонтов.

В настоящее время выявлена связь между необратимыми изменениями органического вещества и максимальными палеогеографическими температурами. В результате выделены основные пределы стадий катагенеза РОВ. Также следует отметить, что ряд исследователей отмечают и другие пределы катагенеза. Это связано с неоднородностью горных пород, и отмечается, что также необходимо учитывать и литологические особенности вмещающих горных пород [5].

На основе данных температурных пределов стадий катагенеза и результатах палеогеотермических реконструкций выполняется сопоставление и выделение временных периодов образования углеводородного сырья.

В ходе данной работы рассмотрены основные группы методов палеогеографических реконструкций. Следует отметить, что две группы являются устаревшими и используются крайне редко. Третий набор методов является более распространенным и развивающимся в настоящее время, но и он вызывает ряд споров. Многие спорные вопросы были решены за последнее десятилетие, а оставшиеся – решаются по сей день. Так, например, решена проблема учета палеоклиматических условий, и доказана важность учета временного хода температур на поверхности Земли. Также для оценки перспективных зон нефте- и газонакопления результаты палеогеотермических реконструкций увязываются с пределами стадий катагенеза РОВ. Тут возникает небольшая проблема касательно территории Западной Сибири – на некоторые продуктивные горизонты собрано недостаточно материалов для выделения пределов стадий катагенеза.

Анализ ряда работ [3-8] по оценке перспективных зон нефтеносности свидетельствует о востребованности данного направления, о его применении в производстве и положительных результатах. Отмечается параллельно с решением производственных задач и научный вклад в разработку и развитие имеющихся методов палеогеотермических реконструкций.

Также отмечается одна большая проблема – результаты палеогеотермических исследований носят локальный (приуроченный к месту

исследования) характер. В связи с этим требуется развитие методик экстраполяции данных на окружающую территорию, для придания результатам площадного характера.

В заключение стоит отметить, что палеогеотермические исследования являются перспективными и актуальными. Проблемные вопросы решаются, а методики внедряются в производство.

### ***Библиографический список***

1. Галушкин Ю.И. Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности. М.: Научный Мир. 2007. 456 с.
2. Ерофеев Л.Я., Завидий Т.Ю. Определение поправки за палеоклиматический фактор для коррекции результатов геотермических исследований // Геофизика. 2010 №5. С. 48-52.
3. Искоркина А.А. Разработка эффективной методики оценки ресурсов углеводородов с применением сравнительно-исторического метода и геотермии как нового метода разведочной геофизики. // Известия Томского политехнического университета. 2015. №7. С. 60-69.
4. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
5. Курчиков А.Р., Ставицкий Б.Ю. Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири. М.: Недра. 1987. 134 с.
6. Лобова Г.А. и др. Влияние палеоклимата на геотермический режим и нефтегенерационный потенциал баженовской свиты (на широтах Томской области) // Известия Томского политехнического университета. 2013. №1 С. 45-51.
7. Осипова Е.Н., Лобова Г.А. Геотемпературный режим баженовской свиты и нефтеперспективные зоны меловых отложений (Нюрольская мегавпадина) // Известия Томского политехнического университета. 2013. №1. С. 51-56.
8. Стоцкий В.В. Оценка геотемпературных условий генерации баженовских нефтей (Колтогорский мезопрогиб и структуры его обрамления) // Известия Томского политехнического университета. 2016. №9. С. 18-28.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТИ И ГАЗА В ПРИУРАЛЬЕ И ИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

*Создано геоинформационное обеспечение (геологическое картографирование и база данных) территории Пермского края по материалам нефтегазопроисловых аэрокосмогеологических работ, выполненных в Пермском Приуралье за прошедшие 50 лет. Проведено дешифрирование современных космических снимков, выделено более 52 тыс. линеаментов, отождествляемых с линейными зонами тектонической трещиноватости и более 4 тыс. объектов, предполагаемых тектонических поднятий. Составлена геоинформационная аэрокосмогеологическая карта территории Пермского края, с выделением объектов и участков, перспективных для поисков месторождений нефти и газа.*

*Ключевые слова: нефть и газ, аэрокосмогеологические исследования, космические снимки, дешифрирование, тектонические структуры, линеаменты, Приуралье.*

**I.S. Kopylov**

Perm State University

## RESULTS AND PROSPECTS OF OIL AND GAS REMOTE SENSING GEOLOGICAL STUDY OF THE PERM PRE-URALS REGION AND GEOINFORMATION SUPPORT

*Geoinformation support (geological mapping and database) of territory of the Perm Krai on materials remote sensing geological studies for oil and gas prospecting works performed in the Perm Pre-Urals over the past 50 years is created. The interpretation of modern satellite imagery is conducted. More than 52 thousand lineaments associated with linear zones of tectonic fractures and more than 4 thousand units, alleged tectonic uplifts are highlighted. Aerospace geological GIS map of the Perm region, highlighting objects and areas that are promising for prospecting of oil and gas is compiled.*

*Key words: oil and gas; remote sensing geological studies, satellite images, interpretation, tectonic structures, lineaments, Pre-Urals.*

**Введение.** Дистанционное зондирования Земли (ДЗЗ) широко применяется для решения различных геологических задач (минерагенических и геолого-поисковых на различные виды полезных ископаемых, структурно-тектонических, геодинамических, гидрогеологических, инженерно-геологических, геоэкологических, геоморфологических и др.). Аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) – вид дистанционных

исследований в общем комплексе геолого-геофизических работ, использующий данные ДЗЗ. В современной практике проведения нефтегазопроисковых АКГИ сложились следующие стадии (уровни) геологического изучения: обзорные, региональные, зонально-региональные, зональные, детальные исследования [1, 13, 19, 20].

При изучении нефтегазоносных бассейнов ДЗЗ и АКГИ применяются на всех стадиях работ, особенно – при региональных и детальных (поисковых) работах, в т.ч. при подготовке объектов к глубокому бурению в районах недостаточно изученных геофизическими методами. Эффективность применения материалов ДЗЗ зависит от структурно-тектонических и ландшафтно-геоморфологических условий.

**Краткая история аэрокосмогеологических исследований.** На территории Пермского Приуралья АКГИ проводятся более 50 лет и в настоящее время практически вся территория изучена этими методами в различной степени детальности. Региональными АКГИ (масштаба 1:500 000) территория изучена в северо-западной, северной и юго-восточной частях. Регионально-зональными АКГИ (масштаба 1:200 000) территория охвачена в отдельных районах на севере, западе и юго-востоке. Зональными АКГИ (масштаба 1:100 000) территория охвачена в основном фрагментарно в северной, центральной и южной части. На этих же площадях проводились детальные (крупномасштабные) АКГИ (масштаба 1:25 000-1:50 000). В период 2008-2014 гг. автором совместно с В.З. Хурсиком (ООО «ПермНИПИнефть», ГИ УрО РАН, ООО «Пермская геолого-геофизическая компания») выполнены обобщающие работы (по заказу МПР Пермского края) по теме: «Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в Программу лицензирования»; выполнен ряд работ по выявлению локальных нефтегазопроисковых объектов и геодинамических активных зон на основе проведения крупномасштабных АКГИ: на нефтепоисковых площадях – Григорьевской, Пономаревской, Вишерской, Юго-Камской, Керчевской; в восточной части Пермского края и западной части Свердловской области для выявления зон геодинамической опасности трасс магистральных газопроводов (ООО «ПГГК», ООО «Газпром Трансгаз Чайковский» и др.); в закарстованных районах Предуралья с целью выявления зон тектонической трещиноватости (ПГНИУ) [12-14]. При их проведении на основе современных цифровых КС и компьютерного дешифрирования с применением ГИС-технологий были получены новые данные по нефтегазоперспективным объектам, а также данные, уточняющие геологическое строение и активность Урала и Приуралья.

**Методика исследований.** В основу методики АКГИ положено комплексное дешифрирование материалов дистанционных съёмок земной поверхности, включающее структурное, геоморфологическое и геологическое дешифрирование аэрофотоснимков (АФС) и космических снимков (КС). При этом основным видом является структурно-геологическое дешифрирование – выделение на КС с помощью геоиндикационных признаков (геоморфологических, ландшафтных, гидрогеологических и др.) элементов

структурно-тектонического строения и неотектонических особенностей изучаемой территории. Основными картируемыми объектами при проведении АКГИ являются субпрямолинейные линеаменты, отождествляемые с тектоническими нарушениями фундамента и осадочного чехла, и кольцевые структуры, в т.ч. ландшафтные аномалии (ЛА), отражающие погребенные тектоногенные структуры разных порядков. При обработке данных ДЗЗ проводятся структурно-геоморфологический, линеаментно-геодинамический анализы и комплексная интерпретация результатов дешифрирования на основе накопленного геолого-геофизического материала [2, 3, 11, 16, 18], выделяются геодинамические активные зоны (ГАЗ).

При проведении АКГИ проводилось компьютерное космогеологическое (структурно-геологическое) дешифрирование (программы ArcGIS и ArcView фирмы ESRI) по методике, разработанной автором (рис. 1).

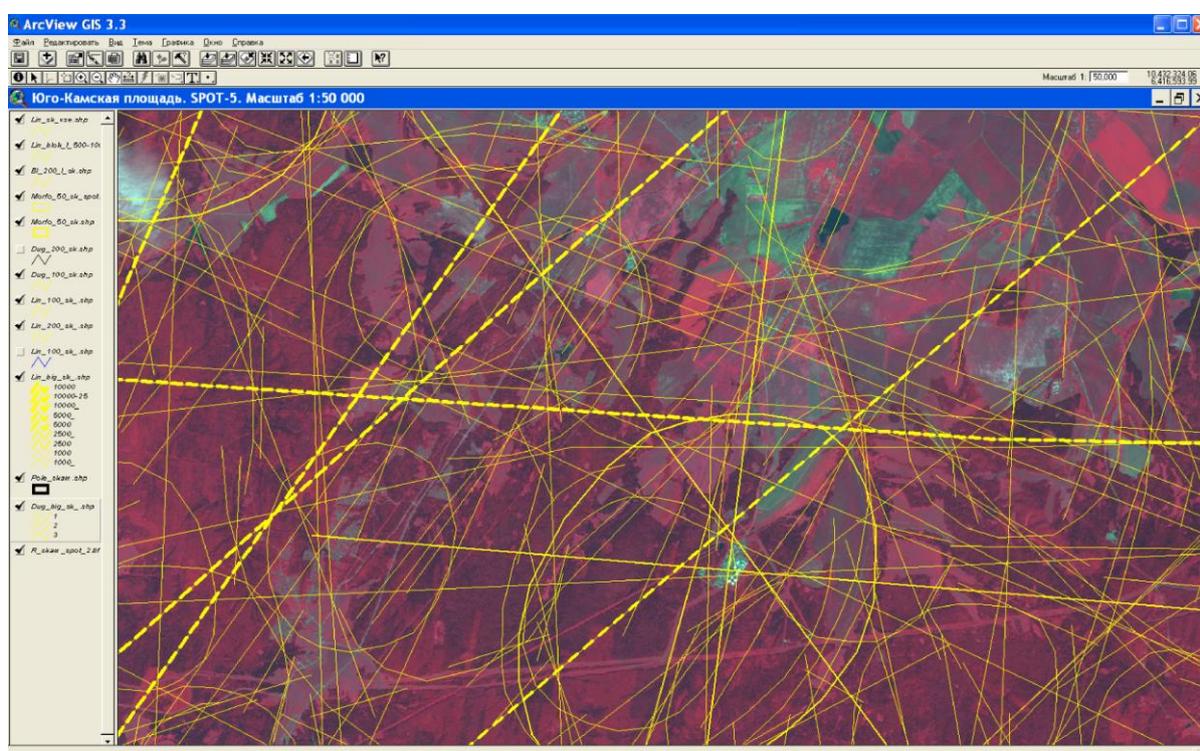


Рис. 1. Компьютерное дешифрирование КС SPOT-5

Методика заключалась в выявлении по характеру фотоизображения различно ориентированных линеаментов (субпрямолинейных индикаторов тектонических нарушений различной протяженности), картировании неотектонических блоковых структур и морфоструктур с последующим сопоставлением их с геолого-геофизическими материалами, с применением ГИС-технологий. Технологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) КС разного масштаба от мелкого – к крупному.

Для количественного анализа оценки геодинамической активности выполнялось построение поля плотности тектонических линеаментов (определенных рангов). Задача выполнялась в программном обеспечении ArcGIS ArcMap через модуль Spatial Analyst, инструмент Line Density (рис. 2).

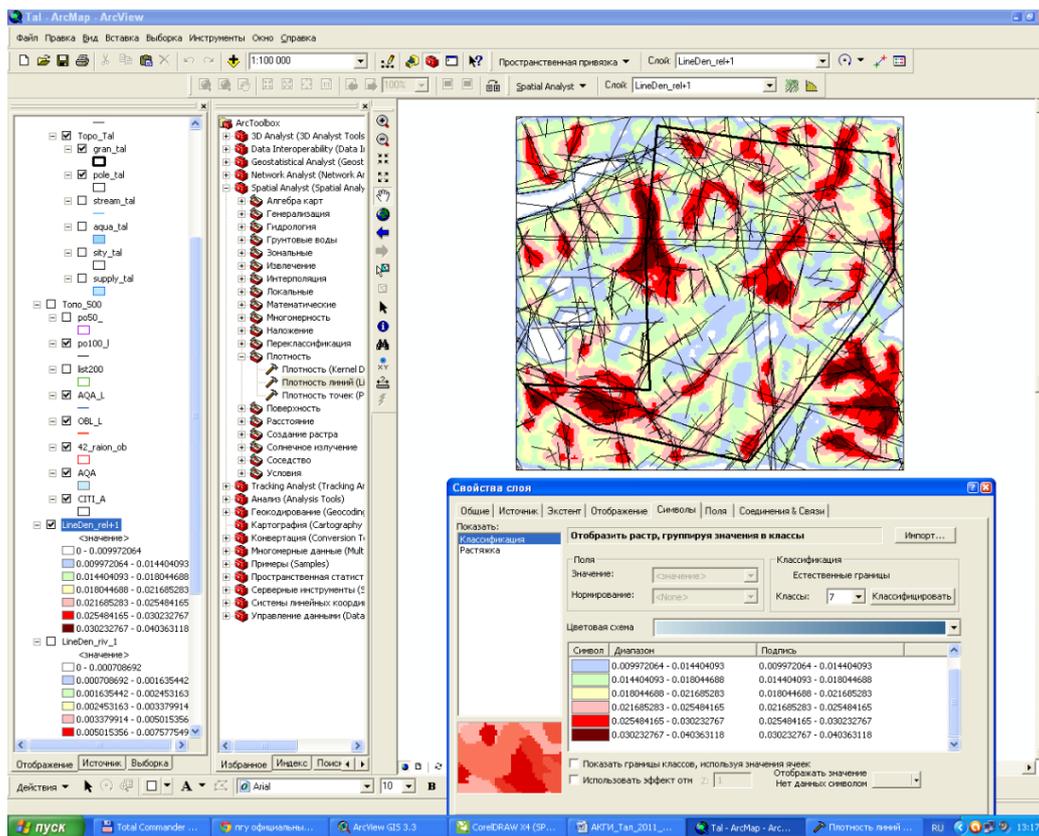


Рис. 2. Рабочее окно программы по проведению морфонеотектонического анализа (ArcGIS Spatial Analyst)

Рассчитывалась плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычислялась в единицах длины на единицу площади. В результате строилось поле плотности линеаментов. Количество классов значений плотности выбиралось в зависимости от статистических параметров (среднего арифметического –  $\bar{x}$  и стандартного отклонения –  $s$ ). Ранжирование геодинамической активности по неотектоническим показателям проводилось на 6 градаций с учетом баллов статистического распределения по их интенсивности: 1 балл  $< (\bar{x}-s)$ ; 2 балл  $(\bar{x}-s) - \bar{x}$ ; 3 балл  $\bar{x} - (\bar{x}+s)$ ; 4 балл  $(\bar{x}+s) - (\bar{x}+2s)$ ; 5 балл  $(\bar{x}+2s) - (\bar{x}+3s)$ ; 6 балл  $> (\bar{x}+3s)$ . Вполне уверенно предполагается, что они отражают соответственно различную степень геодинамической активности (от условно стабильной до условно очень высокоактивной).

По результатам АКГИ составлялись результирующие карты с разработкой их легенд, в масштабах, соответствующих задачам исследований: карты результатов аэрокосмогеологических исследований, неотектонических блоковых структур, геодинамических активных зон, комплексного анализа АКГИ и геолого-геофизических данных, объектов и участков, перспективных для поисков месторождений полезных ископаемых.

**Основные результаты исследований.** В результате проведенных исследований на основе дешифрирования современных КС отдешифрировано

около 52 тыс. прямолинейных линеаментов [10], различных систем простирания и таксономических рангов (рис. 3).

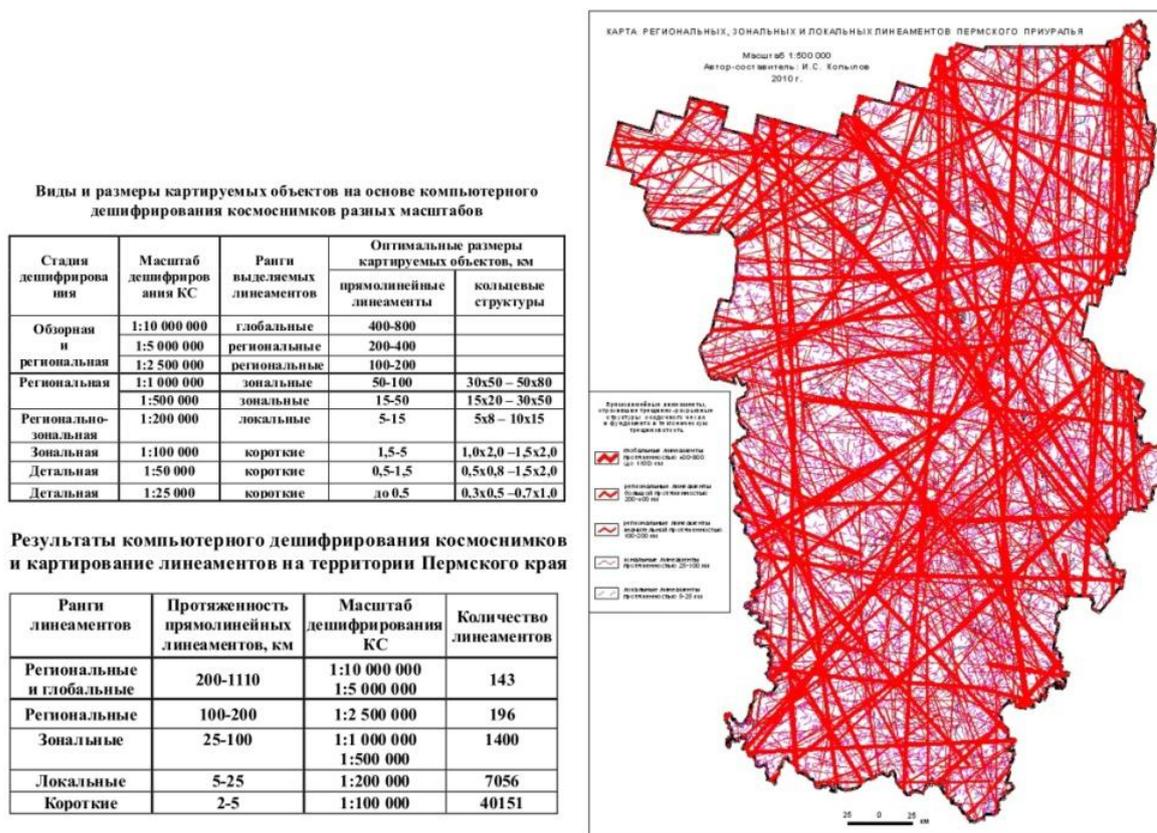


Рис. 3. Линеаментно-геодинамический анализ на основе ДЗЗ и АКГИ

Составлена аэрокосмогеологическая карта и ГИС-карта территории Пермского края масштаба 1:500 000 (рис. 4, 5), на которой отображены региональные и зональные линеаменты отождествляемые с тектоническими нарушениями фундамента и осадочного чехла, контролирующие месторождения нефти и газа, и систематизированы ландшафтные аномалии, отождествляемые с ловушками нефти и газа.

Закартировано в общей сложности 4,5 тыс. локальных ландшафтных аномалий (по материалам ранее проведенных и новым АКГИ), отображающих установленные и предполагаемые поднятия осадочного чехла, которые подразделены на 3 основные группы: 1) аномалии, отобразившие тектоно-седиментационные структуры облекания преимущественно позднедевонских рифов, 2) аномалии, отобразившие тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа, 3) аномалии, отобразившие поднятия различного генезиса. Все установленные локальные ландшафтные аномалии ранжированы по степени перспективности на нефть и газ с учетом новейшей геолого-геофизической информации. К наиболее перспективным ландшафтным аномалиям первой очереди отнесены 852 аномалии, второй очереди – 1710 аномалий. 360 аномалий пространственно совпали с контурами установленных месторождений нефти и газа. Сделаны рекомендации по дальнейшим

направлениям нефтегазопоисковых работ с предложениями по выбору участков для лицензирования [15, 16]. Сформирована картографическая и атрибутивная база данных, включающая все вышеперечисленные объекты.

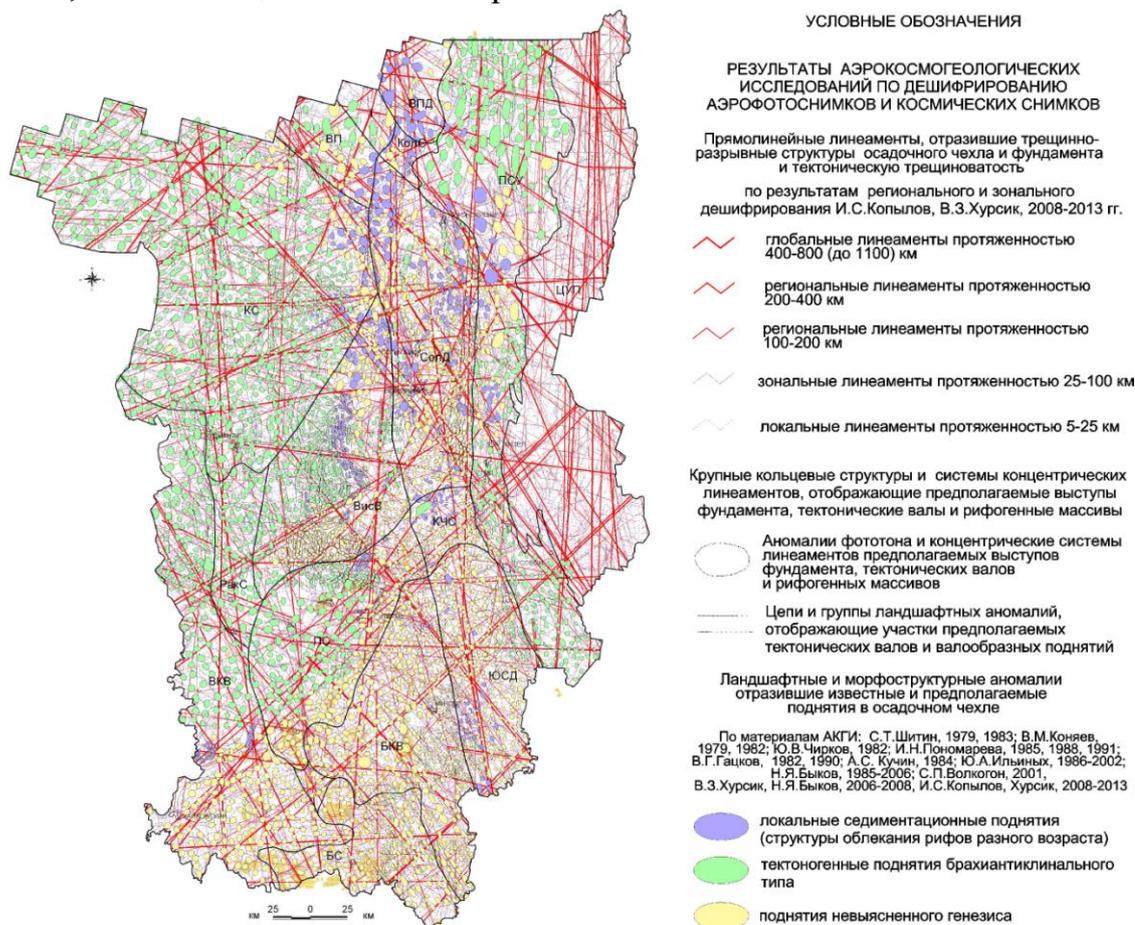


Рис. 4. Аэрокосмогеологическая карта территории Пермского края [13]

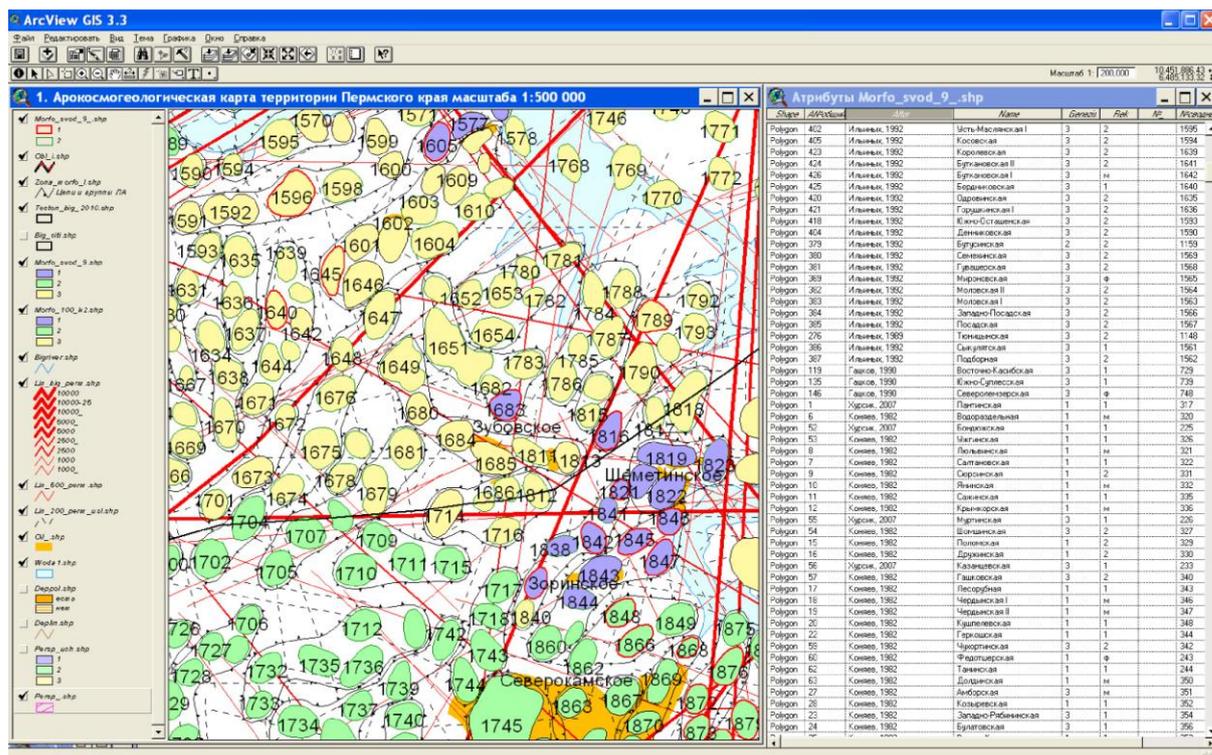


Рис. 5. Фрагмент аэрокосмогеологической ГИС-карты Пермского края и атрибутивной таблицы БД с перспективными участками на поиски нефти и газа

На основе комплексной обработки результатов АКГИ (тектонических линеаментов) выделены геодинамические активные зоны [8, 9, 17]. Всего на территории Пермского края по результатам АКГИ установлено 60 геодинамических активных зон с площадями от 50-200 до 1530 км<sup>2</sup> и построена карта геодинамических активных масштаба 1:500 000. Данная карта является хорошей основой для неотектонического прогноза нефтегазоносности зонального и локального уровней. Прослеживается ряд закономерностей, указывающих на прямую связь размещения скоплений УВ в зависимости от различных неотектонических критериев (коэффициенты плотности линеаментов и мегатрещин, вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа, извилистости и аномальных уклонов рек и др.). Проанализирован фонд локальных положительных структур Пермского края, каждая из структур оценена по неотектоническим показателям. Сформирована база геодинамических (неотектонических) данных.

**Заключение.** Ближайшие перспективы развития методов ДЗЗ в нефтепоисковой геологии связаны:

- с использованием цифровых КС высокого и среднего разрешения и компьютерных программ, позволяющих применять аналоги для генетического распознавания высокоперспективных объектов;

- в развитии пространственного морфонеотектонического, линеаментно-геодинамического и линеаментно-блокового анализов при комплексировании с геофизическими и геохимическими методами;

- с прогнозом нефтегазоносности глубоких горизонтов на основе геодинамической (неотектонической) модели нефтегенеза (находится в стадии разработки).

Геоинформационное обеспечение территории Пермского края материалами ДЗЗ и АКГИ на основе созданной базы данных с учетом неотектонических критериев нефтегазоносности может быть использовано для повышения эффективности проектирования нефтепоисковых работ и систем разработки залежей, а также при разработке комплексов мероприятий для повышения экологической и геодинамической безопасности недропользования включая наши предыдущие проекты [2-7] по геоинформационному обеспечению пространственного развития края.

### ***Библиографический список***

1. Гридин В.И. Структурное дешифрирование материалов дистанционного зондирования. ООО МИНГ им. И.М. Губкина, М., 1987. 99 с.

2. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 5-14.

3. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение системы инженерно-геологической и геоэкологической безопасности города

Перми // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2014. С. 56-78.

4. Копылов И.С. Районирование и оценка эколого-геодинамической опасности территории Пермского края на основе ГИС и ДЗЗ // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2010. С. 28-38.

5. Копылов И.С. Геоинформационно-картографические модели геоэкологических и инженерно-геологических условий Пермского края // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2011. С. 35-45.

6. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология геоинформационного картографирования геологической среды для создания ГИС-атласа «Геологическое строение и ресурсы недр Пермского края» // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 62-70.

7. Копылов И.С. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геоинформационное обеспечение // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2013. С. 34-40.

8. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Пермского Приуралья на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2010. № 10. С. 14-18.

9. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.

10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

11. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.

12. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

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. Аэрокосмогеологические исследования на трассах нефтегазопроводов для оценки инженерно-геологических условий и геодинамической активности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 157-162.

15. 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.

16. 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.

17. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в Атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

18. 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.

19. Корчуганова Н.И. Аэрокосмические методы в геологии. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244 с.

20. Космическая информация в геологии / Коллектив авторов. Гл. ред. А.В. Пейве, А.В. Сидоренко, А.Л. Яншин. М.: Наука, 1985. 536 с.

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ БИОМАРКЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ДИВЬИНСКОЙ СВИТЫ РАЗРЕЗА КАМАЙСКИЙ ЛОГ

*Освещена методика изучения органического вещества пород дивьинской свиты разреза Камайский лог и его геолого-геохимической интерпертация с помощью биомаркеров. Установлены тип и условия накопления исходного органического вещества, условия среды в раннем диагенезе, степень биodeградации и тип гипотетически образуемой нефти.*

*Ключевые слова: биомаркеры, дивьинская свита, органическое вещество.*

## METHODOLOGICAL APPROACH TO THE APPLICATION OF BIOMARKERS ON THE EXAMPLE OF DIVYINSKAYA FORMATION IN THE CUT KAMAISKY LOG

*The article is devoted to methodology of the organic matter of Divyinskaya formation study and its' geological and geochemical interpretation using biomarkers. The type and conditions of accumulation of initial organic matter, environmental conditions during early diagenesis, the degree of biodegradation and type of formed oil are fixed.*

*Keywords: biomarkers, Divyinskaya formation, organic matter.*

### **Введение**

Хемофоссилии (биомаркеры) – это ископаемые биомолекулы и их опознаваемые фрагменты, находящиеся в осадочных породах и горючих ископаемых. В нефти и органическом веществе (ОВ) обнаружено и идентифицировано более 600 биомаркеров, широко используемых для всевозможных геохимических интерпретаций [4].

### **Методика и результаты**

Методика проведения биомаркерного анализа зависит от поставленных задач и наличия и содержания тех или иных биомолекул в ОВ пород, и обычно состоит из нескольких этапов:

- отбор образцов горных пород;
- экстракция фракций ОВ;
- изучение молекулярного состава фракций;
- анализ биомаркерных соотношений;
- геолого-геохимическая интерпретация.

С помощью биомаркерного анализа в работе решаются такие задачи, как:

- реконструкция состава исходного для нефти органического вещества и

условий его накопления;

- характеристика условий окислительно-восстановительной среды раннего диагенеза;

- определение стадии катагенетического преобразования органического вещества пород;

- определение степени биodeградации;

- типизация гипотетически образуемой нефти.

Исходным материалом для анализа послужили образцы пород дивьинской свиты, отобранные с разных уровней разреза Камайского лога (расположенного в Кунгурском районе Пермского края) (табл. 1), из которых были экстрагированы битумоиды, тяжелые смолы и асфальтены. Породы представлены глинистыми известняками и мергелями [1, 3]. Для биомаркерного анализа использованы содержания в ОВ н-алканов  $C_{12}$ - $C_{32}$ , изоалканов  $C_{18}$ - $C_{20}$ , серы, ванадия и никеля.

Таблица 1

Интервалы отбора образцов пород «дивьинской» свиты

№ обр.	№ слоя	Мощность слоя, м	Интервал отбора от подошвы слоя, м
бг	4	1,5	1,4
бв			1,3
бб			0,65
ба			0,25
5г			0,13
5в	3	1,5	1,45
5б			1,35
5а			0,9
4в			0,5
4б	2	2,8	1,6
4а			1,23
3б			1
3а			0,5
2			0

Часто пишут о «морском» или «континентальном» типе ОВ и соответственно «морских» и «континентальных» нефтях, хотя нужно иметь в виду преимущественное участие ОВ высших или низших растений, т. к. иногда в отложениях морского генезиса отмечаются остатки гумусового ОВ и, наоборот, в континентальных озерных отложениях – значительная примесь сапротелевой составляющей.

При геохимической интерпретации часто используется распределение н-алканов в средних фракциях ( $C_{12}$ - $C_{32}$ ) (рис. 1-3). В зависимости от типа исходного ОВ могут преобладать либо «нечетные» УВ  $C_{15}$ ;  $C_{17}$  (остатки фитопланктона), либо «нечетные»  $C_{29}$ - $C_{31}$  (высшая растительность и/или бактерии).

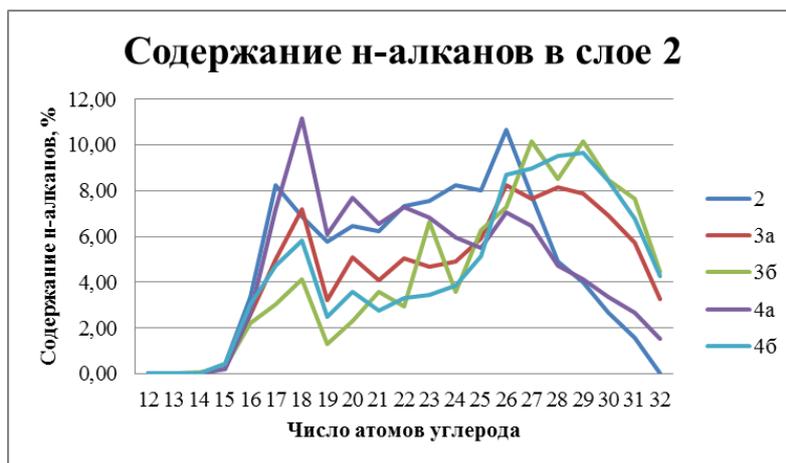


Рис. 1. Распределение n-алканов в слое 2



Рис. 2. Распределение n-алканов в слое 3

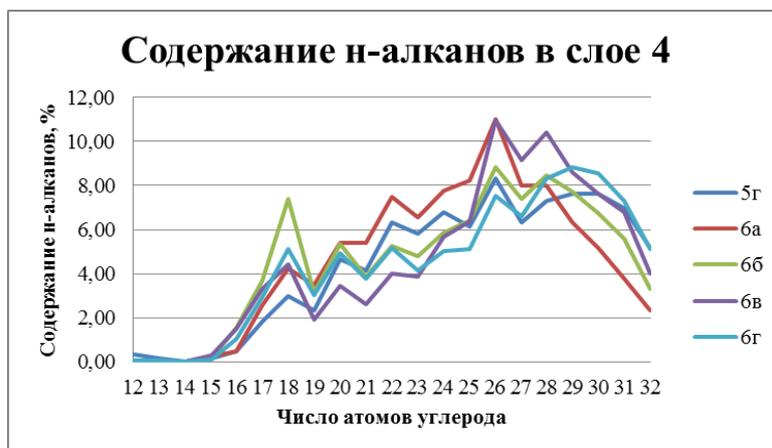


Рис. 3. Распределение n-алканов в слое 4

Различие углеводородного состава нефтей, образовавшихся из «морского» и «континентального» органического вещества, связывают также и с особенностями окислительно-восстановительной обстановки на начальной стадии фоссилизации ОВ (ранний диагенез): восстановительной в первом случае и окислительной во втором.

Наиболее распространенный индикатор среды раннего диагенеза – отношение пристана к фитану (Pr/Ph). В относительно окислительных условиях

изопреноидный непредельный спирт фитол окисляется до фитеновой кислоты, которая затем восстанавливается до пристана. В случае анаэробной восстановительной среды из фитола образуется дигидрофитол, который переходит в фитан. Также позволяет оценить окислительно-восстановительную обстановку в раннем диагенезе соотношение металлов в нефтях. Наиболее пригодны для этого два металла – никель (Ni) и ванадий (V). Эти металлы входят в состав порфиринов, которые с увеличением зрелости подвергаются некоторым изменениям, однако количество порфиринов обычно относительно мало и не влияет на возможность использования соотношения V/Ni. Содержание ванадия и никеля коррелируется с концентрацией в нефти серы, как правило, повышенные содержания ванадия отмечаются в высокосернистых нефтях (табл. 2) [5].

Таблица 2

Определение условий окислительно-восстановительной среды раннего диагенеза по соотношениям Pr/Ph и V/Ni

№ обр.	Pr/Ph	V/Ni	Содержание S, %
6г	0,42	2,80	0,12
6в	0,59	5,37	0,11
6б	0,48	4,19	0,16
6а	0,35	29,55	0,16
5г	0,27	-	0,32
5в	0,29	6,99	0,76
5б	0,22	8,41	0,43
5а	0,51	6,53	0,32
4в	0,32	8,27	0,36
4б	0,52	17,56	0,18
4а	0,40	19,12	0,36
3б	0,63	4,22	0,16
3а	0,51	9,32	0,21
2	0,65	6,69	0,35

В настоящее время геохимии выделяют по составу и строению УВ «молодое» и «зрелое» органическое вещество. Как показатель зрелости часто рассматривают т. н. показатель «нечетности» n-алканов. Для определения стадии катагенетического преобразования ОВ пород в данной работе используются отношение, предложенное Д.Т. Филлипи и коэффициент CPI (табл. 3).

Эти индексы сводятся к числовому представлению преобладания «четных» над «нечетными» n-алканами в конкретном диапазоне углеродной цепи. Значения этих коэффициентов изначально больше 1, но с увеличением зрелости они будут стремиться к 1. Процесс разрушения нефти в залежи микроорганизмами, в большей степени бактериями, называется биодеградацией, или микробиологическим окислением нефти. Этот процесс происходит в зоне гипергенеза [4].

Таблица 3

Определение стадии катагенетического преобразования ОВ пород  
по соотношениям некоторых УВ

№ обр.	2	3а	3б	4а	4б	4в	5а	5б	5в	5г	6а	6б	6в	6г
$2C_{29} / (C_{28} + C_{30})$	1,06	1,05	1,19	1,03	1,08	1,15	1,14	1,24	1,14	1,02	0,96	1,02	0,95	1,05
СРІ	0,99	0,99	1,18	1,00	0,97	1,09	1,09	1,13	1,12	0,93	0,91	0,96	0,92	0,95

Для определения биодegradации нефти битумоида ОВ можно использовать т.н. коэффициенты изопреноидности – отношение н-алканов к изопреноидным (табл. 4). Чем меньше данные отношения, тем интенсивнее микробиальная трансформация ОВ и тем выше степень биодegradации.

Таблица 4

Определение стадии биодegradации ОВ пород по соотношениям некоторых УВ

№ обр.	$n-(C_{17} + C_{18})/i-(C_{19} + C_{20})$	$n-C_{17}/i-C_{19}$	$n-C_{18}/i-C_{20}$
6г	0,09	0,11	0,08
6в	0,09	0,10	0,08
6б	0,12	0,13	0,12
6а	0,07	0,10	0,06
5г	0,05	0,09	0,04
5в	0,08	0,13	0,07
5б	0,09	0,13	0,08
5а	0,20	0,25	0,18
4в	0,12	0,20	0,09
4б	0,12	0,15	0,10
4а	0,20	0,28	0,17
3б	0,08	0,09	0,08
3а	0,14	0,17	0,12
2	0,17	0,23	0,13

Наиболее наглядный и универсальный способ определить условия накопления исходного ОВ – график Кеннона–Кессоу (рис. 4). По ординате откладывается отношение пристан/н-С<sub>17</sub>, по абсциссе – фитан/н-С<sub>18</sub> в логарифмическом масштабе. Квадрат по диагонали разделен пополам на две области: 1) ОВ морского генезиса, где накапливается преимущественно сапропелевое ОВ и 2) континентального, где большая доля гумусового ОВ. Внутри этих областей имеется дробное деление на типы по условиям осадконакопления: морское ОВ подразделяется на мелководное морское и глубоководное, а в континентальном выделяются наземный, озерно-болотный, прибрежный и лагунный типы ОВ. Два последних типа сложены смешанным ОВ. На графике учитывается также степень зрелости нефти и/или ОВ, которая возрастает к началу координат, и биодegradации, которая увеличивается в противоположном направлении [2].

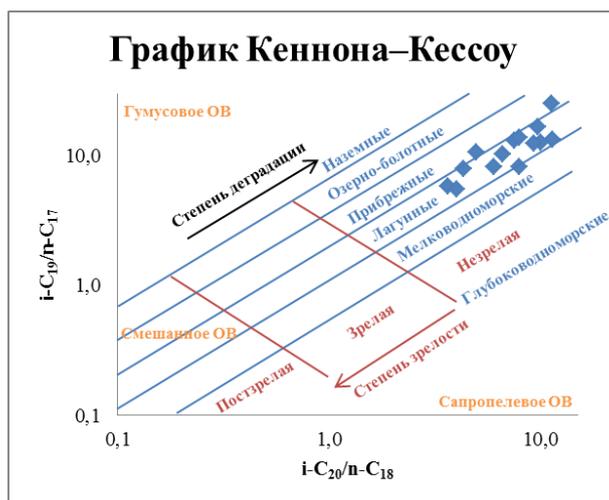


Рис. 4. График Кеннона–Кессоу для образцов пород «дивьинской» свиты

### Заключение

В результате биомаркерного анализа ОВ пород дивьинской свиты установлено: ОВ пород имеет смешанный гумусо-сапропелевый состав и образовалось в лагунной фациальной обстановке, в карбонатных и глинистых породах; ранний диагенез ОВ характеризовался слабо- и умеренно-восстановительной средой; ОВ незрелое, не достигшее или не прошедшее стадию катагенеза; ОВ подверглось значительной микробальной трансформации.

Также можно предположить, что если дивьинская свита была нефтегазоматеринской, то продуцируемая нефть относилась к геохимическому типу Б, для которого характерны:

- генетическая связь с гумусо-сапропелевым ОВ умеренно-восстановительных условий;
- смешанный состав, аналогичный составу ОВ;
- бимодальное распределение n-алканов; интенсивность пиков определяемая вкладом гумусовой и сапропелевой составляющих;
- малая и средняя сернистость; средняя смолистость [6].

### Библиографический список

1. Геология Предуралья (геология, геохимия и геофизика УНБ «Предуралье») / Г.Ю.Пономарева [и др.]; под ред. Г.Ю.Пономаревой Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т. 2017. 216 с.
2. Гусева А.Н., Лейфман И.Е., Вассоевич Н.Б. Биогеохимия нефти. М.: Наука. 1976.
3. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 130 с.
4. Петров А.А. Геохимическая типизация нефтей /А.А. Петров // Геохимия. 1994. №6. С. 876–891.
5. Соболева Е.В., Гусева А.Н. Химия горючих ископаемых. М.: Изд-во МГУ, 2010. 312 с.
6. Супруненко О. И., Тугарова М.А. Геохимия нафтидов. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2002. 130с.

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛИН И РОССЫПЕЙ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

*Рассмотрены основные этапы формирования долин и россыпей на западном склоне Среднего Урала.*

*Ключевые слова: золото, россыпи, долины, Средний Урал.*

V.A. Naumov<sup>1</sup>, S.B. Kovrizhnykh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Natural Sciences Institute, Perm State University

<sup>2</sup> Perm State University

## THE MAIN FEATURES OF THE FORMATION OF VALLEYS AND PLACERS ON THE WESTERN SLOPE OF THE MIDDLE URALS

*The main stages of the formation of valleys and alluvial deposits on the Western slope of the Middle Urals are considered.*

*Keywords: gold, placers, valley, Middle Urals.*

В истории развития экзогенных процессов на Урале в мезозой-кайнозойское время и связанными с ней условиями формирования золотоносных россыпей определен ряд тектоно-климатических этапов [9]. Каждый этап отличает своеобразное сочетание тектонической обстановки протекания геологических процессов и климатических условий [1]; специфика протекания процессов высвобождения золота из первичных руд и образование россыпных концентраций золота; определенный набор характерных этапов генетических и морфологических разновидностей россыпей; типичные закономерности их пространственного размещения, в том числе мелких и тонких зерен золота и других ценных минералов [3, 4, 6].

**Ранний мезозой (триас)** отличался как период интенсивных тектонических движений на завершающем этапе герцинского этапа орогенеза. Эрозионно-денудационная деятельность выражалась в механическом разрушении и выносе материала. Физическое выветривание существенно преобладало над процессами химического выветривания. Высвобождение полезного компонента из коренных пород было неполное, сохранялись сростки золота с первичным материалом, по механизмам высвобождения металла, описанным Ю.В. Шумиловым [10]. Повышенные концентрации золота не формировались. Среднее содержание золота в терригенных толщах нижнего мезозоя близко по значениям к его среднему содержанию в размываемых

коренных источниках.

**В позднем мезозое** на Урале преобладали условия тектонической стабильности территории и гумидный климат. Они обеспечили преобладание процессов химического выветривания. Это привело к интенсивному корообразованию, формированию пенепленов с весьма совершенной механической дифференциацией осадков.

В условиях влажного климата и интенсивного химического выветривания создались благоприятные условия для выработки эрозионных сетей. Их заложение предопределили зоны развития наименее устойчивых к экзогенным процессам комплексов пород. Речная сеть была заложена в тектонически ослабленных высоко-проницаемых зонах разломов, тектонических надвигов, уступов и иных дислокаций; зонах литологических и стратиграфических контактов, представленных различными по физическим свойствам комплексами пород – участками развития карбонатных, терригенных и сланцевых толщ.

Распределение линейно ослабленных зон было подчинено меридионально вытянутым герцинским структурам Урала. Поэтому первичная поздне-мезозойская речная сеть начала по ним формироваться и имела субпараллельную им меридиональную ориентировку (рис. 1).

В пределах тектонически ослабленных зон были созданы благоприятные условия для поступления рудного вещества. Поэтому эти зоны часто пространственно совпадают с зонами развития коренного золото-платинового оруденения. Они же, в свою очередь, были благоприятными зонами для формирования отрицательных структур и в их пределах образовались структурно-эрозионные депрессии (СЭД).

В результате механического выноса и химического разложения пород, речной эрозии и склоновых процессов происходила механическая и физико-химическая дифференциация осадков. СЭД заполнялись поздне-мезозойскими терригенными комплексами генетического ряда от элювия до аллювия. В этих условиях формировались россыпи аллювиального и склонового рядов. СЭД консервировали в себе комплексные золото-платиновые россыпи. Из-за значительной продолжительности этих процессов в пределах мезозойских СЭД было накоплено значительное количество высвобожденного металла.

**В кайнозое**, особенно в плиоцен-четвертичное время, при относительно стабильном тектоническом режиме был уменьшен базис эрозии. Области неустойчивых к экзогенным процессам комплексов пород разрушались в основном за счет склоновых процессов и боковой эрозии. Это привело к формированию поперечных (по отношению к Уралу) долин. При переуглублении СЭР и образовании аккумулятивно-эрозионных террас поперечных (к основным структурам Урала) долин в эволюции речной сети начал доминировать речной перехват.

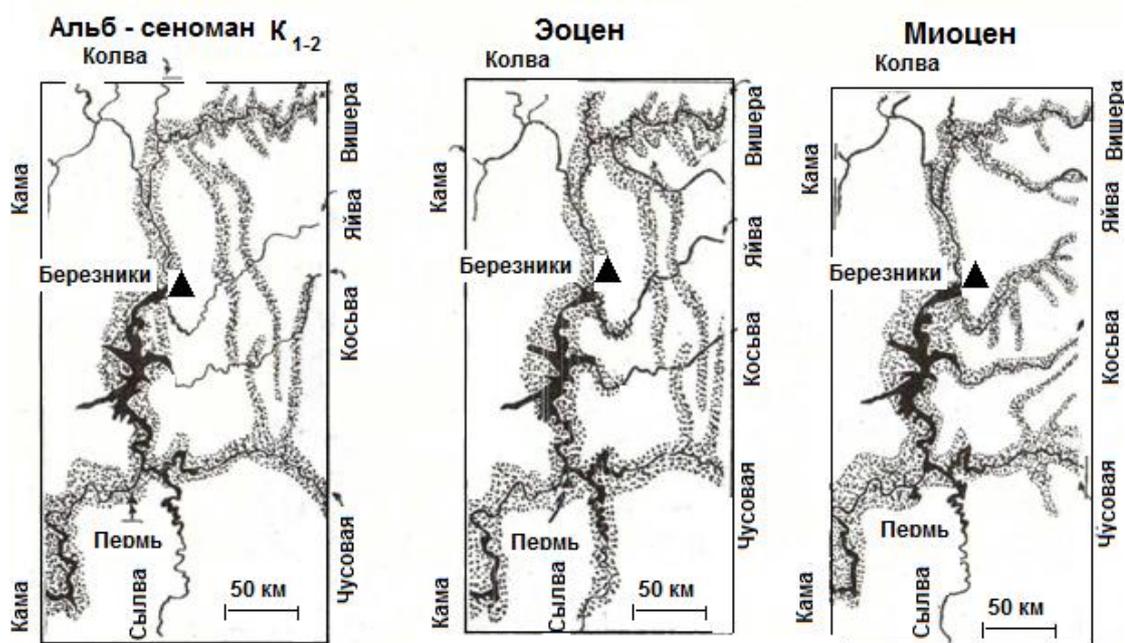


Рис. 1. Позиция речных долин на Западном Урале в постгерцинское время (по материалам Шуба и др. [8]; [5]). Речные долины показаны точками

В продольных и поперечных долинах, в случае, когда мезозойские отложения подвергались размыву, происходило переотложение полезных компонентов и накопление их в молодых толщах палеоген-неоген-четвертичного возраста. С этими молодыми комплексами часто связано образование промышленных россыпей. Такие россыпи, связанные с поперечными долинами, пространственно совпадают с Восточной зоной, являющейся продолжением Чусовской структурно-эрозионной депрессии. Плиоцен-четвертичные россыпи (рр. Вильва, Сред. и Сев.Рассоха, Бол. и Мал. Шалдинка) – Промысловско-Кушвинская группа – отличаются хорошей сортировкой золота и платины по крупности, установлены в современных долинах Горнозаводского района [7].

Широко развиты россыпи продольных и поперечных долин в Красновишерском районе – Велсовско-Улсовская группа россыпей (рр. Сред. и Верх. Велсовские, Посьмака, Сурьи-Казанской, Рассохи и др.). Они также находятся в генетической связи с мезозойскими структурно-эрозионными депрессиями и коренными источниками.

На территории Пермского края известен ряд мезозойских структурно-эрозионных депрессий (Чусовская, Пашийско-Кусьинская, Вишерско-Висимская, Чикман-Нярская, Акчимская, Ильявожская, Войская и Колчимская). Значительная часть из них содержит алмазные концентрации [2]. Наиболее перспективными для обнаружения комплексных золото-платиновых россыпей являются Чусовская и Вишерско-Висимская СЭР.

Среди широко распространенных на Западном Урале кор выветривания линейного и площадного типа в пределах депрессионных зон широко было распространено мелкое и тонкое золото [3, 4, 6]. Такое золото из россыпеобразующих и высвобожденное золото из нероссыпеобразующих

формаций в результате физико-химических процессов переноса и переотложения могло укрупняться и осаждаться в межзерновом пространстве обломочных образований и на разнообразных геохимических барьерах [7]. Вторичные процессы разложения и переотложения золота в зонах развития кор выветривания (например, долина р. Саменки) приводили к заметному укрупнению золота среди отложений кор выветривания.

Механическая дифференциация и перемыв глинистого материала кор выветривания приводил к формированию локально обогащенных линз и зон грубообломочного материала аллювиальных россыпей, подвешенных над зонами развития кор выветривания. Таким образом, было обеспечено многообразие генетических типов россыпей и их распространение в разных морфологических условиях.

### **Библиографический список**

1. Баранников А.Г. Научное наследие Анатолия Павловича Сигова, его значение на современном этапе при прогнозной оценке площадей на благороднометалльное оруденение на Урале // *Известия Уральского государственного горного университета. УГГУ. Екатеринбург, 2015. С. 34-48.*

2. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 130 с.

3. Лунев Б., Наумов В.А. Мелкое золото — главное золото нашей планеты // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2000. С. 50.*

4. Лунев Б.С., Наумов В.А., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы в аллювии // *Горный журнал. Известия высших учебных заведений. Екатеринбург, 2003. № 6. С. 53-56.*

5. Лунев Б.С., Наумова О.Б., Наумов В.А. Атлас форм рельефа. Природные и техногенные формы. Пермь, 2003. 272 с.

6. Наумов В.А., Лунев Б.С., Наумова О.Б. Мелкие ценные минералы россыпей // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия Естественные науки. Ростов-на-Дону, 2010. № 4. С. 123–126.*

7. Наумов В.А., Силаев В.И., Чайковский И.И., Мальцева М.В., Хазов А.Ф., Филиппов В.Н. Золотоносная россыпь на реке Большой Шалдинке на Среднем Урале. Пермь, 2005. 92 с.

8. Палеогеоморфологический атлас СССР. Карты палеорельефа и коррелятных отложений / Гл. ред. А. В. Сидоренко. М., 1983.

9. Сигов А.П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. М.: Недра, 1969. 269 с.

10. Шумилов Ю.В. Континентальный литогенез и россыпеобразование в криолитозоне. Новосибирск: Наука, 1986. 172 с.

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ  
РАЗРАБОТКИ ВЕРХНЕЧОНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Рассмотрены геологические, гидрогеодинамические условия и текущее состояние разработки Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения*

*Ключевые слова: геологическое строение, состояние разработки, Верхнечонское нефтегазоконденсатное месторождение*

**A.O. Nedosugov**  
PJSC «Verkhnechonskneftegaz», Irkutsk

**GEOLOGICAL AND HYDRO-GEODYNAMIC CONDITIONS  
THE DEVELOPMENT OF VERKHNECHONSKOYE OIL AND GAS  
CONDENSATE FIELD**

*Geological, hydro-geodynamic conditions and current state of development of the Verkhnechonskoye oil and gas condensate field is considered.*

*Key words: geological structure, state of development, the Verkhnechonskoye oil and gas field*

**Введение**

Верхнечонское нефтегазоконденсатное месторождение (ВЧНГКМ) – одно из крупнейших в Восточной Сибири. Расположено в Катангском районе Иркутской области, примерно в 1000 км севернее г. Иркутска (рис.1). Извлекаемые запасы нефти – 201,6 млн т, газа – 95,5 млрд м<sup>3</sup>. Месторождение открыто в 1978 г., введено в эксплуатацию с марта 2006 г. В 2007 г. в построен нефтепровод от Верхнечонского месторождения до места врезки в магистральный трубопровод Восточная Сибирь – Тихий Океан (ВСТО). В 2007-2008 гг. на месторождении проводилась пробная закачка воды. Промышленная разработка начата с сентября 2008 г., формирование системы поддержания пластового давления (ППД) ведется с июня 2009 г. [2, 6, 8].

**Геологическое строение**

Верхнечонское месторождение расположено в пределах Непско-Ботуобинской НГО в составе Лено-Тунгусской НГП. В тектоническом отношении приурочено к Верхнечонскому поднятию Непского свода Непско-Ботуобинской антеклизы. Характеризуется повышенной геодинамической активностью с многочисленными тектоническими нарушениями [3, 4, 8].

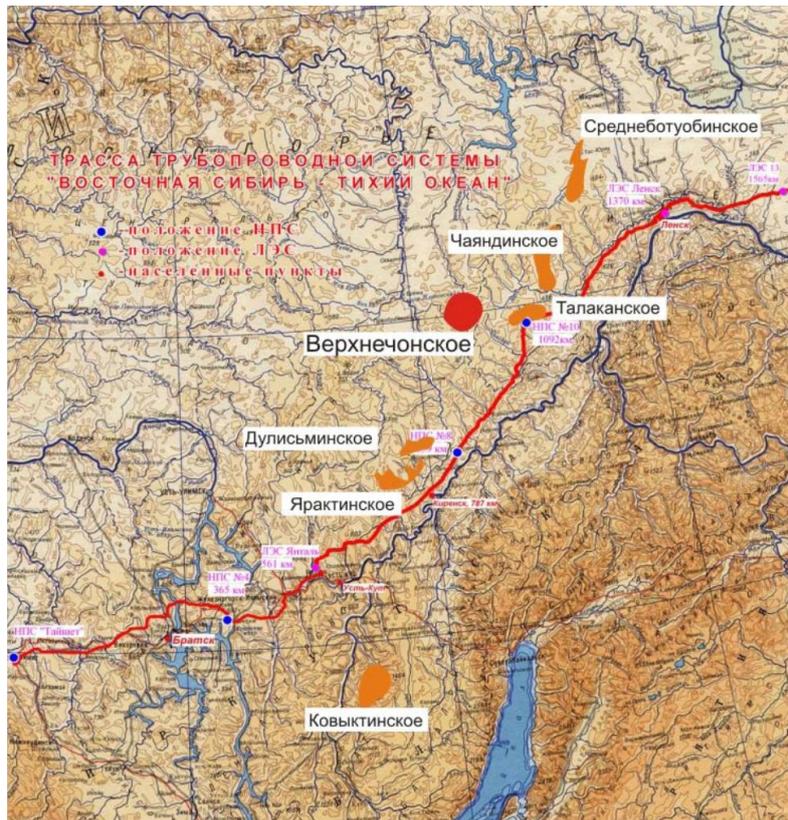


Рис.1 Обзорная схема района работ

Месторождение многопластовое, по степени геологического строения сложное [2], за счет наличия системы тектонических нарушений, разбивающих структуру на значительное количество блоков, к девяти из которых приурочены залежи нефти и газа, а также высокой степени невыдержанности продуктивных пород и наличия обширных зон замещения их глинами, плотными породами и засолением. В настоящее время на месторождении выделено девять блоков, которые объединяют в себе 18 залежей (рис. 2).

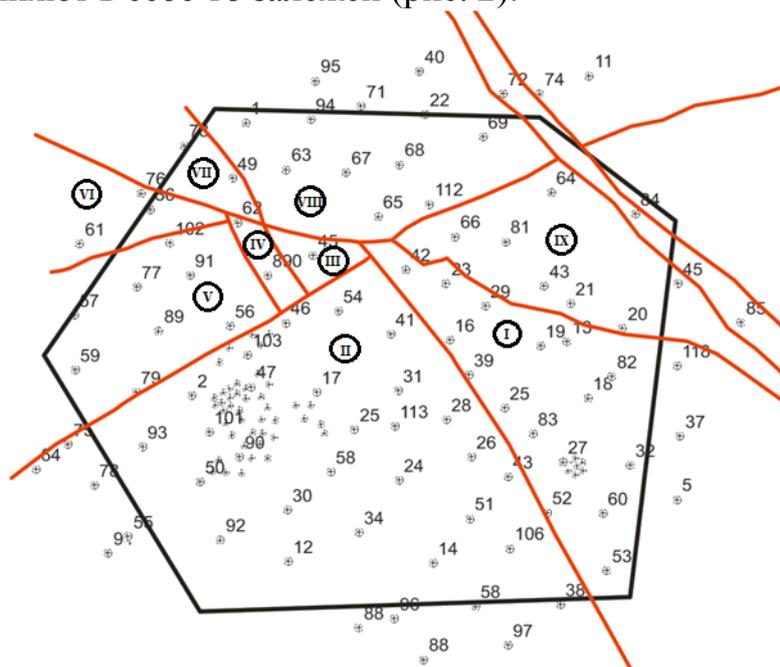


Рис.2 Схема разломов на ВЧНГКМ

Промышленная нефтегазоносность на месторождении связана с песчаниками нижнемотской подсвиты (верхнечонские пласты Вч<sub>1</sub>, Вч<sub>2</sub>, Вч<sub>1</sub>+Вч<sub>2</sub>), карбонатами среднемотской подсвиты (преображенский пласт Пр), карбонатами усольской свиты (осинский горизонт – пласт Ос). Разработка ведется только верхнечонскому горизонту, преображенский и осинский горизонты в разработку не вовлечены. По состоянию изученности месторождения на 01.01.14 г. выявлено и поставлено на баланс 17 залежей нефти и газа, из них 10 в песчаниках верхнечонского горизонта, 3 в доломитах преображенского горизонта, 4 в карбонатах осинского горизонта. Залежи пластовые, тектонически и литологически экранированные, из них 7 - нефтяных, 6 - газонефтяные и 4 – газоконденсатные

#### **Характеристика текущего состояния разработки**

По состоянию на 01.01.2015 г. значения основных технологических показателей разработки месторождения определяются объектом Вч, доля объекта Пр в общей добыче нефти составляет менее 0,1 %. Разбуривание велось в I; II; V и VIII блоках месторождения, соответственно, в зонах раздельного залегания пластов Вч<sub>1</sub> и Вч<sub>2</sub>, и совместного – Вч<sub>1+2</sub>. В настоящее время ведется эксплуатация пласта Вч<sub>1+2</sub> (блок II; V и VIII) и пласта Вч<sub>2</sub> (блок I). По состоянию на 01.01.2015 г. с начала разработки на месторождении добыто 31923,6 тыс. т нефти. Текущий КИН равен 0,056. Отбор от НИЗ – 18,3 %. Накопленный отбор нефти, приходящийся на одну скважину, принимавшую участие в добыче углеводородов, составил 89,4 тыс. т нефти. В 2014 году при среднем дебите жидкости 126,7 т/сут и обводненности продукции 17,2 % средний дебит нефти составил 104,8 т/сут. В 2014 году было введено 52 новых скважин (в т.ч. 36 нагнетательных в отработке).

По способу эксплуатации, действующие добывающие скважины объекта Вч распределяются следующим образом: 28 скважин эксплуатируются фонтанным способом, 228 скважин оборудованы ЭЦН. До 2010 г. все скважины, за исключением № 1004, эксплуатировались фонтанным способом. В начале промышленной разработки объекта, в условиях формирующейся системы ППД и высокой продуктивности скважин, фонтанный способ является наиболее оптимальным. Быстрый рост отборов на начальном этапе разработки привел бы к резкому снижению пластового давления, а при существующем давлении насыщения, величина которого соответствует начальному, способствовал бы разгазированию нефти и необратимому снижению фазовой проницаемости пласта по нефти. По мере формирования системы поддержания пластового давления (ППД) и повышения компенсации отборов закачкой скважины переводились на механизированный способ добычи со средним темпом 32 скважины в год. Перевод на механизированную добычу позволил повысить добычу по базовому фонду за счет работы скважин на оптимизированных режимах. Эксплуатация скважин с использованием ЭЦН хорошо зарекомендовала себя при разработке залежей объекта Вч, поскольку обеспечила реализацию потенциала скважин при среднем межремонтном периоде 1717 сут. и среднем числе отказов 32 шт. за скользящий год. Среднее значение забойного давления на 01.01.2015 по механизированным скважинам –

84,7 атм., минимальное – 28,6 атм., максимальное – 146,9 атм.; среднее значение забойного давления по фонтанирующим скважинам – 139,4 атм., минимальное – 130,6 атм., максимальное – 152,1 атм. Величина обводненности подавляющего большинства скважин (208 скважин или 80,9 %) не превышает 10 %, причем более 41 % этих скважин эксплуатируются с дебитами по нефти более 100 т/сут. Обводненность остальных 49 скважин (это 19,1 % фонда) изменяется довольно значительно – от 10,8 % до 99,6 %, как и их дебиты – от 0,5 т/сут до 385,3 т/сут. Доля низкопродуктивных скважин (с дебитами по нефти менее 10 т/сут) невысока – около 2 %. Аналогично распределены скважины по дебитам жидкости и обводненности.

На 01.01.2015 в нагнетательном фонде верхнечонского объекта - 98 скважин, из них под закачкой 95 и 1 скважина в бездействии. Еще 1 скважина находится в освоении и 1 переведена в пьезометр по технологическим причинам. Для закачки используется пресная и подтоварная вода.

Состояние выработки запасов нефти в целом по объекту можно охарактеризовать как удовлетворительное. Разработка нефтяных залежей осуществляется при смешанном режиме, при их эксплуатации отмечается действие нескольких источников энергии – энергия растворенного газа, газа газовой шапки и закачиваемой воды. Чтобы избежать дальнейшего роста газовых факторов необходимо текущее пластовое давление поддерживать на уровне первоначального. В настоящее время эта задача решается с помощью системы ППД и от того насколько она эффективна зависит и эффективность всего процесса разработки объекта.

Анализ результатов исследований профилей приемистости выявил следующие проблемы: неполный охват пластов заводнением (процессом вытеснения охвачено чуть более 55 % перфорированного разреза); неравномерность распределения объемов закачки по принимаемому разрезу пласта. Таким образом, одним из главных условий дальнейшего повышения эффективности заводнения залежей являются мероприятия в нагнетательных скважинах по выравниванию профилей приемистости и ограничение движения воды по каналам с низким фильтрационным сопротивлением, что позволит более рационально использовать ее энергию для вытеснения нефти.

#### **Характеристика отборов нефти, жидкости, закачки и обводненности**

На месторождении выделены три эксплуатационных объекта: Верхнечонский (Вч), Преображенский (Пр) и Осинский (Ос). Объект Вч находится в промышленной эксплуатации, на объекте Пр ведутся опытно-промышленные работы, объект Ос в разработку не введен. Забор воды для закачки производится из отложений верхоленской свиты верхне-среднекембрийского водоносного комплекса. Динамика добычи нефти и жидкости и объемов закачки растущая. Максимум приходится на 2014 г. Месторождение находится в стадии разбуривания. С 2009 года на месторождении пробурено 360 эксплуатационных скважин, из них только за последний год – 54 скважины и бурение продолжается. Проектный фонд реализован на 41 %. Согласно утвержденному варианту разработки добыча нефти, жидкости и объемы закачки продолжают расти.

На сегодняшний день на месторождении одновременно с добычей нефти и попутного газа осуществляется отбор прорывного газа из газовой шапки и конденсата. В 2014 г. добыча прорывного газа составила 300 млн. м<sup>3</sup>, конденсата 11 тыс.т. Накопленная добыча газа из газовой шапки и конденсата равна, соответственно, 1074 млн. м<sup>3</sup> и 37 тыс.т. В 2006 – 2007 гг. добыча нефти осуществлялась эпизодически единичными скважинами, вводимыми в освоение, и только с конца сентября 2008 года объект Вч<sub>1+2</sub>Верхнечонского месторождения введен в промышленную эксплуатацию. Средний дебит жидкости и нефти составил, соответственно, 126,7 т/сут и 104,8 т/сут.

Закачка воды на Верхнечонском месторождении проводилась с 2007 г. одной скважиной только в июне 2009 г. началась полномасштабная закачка воды с целью ППД. На 01.01.2015 в нагнетательном фонде верхнечонского объекта - 98 скважин, из них под закачкой 95 и 1 скважина в бездействии. Еще 1 скважина находится в освоении и 1 переведена в пьезометр по технологическим причинам. Для закачки используется пресная и подтоварная вода. В 2014 г. объем закачки составил 10913,7 тыс. м<sup>3</sup>, текущая компенсация – 83 %. Средняя приемистость нагнетательных скважин – 349,4 м<sup>3</sup>/сут. С начала разработки в залежи объекта Вч закачано – 38092,4 тыс. м<sup>3</sup> воды.

#### Анализ энергетического состояния залежей

На Верхнечонском месторождении реализация системы ППД осуществляется только на объекте Вч, закачка в залежи объектов Пр и Ос не проводится. Начальное пластовое давление по объекту Вч определено в ходе испытания разведочных скважин и составляет 155 атм. За весь период разработки объекта по результатам гидродинамических исследований выполнено 1616 оценок пластового давления, из них 1344 кондиционных. Сведения о замерах пластового давления по данным ГДИС по объекту Вч приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Динамика гидродинамических исследований, по результатам которых выполнена оценка текущего пластового давления по объекту Вч

Год	Исследований всего		Кондиционные замеры		Пределы изменений, атм		Среднее значение, атм
	Число замеров	Кол-во скважин	Число замеров	Кол-во скважин	от	до	
До 2006	46	46	Нет данных	Нет данных	151	160	156
2006	1	1	1	1	176,3	176,3	176,3
2007	11	10	10	9	142,6	183,1	152,9
2008	18	16	14	14	139,1	153,5	146,6
2009	119	53	104	47	124,9	163,6	140,9
2010	151	87	111	71	116,6	172,6	142,2
2011	150	116	120	102	106,5	173,6	143,7
2012	313	167	289	162	92,4	200,0	145,3
2013	466	179	428	171	89,0	188,0	146,3
2014	341	204	267	170	68,7	232,5	146,9
Всего	1616	258	1344	224	68,7	232,5	-

Для анализа энергетического состояния, помимо мониторинга замеров ГДИ, ежемесячно строится карта изобар, которая включает в себя информацию по проведенным гидродинамическим исследованиям, а также замерам

пластового давления. Для построения карты изобар используется актуализированная гидродинамическая модель. С учетом отборов и закачки по объекту Вч, осуществленным за месяц, в гидродинамической модели рассчитывается перераспределение поля давления. Данный подход позволяет достаточно детально осуществлять мониторинг энергетического состояния по всей площади месторождения, даже не охваченной замерами пластового давления и ГДИС. Среднее значение пластового давления по данным замеров ГДИС, выполненных в 2014 г. составляет 146,9 атм., по карте изобар – 140,5 атм., разница между оценками невысокая всего 4,1 %. Средневзвешенное текущее пластовое давление в целом по объекту Вч согласно карте изобар, на 01.01.2015 оценивается на уровне 145,7 атм. (начальное пластовое давление – 155 атм.), давление в разбуренной зоне – 140,5, в т.ч. в зоне отбора – 133,6 атм., в зоне закачки – 157,1 атм. Распределение пластовых давлений в целом по блокам и в их разбуренной зоне приведено в табл. 3.

Таблица 3

Распределение текущих пластовых давлений по блокам объекта Вч

Блоки	Первоначальное пластовое давление, атм	Текущее пластовое давление в целом по блоку, атм	Текущее пластовое давление в разбуренной зоне, атм
1	155	148	139
2	155	144	141
4	155	149	134
5	155	148	141
8	155	150	140
Грабен	155	154	113
По объекту	155	146	140

В 2007-2008 гг. на объекте проводилась пробная закачка воды. С 2009 г. осуществляется формирование системы поддержания пластового давления (ППД). В этом же году нагнетательный фонд составил 22 скважины, в 2010 г. – 34, в 2011г. – 51, в 2012 г. – 67, в 2013 г. – 85 и в 2014 г. - 98 скважин. С начала разработки в залежи объекта Вч закачано – 38092,4 тыс. м<sup>3</sup> воды. Накопленная компенсация составляет 79,8 %, текущая – 83,0 %. На дату анализа закачка воды осуществляется в пять блоков. В табл. 4 приведены основные показатели, которые характеризуют состояние системы ППД по блокам верхнечонского объекта.

Таблица 4

Основные характеристики текущего состояния системы ППД по блокам объекта Вч по состоянию на 01.01.2015

Блоки	Год начала формирования системы ППД	Соотношение добывающих и нагнетательных скважин	Компенсация отборов закачкой, %		Текущее пластовое давление в разбуренной зоне, атм
			текущая	накопленная	
1	2012	6,1	36,0	36,2	139
2	2009	2,3	87,9	82,0	141
4	2014	1,0	39,5	6,9	134
5	2011	2,2	123,7	99,4	141
8	2014	12,0	12,0	10,5	140
Грабен	В освоении	-	-	-	113
По объекту	2009	2,7	83,0	79,8	140

Раньше всех формирование системы ППД началось во втором и в пятом блоках. В остальных блоках ее реализация еще в самом начале. По состоянию на 01.01.2015 средневзвешенное давление по объекту Вч в зоне разработки составляет 140 атм при первоначальном 155 атм. С момента ввода его в промышленную разработку величина пластового давления относительно первоначального снизилась на 15 атм или на 9,7 %. В целом по месторождению сохраняется дефицит в текущей и накопленной компенсации отборов закачкой, который продлится до 2016 года и уменьшится с вводом новых водозаборов. На основании показателей текущей и накопленной компенсации, а также замеров пластового давления на объекте производится оперативное перераспределение закачки с целью выравнивания пластового давления по зонам с высокими и низкими отборами для равномерной выработки запасов в условиях ограниченного объема воды, доступной для нужд ППД.

### **Заключение**

Таким образом, для поддержания уровня базовой добычи необходимо проводить геологотехнические мероприятия. Выравнивание профиля притока при помощи закачки осадкообразующих реагентов оказалось эффективным в условиях ВЧНГКМ, учитывая сложные геологические условия.

### **Библиографический список**

1. Батурин Ю.Е. *Методические рекомендации по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений.* М., 2007. С 32-35.
2. Дияшев Р.Н. *Технологическая схема разработки Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской области (протокол №2356 от 22.04.1999г.).* Бугульма, 1998. С 6-10.
3. Копылов И.С. *Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы.* Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
4. 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.
5. Мищенко И.Т. *Расчеты в добычи нефти.* М., 1989. С 44-47.
6. Неустроев В.Л. *Отчет по подсчету нефти и газа Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения. Иркутская область, Катангский район (по состоянию на 01.06.94 г.).* Иркутск, 1994. С 12-23.
7. Сургучев М.Л. *Извлечение нефти из карбонатных коллекторов.* М., 1987. С 22-46.
8. Сурков Е.В. *Физико-химические свойства пластовой нефти Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения.* М., 2009. С 3-12.
9. 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.
10. Уолкотт Д. *Разработка и управлением месторождениями при заводнении.* М., 2001. С. 13-29.
11. Хисамутдинов Н.И. *Опыт восстановления и регулирования производительности добывающих и нагнетательных скважин. Техника и технология добычи нефти и обустройство нефтяных месторождений.* М., 1990. С 23-26.

## **СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Карбонатные коллектора, приуроченные к рифовым постройкам, одни из самых сложных для изучения. Зачастую, проведенные сейсморазведочные работы, не способны в полной мере отобразить структурный план, если не прибегнуть к совокупности методов, таких как палеоструктурный и фациальный анализ. Тем не менее, рифы, приуроченные к палеозойским отложениям, весьма перспективны, и нуждаются в детальном изучении.*

*Ключевые слова: рифогенные отложения, палеозой, Малоичское нефтяное месторождение, Новосибирская область.*

**К.У. Otyuskaya**

OJSC «Surgutneftegas», Surgut, Russia

## **STRUCTURE AND PETROLEUM POTENTIAL OF PALEOZOIC DEPOSITS OF THE SOUTH OF NOVOSIBIRSK REGION**

*Carbonate reservoir confined to reef building, one of the most difficult to learn. Often conducted seismic surveys are not able to fully display the structural plan, if you do not resort to a combination of methods, such as paleostructural and facies analysis. However, reefs confined to Paleozoic sediments, are quite promising, and require detailed study.*

*Keywords: Novosibirsk region, Maloichskoe oil field, reef deposits, Paleozoic.*

### **Введение**

Изучение карбонатных коллекторов, приуроченных к палеозойским рифам является одной из самых актуальных проблем. Сложное геологическое строение в значительной мере усложняет процесс геолого-разведочных работ. В связи с этим, необходимо рассматривать комплекс методов, позволяющий максимально точно прогнозировать пространственное положение рифов, к которым приурочены залежи нефти.

Цель работы: Рассмотрение особенностей строения отложений палеозоя №12-Заречного лицензионного участка ОАО «Сургутнефтегаз» (Малоичское нефтяное месторождение).

В административном отношении район работ расположен на территории Кыштовского и Северного районов Новосибирской области (рис. 1).



Рис.1. Обзорная карта района работ [3].

### Геолого-геофизическая изученность района работ

Нефтепоисковые геолого-геофизические работы в Новосибирской области начали проводиться с 40-х годов. К настоящему времени на территории области открыто девять месторождений нефти и газа, пробурено 169 скважин, выявлено и подготовлено к бурению 143 структуры, из которых на 54 проводилось глубокое бурение.

На первом этапе исследований были выполнены мелко-среднемасштабные геолого-геофизические работы. В 1987-89 гг. проведено обобщение гравиметрических и аэромагнитных данных, составлены структурно-тектонические и схематические геологические мелко-среднемасштабные карты доюрского основания с прогнозом вещественного состава.

Поисковые сейсморазведочные работы МОВ в районе начали проводиться с 50-х годов. Выявлен ряд крупных структур, в числе которых находился и Межовский свод. Затем работы МОВ проводились в площадном варианте. Было изучено региональное геологическое строение отложений осадочного чехла и доюрских образований. В 60-е гг. 20 в. выявлены Тарская, Малоичская, Верх-Тарская, Братская структуры, а так же открыт ряд месторождений нефти, среди которых Межовское, Верх-Тарское, а так же – Малоичское. Региональные и площадные сейсморазведочные работы МОГТ масштаба 1:200000, 1:100000, 1: 50000 проводятся с 1973 г. ЦКГЭ и Сибирской геофизической экспедицией. По результатам этих работ, обеспечивших более высокую разрешенность сейсмических материалов, детально изучено геологическое строение района, выявлены Менгеровское, Заозерное, Оптимистическое, Чебурдинское, Чузикское, Каргинское, Временное, Западно- и Восточно-Ракитинское локальные поднятия, подготовлены к бурению

Заречное, Томиловское, Еласское, Касманское, Мурашовское, Тракторное, Оптимистическое поднятия. В конце 80-х годов 20 в. «Сибнефтегеофизикой» проведены детальные сейсморазведочные работы МОГТ-3D на Верх-Тарском и Малоичском месторождениях [3].

В пределах исследуемой площади пробурено 28 глубоких скважин: Заречные 1,2,5, Малоичские 1-4,6-14,18-22, 25,27, Томиловская 1, Ургульская 1, Надеждинская 1, Мурашовская 1, Майзасская 1, Еласская 1. Скважины Майзасская 1 и Малоичская 4 являются параметрическими.

### Геологическое строение и нефтегазоносность

Район расположен в южной части Западно-Сибирской плиты, в пределах Малоичской ложбины, имеющей северо-западное простирание, на северо-восточном склоне Межовского мегавала и юго-восточном склоне Тарского мегавала (рис. 2) [3], характеризуется повышенной геодинамической активностью с высокой трещиноватостью и разломно-блоковым строением [4, 5].

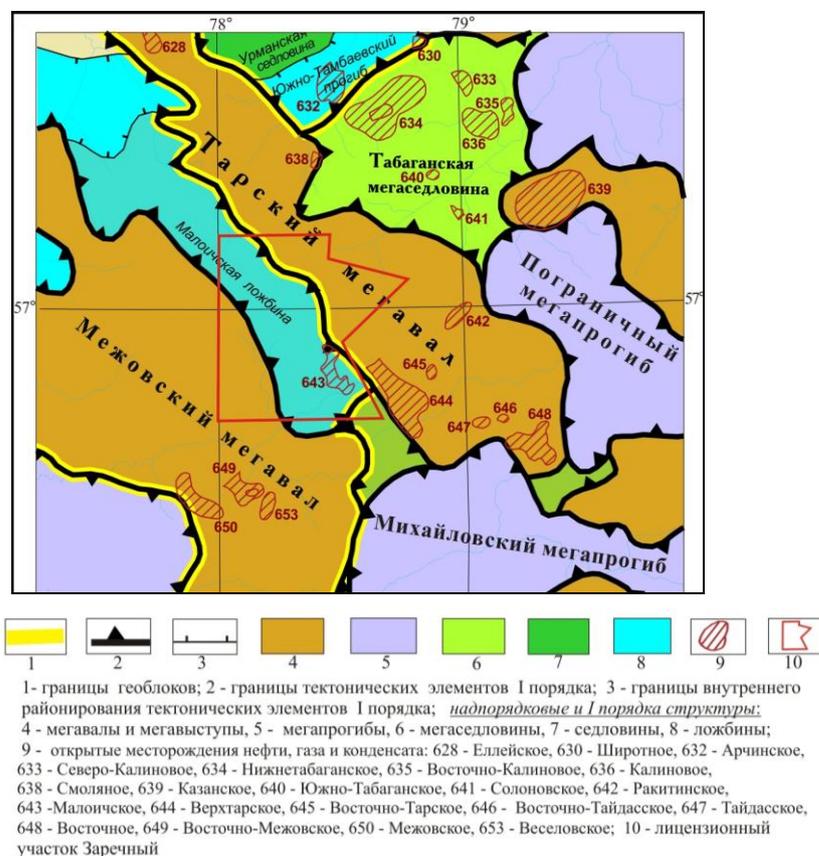


Рис.2. Фрагмент тектонической карты центральной части Западно-Сибирской плиты (под ред. В.И. Шпильмана, 1998) [3]

На территории Новосибирской области доказан очень большой стратиграфический этаж нефтегазоносности. Здесь продуктивны отложения силура, девона, юры и нижнего мела. Нефтегазоносность этого района во многих отношениях уникальна. В целом, в разрезе описываемого нефтегазоносного района выделяются следующие нефтесодержащие толщи и пласты: нефтегазоносный горизонт зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений, продуктивные пласты внутри палеозоя, отложения тюменской

(пласты ЮС<sub>2</sub>, ЮС<sub>3</sub>, ЮС<sub>4</sub>) и васюганской (пласт ЮС<sub>1</sub>) свит и нижнемеловая нефтегазоносная толща.

Юго-восточнее от Заречного лицензионного участка открыто Малоичское нефтяное месторождение, которое приурочено к одноименной локальной структуре, выявленной сейсморазведкой МОВ в 1968-69 гг. по отражающему горизонту II<sup>a</sup> (Б<sub>1</sub>) (подошва баженовской свиты верхней юры). В 1974-76 гг. на структуре был проведен ряд профилей ОГТ, а в 90-ые годы была поставлена трехмерная сейсморазведка, что позволило детализировать структурный план по кровле доюрских образований (горизонт А). Малоичское поднятие расположено в юго-западной части Нюрольской впадины и представляет собой приподнятую зону по доюрской поверхности, осложненной цепочкой блоков-вершин различного очертания и амплитуды [1]. На месторождении пробурено 20 скважин, из них две (скв. 1 и 19) ликвидированы по техническим причинам, десять (скв. 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 19, 25, 27) - дали нефть, четыре (скв. 3, 10, 13, 14) - воду и пять (12, 18, 20, 21, 22) - оказались сухими. Все скважины (кроме 8 и 19) под отложениями мезозоя вскрыли маломощные (2-9 м) пачки глинисто-сидеритовых пород пермо-триасового возраста, ниже которых залегает мощная толща карбонатных пород верхне- или среднедевонского возраста. Лишь скв. 12 вскрыла песчано-глинистые образования средне- верхнекаменноугольного возраста, ниже которых залегают доломитизированные известняки, переслаивающиеся аргил-литами и алевролитами. Самой глубокой параметрической скв. 4 кроме среднедевонских вскрыты нижнедевонские карбонатные отложения на глубине 3352 м и силурийские на глубине 3901 м [2].

Промышленная продуктивность месторождения приурочена к пласту М, сложенному карбонатными породами верхнего и среднего девона. Известняки серые, темно-серые, коричневатые, пропитанные нефтью. Породы повсеместно трещиноватые и кавернозные, с пустотами выщелачивания. Вскрытые отложения характеризуются высокими (100-1800 Ом) значениями кажущихся сопротивлений. По газовому каротажу в них отмечается четкое повышение суммарных газопоказаний и газонасыщенности бурового раствора. Коллекторские свойства пород из-за малого выноса керна (2,9-26,8%) надежно оценить трудно. Открытая пористость коллектора в пределах нефтенасыщенной части разреза изменяется от 1,15 до 7% (в среднем 2,5%). По характеру емкости и фильтрационным свойствам карбонатные породы пласта М следует отнести к коллекторам трещинно-каверново-порового типа. Оценка запасов нефти в пласте произведена отдельно для каверново-порового и трещинного коллекторов. Залежь нефти в пласте М массивного типа. Продуктивность пласта М доказана получением промышленных притоков нефти в скважинах 2, 4, 6, 7, 9, 11, 19, 25, 27. Наиболее высокодебитными являются скважины 2, 4, 6, 9, расположенные в западной части месторождения (100-161 м<sup>3</sup>/сут. через штуцер 8 мм). По данным промыслово-геофизических исследований среди вскрытых отложений палеозоя в разрезе Малоичской скв. 2 (или 4) выделяется несколько продуктивных пластов, которые обозначаются буквой М с индексами: М<sub>1</sub> (интервал 2842-2852 м); М<sub>2</sub> (интервал 2859-2870 м); М<sub>3</sub> (интервал 2885-2900 м) и М<sub>4</sub> (интервал 2935-2967 м). Пласты с М<sub>1</sub> по М<sub>3</sub>

представлены средне-мелкозернистыми доломитовыми трещиновато-кавернозными органогенными известняками с прослоями известковых мелкозернистых доломитов. Пласт М<sub>4</sub> керном не охарактеризован.

Лицензионный участок № 12-Заречный ЛУ является северным продолжением Малоичского месторождения палеозойской нефти. В тектоническом отношении по доюрским отложениям он расположен в пределах южной зоны западной ветви Большеюганского разлома. В пределах № 12-Заречного ЛУ нефтепоисковый интерес, прежде всего, представляют доюрские органогенно-обломочные отложения фации передового склона рифа с разломно-блоковым тектонически экранированным типом ловушки, как и на Малоичском месторождении палеозойской нефти. Впервые по сейсмическим профилям и с использованием результатов комплексного изучения пород по кернам глубоких скважин на западе, в сторону Межовского свода, выделена большая зона развития рифов и органогенных построек. Отделяет эту зону от Малоичского рифа межрифовая лагуна. Анализ отрицательных притоков нефти из рифогенных отложений Малоичских и Заречных скважин показал, что они пробурены либо в пределах массивных известняков цоколя рифа, либо на удалении от подножья органогенно-обломочных известняков фации передового склона.

### **Заключение**

Карбонатные коллекторы, приуроченные к отложениям палеозоя, имеют сложное строение. Выделение промышленно нефтеносных коллекторов - одна из самых трудоемких задач, которая решается совокупностью различных методов, но именно с рифовыми постройками связаны перспективы нефтеносности юга Новосибирской области. В связи с этим, требуется детальное изучение кернового материала, а так же данных бурения для более точно планирования поисковых и разведочных работ.

### **Библиографический список**

1. Запивалов Н.П., Пехтерева И.А., Сердюк З.Я., Шматалюк Г.Ф. Выделение и картирование палеозойских рифовых массивов в Западной Сибири // *Геология нефти и газа*. № 11. 1980. С. 5-12.
2. Иванов В.М., Сердюк З.Я., Пехтерева И.А. Магматогенные и рифогенные выступы промежуточного комплекса юга Западной Сибири и формирование унаследованных структур в мезозойских отложениях // *Геология и полезные ископаемые юга Западной Сибири*. Новосибирск, Наука, 1988. С. 49-60.
3. Конторович А.Э., Сурков В.С. Отчёт по договору 17-94. Программа воспроизводства минерально-сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности Новосибирской области на 1996-2000 гг. Новосибирск, фонды НПО, 1995.
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., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОИСКОВ ЗОЛОТА  
В КРАСНОВИШЕРСКОМ РАЙОНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Проведен краткий анализ золотоносности Красновишерского района. Выделены предполагаемые типы золотого оруденения. Обоснован методический подход поисков золота с применением аэрокосмических методов.*

*Ключевые слова: поиски золота, типы золотого оруденения, аэрокосмические методы, Красновишерский район Пермского края*

**V.V. Popov, V.A. Kuznetsov**  
Perm State University

**ON THE PROSPECTS OF SEARCHING FOR GOLD IN THE  
KRASNOVISHERSK DISTRICT AND WITH THE USE OF AEROSPACE  
METHODS**

*A short analysis of gold mineralization in Krasnovishersk district. Prospective types of gold mineralization are highlighted. Methodical approach searching for gold with the use of aerospace methods is justified.*

*Keywords: gold, types of gold mineralization, aerospace methods, Krasnovishersk district of the Perm region*

Красновишерский район Пермского края располагается на западном склоне Северного Урала, в зоне сочленения крыла Верхнепечерского-Исовского антиклинория и восточного борта Кожимо-Вишерской зоны складчатого палеозоя. Большая часть района сложена слабо метаморфизованными терригенно-карбонатными толщами нижнего палеозоя [4-6]. В стратиграфическом разрезе района крупнейшим предордовикским перерывом отчетливо выделяется два основных этапа – доордовикский и ордовикско-нижнедевонский, отвечающий двум геоструктурным ярусам.

**Предполагаемые типы золотого оруденения**

На территории Красновишерского района в результате проведения геологосъемочных и поисковых работ выделены следующие формации и типы золотого оруденения [6].

1). Золото – сульфидная – кварцевая формация:

- золото – пирито – кварцевый тип,
- золото – полиметаллический – кварцевый тип,
- золото – халькопирито – кварцевый тип

2) Золото – железорудная формация:

- золото – гематито – магнетитовый тип,
- золото – кварцево – пиритовый тип.

Из 117 золотопроявлений три классифицируются как месторождения:

- Чувальская золотокварцевая жила, Нижне- и Верхне Чувальские железорудные месторождения. Все они являются непромышленными: Чувальская жила из-за малых запасов, а железорудные месторождения – из-за низкого содержания золота.

12 золотопроявлений оценены как рудопроявления. К ним отнесены пункты с повышенным ( $\geq 1,0$  г/т) содержанием золота с повышенной полисульфидной минерализацией (Аблизин, 1971ф, Леготкин, 1973ф) [1].

По времени формирования золотого оруденения можно выделить три этапа:

I. Образование золотопроявлений золото – железорудной формации – слабозолотоносных гематито – магнетитовых руд и кварцевых метасоматитов Чувальских месторождений.

II. Формирование проявлений золото – пирито – кварцевого и золото – халькопирито – кварцевого типа синхронно с образованием Курыксарского надвига.

III. Формирование проявлений золото – полиметаллическо – кварцевого типа: кварцевых жил с умеренной посульфидной минерализацией и в отдельных случаях с промышленным содержанием золота.

Приведенная схема отражает, причем в общих чертах только последовательность формирования золотого оруденения, общая картина рудообразующего процесса намного сложнее [6].

По мнению А.Г. Попова [7] в бассейне Вишеры известны 2 промышленных типа проявлений: жильный и минерализованных зон. Рудные формации: золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золото-серебрянная (золото-вольфрамит-серебрянная). Известно золото в медном, медно-никелевом и полиметаллических проявлениях. Жильный тип по вмещающим породам представлен жилами силура и ордовик-протерозоя. Второй тип минерализованных зон – метасомматитовый, представлен аргиллизитами и альбититами [7].

### **Золотоносные россыпи**

На территории Красновишерского района золотоносные россыпи установлены в долинах рек Вишера и Велс.

Россыпь р. Вишера известна с 1899 г. Благоприятная геолого – геоморфологическая обстановка давала основания для оценки участка весьма перспективными на россыпное золото. Золото мелкое (0,1 – 0,3, редко до 0,5 – 1,0 мм), окатанное, рассеянное по всей толще аллювия в количестве до 50 – 100 мг/м<sup>3</sup>, в единичных пробах до 447 мг/м<sup>3</sup>. Максимальное содержание золота составило до 51 мг/м<sup>3</sup> на мощность 11,4 м.

Выполненные работы в долине р. Вишера недостаточны для перспективной оценки на россыпное золото. Они позволяют сделать вывод об отсутствии крупной, протяженной и богатой россыпи, но вместе с тем допускается возможность выявления небольших разобщенных россыпей в

наиболее переуглубленных участках долины р. Вишеры и нижних частях долин ее крупных притоков.

Более перспективными на золото представляется районы средней части и верховьев р. Велс и его притоков. Здесь в долине речек Заблудящей, Б. Мартайки, Поповского ключа и других известен ряд золотоносных россыпей из которых добыто более 1,5 т металла. Промышленная золотоносность в долине р. Велс установлена ниже устья р. Посьмака и прослеживается на протяжении 6,8 км. Среднее содержание золота – 0,206 г/м<sup>3</sup>, максимальное – 8,5 г/м<sup>3</sup>. Распределение золота в россыпи неравномерно как по ширине, так и по мощности. Формы золотин – в основном таблитчатые, толстотаблитчатые, реже изометричные [7, 9].

Общие запасы по категориям С<sub>1</sub> составляют 2080,2 кг, отдельно по россыпям Средневелсвской – 1404,2 кг, Посьманской 469,1 кг и Мартайской 206,9 кг, забалансовые запасы категории С<sub>1</sub> – 40,5 кг, 77,1 кг, 12,2 кг + 2,8 кг (С<sub>2</sub>) соответственно по вышеназванным россыпям [9, 10].

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о то, что коренным источником золота в Красновишерском районе предположительно можно считать золото – сульфидно – кварцевую формацию. По наибольшему количеству проявлений золота выделяется золото – пирито – кварцевый тип, но промышленное значение имеет золото – полиметаллическо – кварцевый тип.

#### **Применение аэрокосмических методов поисков золота**

Изученные геологические условия золотоносности Красновишерского района свидетельствуют о том, что все коренные проявления и россыпи золота контролируются различными тектоническими нарушениями. Исходя из анализа мирового опыта поисков золота разных типов, установлено, что одним из передовых методов поисков являются аэрокосмические методы.

Методологией исследований и картирования зон тектонической трещиноватости является линеаментно-геодинамический анализ, методика, которого изложены в работах И.С. Копылова [1-3]. В качестве основного метода исследования было выбрано структурное дешифрирование.

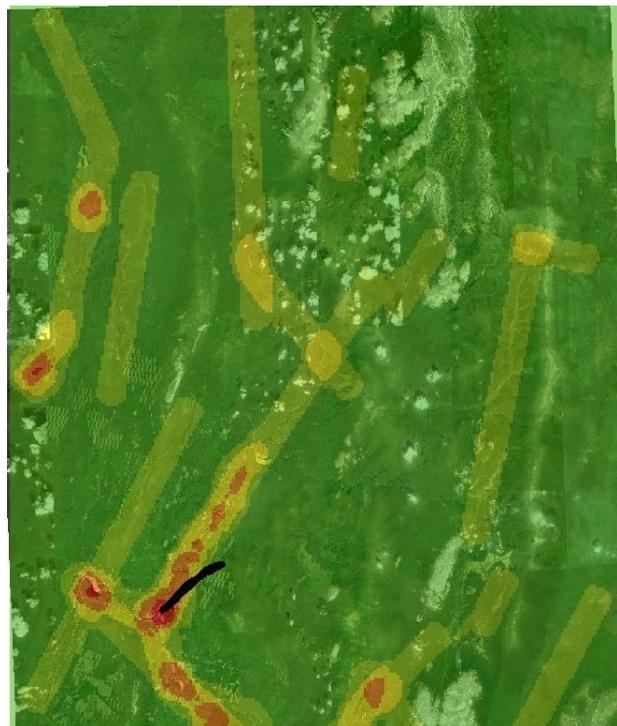
Известно, что месторождения рудного золота могут быть приурочены к телам, которые находятся в зонах тектонических нарушений, например, жилы. При дешифрировании космоснимков они представлены в виде линеаментов или кольцевых структур. Обычно под линеаментами понимают прямолинейные или слабо изогнутые природные объекты ландшафта чаще всего отображающие линейные неоднородности литосферы, а именно разломы земной коры, флексуры в осадочном чехле, зоны резкого изменения геологических структур и др. Линеаменты могут отражать подводящие каналы различных флюидов и растворов, то есть служить прямыми индикаторами при прогнозе и поиске месторождений полезных ископаемых. Линеамент – это прямолинейный индикатор тектонических нарушений, проявленный на земной поверхности прямо (разрывами) или опосредованно геологическими и ландшафтными аномалиями. На рис. 1 приведен фрагмент карты линеаментов Северного Урала (по материалам И.С. Копылова). Цветными линиями показаны линеаменты разных рангов, черными точками – проявления золота и цветных металлов.

Нами проведен линеаментный анализ космических снимков (КС) участка в долине р. Велс. Для создания карты использовался инструмент «Плотность линий» модуля Spatial Analyst программы ArcGIS Arc Map. Было задано количество классов значений плотности равное 5.

В результате на одном из участков золотоносных россыпей (р. Велс) было выделено 40 линеаментов двух рангов. 10 линеаментов зонального ранга протяженностью от 25 до 100 км и 30 линеаментов локального ранга протяженностью от 10 до 25 км (рис. 2).



Рис. 1. Фрагмент карты линеаментного поля Северного Урала (по материалам И.С. Копылова)



Условные обозначения: красным цветом показаны аномалии плотности линеаментов, зеленым – фон; черным – россыпные месторождения и проявления золота)

Рис. 2. Фрагмент карты плотности тектонических линеаментов (по В.А. Кузнецову)

Выделенные максимумы плотности поля линеаментов – это зоны перспективные на поиски месторождений золота по результатам количественного анализа. Стоит отметить, что в выделенных зонах присутствуют геохимические аномалии по золоту, а также Ag, Pb, Zn, Cu и др.

По результатам проведенного анализа на основе дешифрирования КС можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно определять участки, перспективные на поиски золота.

Поэтому опережающее использование аэрокосмических методов в общем комплексе прогнозных и поисковых работ даёт возможность сократить как временные, так и материальные затраты.

### ***Библиографический список***

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

2. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.

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

4. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

5. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 130 с.

6. Леготкин Б.Н., Макаров М.П., Негашев Л.И. Отчет об оценочно-поисковых работах на коренное и россыпное золото в верховьях р. Вишеры. Пермь, 1973.

7. Попов А.Г. Золото бассейна р.Вишеры Северного Урала // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 49-57.

8. Попов В.С. Источники золота и перспективы комплексной добычи в Красновишерском районе // *Геология в развивающемся мире*. Пермь, 2017. С.33-34.

9. Суханов Л.П. Отчет о поисково-оценочных работах на золото, проведенных Велсовской ГРП на участке в бассейне р. Велса. Североуральск, 1988.

10. Шмит П.Б. Отчет о геологоразведочных работах, проведенных Велсовской ГРП на Средневелсовской группе золотоносных россыпей (бассейн р. Велса). Североуральск, 1990.

**КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ С ЦЕЛЬЮ  
ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОН РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ  
ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОЛГО-  
УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

*Обоснована оптимальная методика поисков скоплений тяжелых высоковязких нефтей и околтурены зоны их возможного распространения. Подготовлены предложения по размещению на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции участков под лицензирование недр для поиска, изучения и вовлечения в разработку тяжелых высоковязких нефтей.*

*Ключевые слова: Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, залежи тяжелых высоковязких нефтей, поиски залежей.*

**M.N. Trifonova**

The Department for subsoil use for the Volga Federal district.  
Nizhny Novgorod, Russia

**COMPREHENSIVE GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL WORD TO  
LOCALIZE ZONES OF DISTRIBUTION AND EVALUATION OF HEAVY  
OIL RESOURCES IN PERMIAN SEDIMENTS OF THE VOLGA-URAL OIL  
AND GAS PROVINCE**

*The optimal method of searching for accumulations of heavy high-viscosity oils is outlined and the zones of their possible spread are outlined. Proposals have been prepared for the placements of licensed subsoil sites in the Volga-Urals oil and gas province for the search, study and involvement in the development of heavy high-viscosity oils.*

*Keywords: Volga-Urals oil and gas province, deposits of heavy high-viscosity oil, find deposits.*

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция (НГП) расположена в пределах Пермской, Свердловской, Кировской, Ульяновской, Куйбышевской, Оренбургской, Саратовской, Волгоградской области РСФСР, Татарской АССР, Башкирской АССР и Удмурдской АССР. Площадь 700 тыс. км<sup>2</sup>.

Целью данной работы является локализации зон распространения и оценки ресурсов тяжелых нефтей в пермских отложениях Волго-Уральской НГП. Основные задачи включают:

- обоснование оптимальной методики поисков скоплений тяжелых высоковязких нефтей и оконтуривание зон их возможного распространения;

- оценка ресурсов тяжелых нефтей отложений пермского (послекунгурского) возраста Волго-Уральской нефтегазоносной провинции по категориям  $D_{1\text{лок}}$  и  $D_1$ ;

- подготовка предложений по размещению участков под лицензирование недр с целью поиска, изучения и вовлечения в разработку тяжелых высоковязких нефтей, и выдача рекомендаций по оптимальному комплексу геолого-геофизических методов изучения пермских (послекунгурских) отложений на этих участках.

На 01.01.2016 выполнена специализированная переобработка и переинтерпретация архивных материалов МОГТ-2D (в объеме 642 пог.км) и электроразведочных данных (в объеме 150 пог. км) по районам Волго-Уральской НГП с относительно глубоким залеганием потенциально насыщенных тяжелыми нефтями пермских отложений. Завершено бурение и освоение 2-й структурной скважины на Восточном участке полигона опытно-методических работ, обоснованы точки заложения и выполнены работы по бурению и освоению 3-й и 4-й структурных скважин на Западном участке полигона (рис.1).

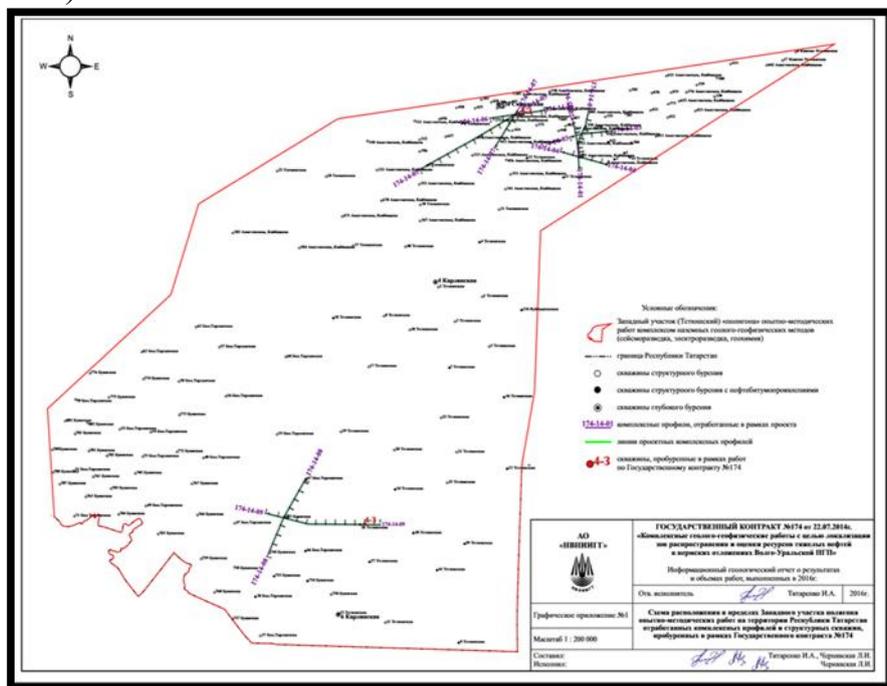


Рис.1. Точки заложения 3-й и 4-й структурных скважин на Западном участке [5]

Предложена методика поисков скоплений тяжелых высоковязких нефтей и выполнены работы по оконтуриванию зон их возможного распространения; оценены ресурсы тяжелых нефтей отложений пермского возраста Волго-Уральской нефтегазоносной провинции по категориям  $D_{1\text{лок}}$  и  $D_1$  подготовлены предложения по размещению участков под лицензирование недр с целью поиска, изучения и вовлечения в разработку тяжелых высоковязких нефтей с выдачей рекомендаций по оптимальному комплексу геолого-геофизических методов изучения пермских отложений на этих участках.

## **Оптимальная методика поисков скоплений тяжелых высоковязких нефтей в отложениях пермского возраста**

Разработка методики поисков скоплений тяжелых высоковязких нефтей и битумов в отложениях нижнепермского возраста продиктована необходимостью повышения эффективности проводимых на территории Волго-Уральской НГП ГРР в части выявления на соответствующих участках этой территории по геолого-геофизическим данным, картирования и последующего вовлечения в разработку залежей высоковязких нефтей в пермском интервале разреза. Необходимость использования на этапе поисков залежей высоковязких нефтей в отложениях пермского возраста наземных методов разведочной геофизики определяется крайней высокой степенью изменчивости этих отложений. В пределах опытного «полигона», и, в особенности, на его Восточном участке, пробурено на 01.01.2016 огромное количество структурных скважин, вскрывающих отложения пермского возраста. При этом процент скважин, вскрывших битумо- и нефтенасыщенные пласты в толще пермских пород лишь немного превышает процент скважин без признаков нефтенасыщения по всему разрезу. Поэтому задача оптимизации процесса размещения скважин, нацеленных на поиски залежей тяжелых высоковязких нефтей и битумов в интервале отложений пермского возраста для этой и других территорий Волго-Уральской НГП является весьма актуальной, а ее решение видится только путем расширения объемов накапливаемой здесь в отношении пермского разреза информации и привлечения к поисковым работам дистанционных геофизических методов изучения геологического разреза.

Эффективность оптимального (минимально необходимого) комплекса, состоящего из сейсморазведки и электроразведки, в деле выделения и картирования на территории Волго-Уральской НГП залежей высоковязких нефтей и битумов в отложениях пермского возраста могут служить результаты комплексных опытно-методических работ. Оптимальным комплексом методов для выявления и картирования на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции скоплений тяжелых высоковязких нефтей и битумов в отложениях пермского (раннекунгурского) возраста является комплекс сейсморазведки МОГТ-2D/3D и электроразведки ЭТ, а в качестве оптимальной методики поисков залежей УВ такого рода видится технология комплексной интерпретации сейсморазведочных и электроразведочных данных в едином координатном пространстве.

## **Зоны возможного распространения залежей тяжелых высоковязких нефтей в кунгурских отложениях Волго-Уральской НГП**

Характерной особенностью областей накопления битумов и тяжелых нефтей в пермских кунгурских отложениях является отсутствие сульфатно-галогенной толщи кунгурского яруса. Сульфатно-галогенная толща в восточных и южных районах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции являются региональной покрывкой для нижнепермских залежей УВ, а также и для более глубоких горизонтов, сохраняя их от воздействия поверхностных агентов. Отсутствие сульфатно-галогенной толщи на западе и в центральной части провинции, наряду с невысокими экранирующими свойствами

глинистых, глинисто-карбонатных и сульфатно-карбонатных пачек нижнепермско-среднекаменноугольного комплекса, уфимского, казанского ярусов и татарского отдела, обусловили частичную гидрогеологическую раскрытость этих отложений. Это, а также наличие условий для вертикальной и субвертикальной миграции УВ из нижележащих продуктивных отложений, предопределило развитие битумоносности и залежей тяжелых высоковязких нефтей в уфимских и казанских отложениях за границей развития сульфатно-галогенных отложений кунгура (рис.2).

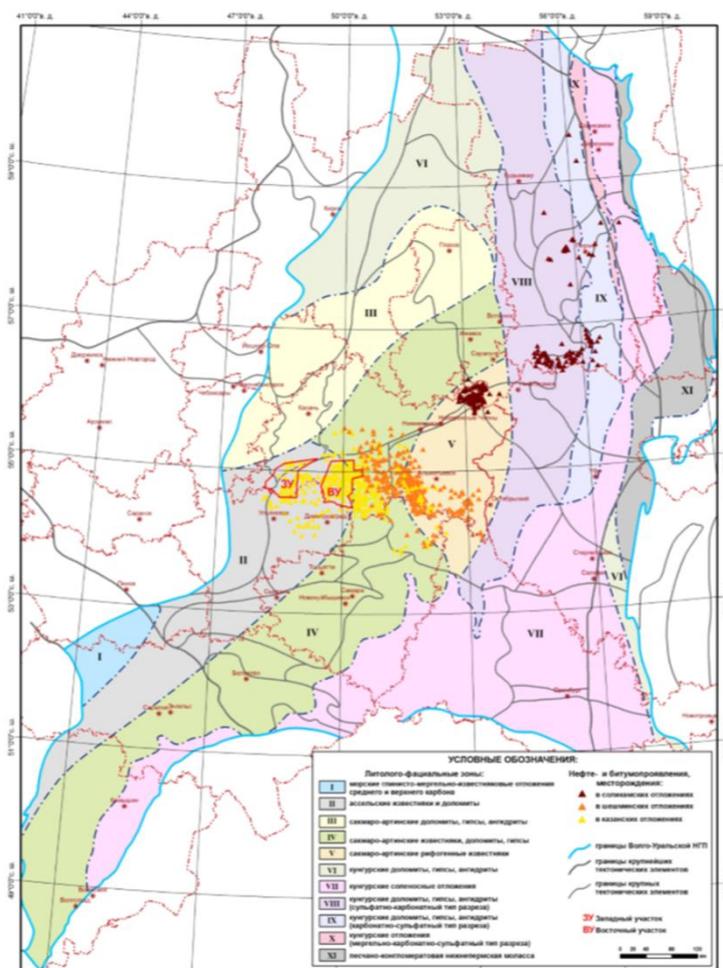


Рис.2. Соотношение особенностей строения поверхности предсоликамского среза и продуктивности кунгурских отложений [5]

Анализ формирования нефтегазоносности Волго-Уральского бассейна позволяют выделять два доминантных нефтепроизводящих комплекса: нижне-верхнедевонский (глинистые и глинисто-карбонатные слои в его составе) и верхнедевонско-турнейский (доманиковые и доманикоидные отложения в его составе). Недостаточное погружение пермско-каменноугольных отложений на большей территории провинции обусловило невозможность реализации их материнского потенциала. Основные очаги генерации УВ находятся в более глубоких краевых впадинах, расположенных южнее и восточнее установленных скоплений в кунгурском комплексе. Пермские отложения на большей территории не достигли условий, когда начинается генерирование собственных

УВ. Судя по глубине опускания, они могли образоваться лишь в Прикаспийской впадине и в Предуральском прогибе. Следовательно, повышенная нефтебитумоносность пермских отложений в центральных районах Волго-Уральской НГП характеризуется явно вторичным характером и обусловлена вторичной вертикальной миграцией УВ из нижнего и среднего карбона [7]. В результате особенностью размещения скоплений УВ в кунгурских отложениях является совпадение площадей распространения залежей в нижнем или среднем карбоне и верхней перми. Лишь немногие из кунгурских скоплений УВ не сопровождаются залежами в карбоне. В Мелекесской впадине и на Южно-Татарском своде значительное число поднятий по отложениям башкирского яруса заполнено нефтью до замка структур.

Территория распространения и степень гипергенной преобразованности скоплений нефтей и битумов в кунгурском разрезе контролируются также и гидрогеологическими факторами, прежде всего инфильтрационными водами и гидродинамическим барьером. Результатом воздействия инфильтрационных вод явилось образование скоплений высоковязких нефтей и битумов за счет окисления и потери легких компонентов. На территории распространения пресных подземных вод значительные битумопроявления не наблюдаются, и по комплексу гидрогеологических критериев северные территории Волго-Уральской провинции, включая Северо-Татарский свод, следует отнести к малоперспективным и бесперспективным категориям земель [8].

#### ***Уфимский ярус (уфимский преимущественно терригенный нефтебитумоносный комплекс)***

Несмотря на единичные факты нефтебитумопроявлений на севере Волго-Уральской НГП, высокая раскрытость уфимских отложений на этой территории исключает обнаружение в них промышленных скоплений УВ. Лишь на единичных площадях Куединской зоны Башкирского свода, продуктивных в кунгуре, выполнена оценка запасов скоплений высоковязкой нефти в соликамско-кунгурских отложениях как в едином резервуаре. В центральной части провинции шешминский горизонт содержит промышленные залежи тяжелых высоковязких нефтей.

*Соликамский горизонт.* На севере и северо-востоке провинции слабые нефтебитумопроявления в надкунгурском разрезе связаны, главным образом, с соликамским горизонтом уфимского яруса. Все проявления установлены за пределами развития сульфатно-галогенной толщи кунгура, над зонами развития сульфатно-карбонатного и карбонатно-сульфатного типов разреза кунгурского яруса или над сакмаро-артинскими рифогенными известняками в зонах его отсутствия). Нефтебитумопроявления выявлены в соликамских отложениях Пермского свода, Висимской впадины, на юге Верхнекамской впадины и прилегающих склонах Башкирского свода, на юго-восточном склоне Северо-Татарского свода и сопредельных участках склонов Южно-Татарского свода и Бирской седловины. Они зафиксированы в известняках и мергелях, а также в маломощных прослоях песчаников и алевролитов, залегающих среди глинистых пород. По характеру нефтебитумопроявлений в соликамских

отложениях доминируют примазки нефти и проявления битума. На юге Верхнекамской впадины и прилегающих склонах Башкирского свода (Куединская зона) отмечается несколько участков битумопроявлений совместно в соликамских и кунгурских отложениях. Глубина залегания соликамских битумоносных пород составляет 205-504м, а кунгурских – 227-576м. Общая битумонасыщенная мощность соликамских и кунгурских отложений составляет 4-9м, реже до 16м. Все проявления отмечены в пониженных частях структур, насыщение «пятнистое, каверново-трещинное» [6]. Нефтебитумопроявления в соликамских отложениях встречены в зоне сочленения Северо-Татарского и Южно-Татарского сводов с Верхнекамской впадиной и Бирской седловиной (Кучуковская зона). Участок приурочен к северо-восточному окончанию Прикамского разлома. Здесь установлены многочисленные слабые признаки битумоносности в кунгурско-соликамских отложениях. Р.С. Хисамов и др. [6] отмечают, что проникновение нефтяных углеводородов в плотные породы кунгурско-соликамского возраста в Кучуковской зоне могло происходить в период активизации оперяющих Прикамский разлом мелких тектонических нарушений в условиях высокой геодинамической активности [2, 3].

*Шешминский горизонт.* Продуктивность уфимского терригенного нефтебитумоносного комплекса связана с шешминским горизонтом. Его промышленная продуктивность доказана на западном склоне Южно-Татарского свода, предполагается на восточном борту Мелекесской впадины и южном склоне Северо-Татарского свода. Нефтебитумопроявления различной интенсивности отмечаются в песчаных и алевролитовых пластах в разных интервалах разреза. Однако основные скопления битумов связаны с верхней песчаниковой (ашальчинской) пачкой шешминского горизонта. В нижней песчано-глинистой пачке шешминского горизонта нефтепроявления выражены слабее. Пачка характеризуется невыдержанностью литологического состава слагающих ее пород.

### ***Казанский ярус***

*Нижнеказанский подъярус (нижнеказанский терригенно-карбонатный нефтебитумоносный комплекс)* объединяет отложения байтуганской, камышлинской и барбашинской толщ. Основные нефтебитумопроявления связаны с камышлинской и барбашинской толщами. Покрышкой неоднородного резервуара служат глинистые и карбонатные породы позднеказанского возраста. Однако экранирующие свойства покрышки непостоянны из-за частого изменения литологического состава пород. В отложениях комплекса наиболее интенсивные нефтебитумопроявления сосредоточены на восточном борту Мелекесской впадины, в меньшей степени на западном борту впадины, а также на прилегающих склонах Южно-Татарского и Северо-Татарского сводов. Южнее тяжелые нефти постепенно «облегчаются», переходя в залежи легких, преимущественно газообразных УВ.

**Результаты оценки ресурсов тяжелых нефтей в отложениях пермского (позднекунгурского) возраста**

На территории Волго-Уральской НГП проведена количественная оценка ресурсов тяжелых нефтей. При подсчете использованы данные Государственного баланса (ГБ) полезных ископаемых РФ по состоянию на 01.01.2016 г. В соответствии с ГБ в пределах района выявлены залежи тяжелой нефти в отложениях уфимского, казанского (нижний и верхний подъярусы) ярусов и татарского отдела пермской системы. Практически все месторождения расположены на территории Республики Татарстан, также несколько месторождений открыто в Самарской, Саратовской, Оренбургской и Волгоградской областях. Наиболее детально перспективы тяжелых нефтей изучены на территории Республики Татарстан, настоящая оценка выполнена с использованием материалов.

Территория оценки *уфимского* яруса, а именно шешминского горизонта, охватывает центральный и южный районы Республики Татарстан, крайнюю северо-восточную часть Самарской области и незначительную часть на северо-западе Оренбургской области. Для оценки ресурсов обоснованы два эталона – ЭУ-1 и ЭУ-5. Площадь ЭУ-1 составляет 537 км<sup>2</sup>, эталон охватывает наиболее изученную территорию, в пределах которой в песчаной пачке шешминского горизонта открыты следующие месторождения: Ашальчинское (Ашальчинское, Больше-Каменское, Северо-Ашальчинское, Южно-Ашальчинское поднятия), Ерсубайкинское (Полянское, Михайловское, Низовое поднятия), Лангуевское (Туйметкинское поднятие), Ново-Елховское (Улановское и Варваринское поднятия), Сиреневское (Каменское, Весеннее, Сиреневское поднятия), Северо-Кармалинское (Окраинное, Правобережное, Ольховско-Южно-Чумачкинское и Северо-Кармалинское поднятия), Сарабикуловское (Восточно-Шешминское поднятие), Чумачкинское (Безымянное, Мельничное, Лесное, Чумачкинское поднятия), Беркет-Ключевское (Дальнеивановское поднятие). Коэффициент извлечения нефти на данных месторождениях, в основном, равен 0.36 и лишь на некоторых – 0.346-0.358. При этом в пределах участка выявлены предварительно оцененные скопления и проявления тяжелой нефти, в связи с чем принята поправка на недоразведанность эталона 10%. Таким образом, геологические ресурсы нефти ЭУ-1 составляют 131545 тыс. т, а средняя удельная плотность геологических НСР (начальных суммарных ресурсов) – 245.0 тыс.т/км<sup>2</sup>.

В соликамском горизонте месторождений тяжелой нефти на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции не выявлено, отмечены лишь нефтебитумопроявления в северной части провинции. В связи с отсутствием аналогов для подсчета, неравномерностью распространения и существенной неоднородностью отложений соликамского горизонта количественная оценка ресурсов тяжелой нефти данного возраста не проводилась.

По *нижнеказанскому подъярусу* оценены ресурсы тяжелой нефти на территории Республики Татарстан и северных районов Ульяновской, Самарской и Оренбургской областей. Для оценки ресурсов выделены два эталона – ЭУ-1 и ЭУ-2. Площадь ЭУ-1 составляет 227 км<sup>2</sup>, в его пределах залежи тяжелой нефти открыты на Пионерском и Ахматском поднятиях Пионерского месторождения. Коэффициент извлечения нефти по терригенным

барбашинским отложениям составляет 0.36, по карбонатным камышлинским – 0.3, в среднем по эталону принимая значение 0.35. В связи с тем, что в пределах участка выявлены скопления и проявления тяжелой нефти, принята поправка на недоразведанность эталона 30%. Таким образом, геологические ресурсы нефти ЭУ-1 составляют 6036 тыс. т, а средняя удельная плотность геологических НСР – 26.6 тыс.т/км<sup>2</sup>.

По *верхнеказанскому подъярису* территория оценки ресурсов тяжелой нефти охватывает южные районы Республики Татарстан и северную часть Ульяновской и Самарской областей. Для оценки ресурсов выделен ЭУ-1 площадью 149км<sup>2</sup>, в пределах которого открыто единственное учтенное ГБ Пионерское (Ахматское и Пионерское поднятия) месторождение тяжелой нефти в верхнеказанских отложениях (серия «ядренный камень»). Коэффициент извлечения нефти составляет 0.36. Однако при подсчете ресурсов на расчетных участках Кинпринят за 0.1, как наиболее вероятный. В связи с тем, что в пределах участка выявлены скопления и проявления тяжелой нефти, принята поправка на недоразведанность эталона 30%. Таким образом, геологические ресурсы нефти ЭУ-1 составляют 10706 тыс. т, а средняя удельная плотность геологических НСР – 71.9 тыс.т/км<sup>2</sup>.

По сравнению с данными официальной количественной оценки Волго-Уральской НГП по состоянию на 01.01.2009 г. суммарный прирост ресурсов тяжелых нефтей пермского (позднекунгурского) возраста составляет порядка 190 млн. т извлекаемых.

**Предложения по размещению участков под лицензирование недр с целью поиска и вовлечения в разработку тяжелых высоковязких нефтей с рекомендациями по оптимальному комплексу геолого-геофизических методов изучения пермских отложений на этих участках**

По результатам работ выделено 3 участка перспективных на поиск скоплений тяжелых нефтей в пермских отложениях, рекомендуемых для включения в программу лицензирования – 1, 2 и Восточный.

Участок 1 находится в Клявлинском, Камышлинском и Шенталинском районах Самарской области. Площадь участка – 468км<sup>2</sup>. В тектоническом отношении расположен в западной части Южно-Татарского свода. Основные его перспективы связаны с поиском залежей тяжелых нефтей в отложениях шешминского горизонта. В пределах участка расположена выявленная по уфимским отложениям Северная структура с посчитанными локализованными ресурсами категории D<sub>лок.</sub> 7.7 млн. т извлекаемых. В соответствии с оценкой ресурсов тяжелых нефтей Волго-Уральской НГП и данными ГБ [1] извлекаемые ресурсы тяжелой нефти Участка 1 представлены только категорией D<sub>лок.</sub> и составляют 7,7 млн. т.

Участок 2 находится в Клявлинском районе Самарской области. Площадь участка – 349км<sup>2</sup>. В тектоническом отношении расположен в западной части Южно-Татарского свода. Основные перспективы связаны с поиском залежей тяжелых нефтей в отложениях шешминского горизонта. В соответствии с результатами оценки ресурсов тяжелых нефтей Волго-

Уральской НГП и данными ГБ [1] извлекаемые ресурсы тяжелой нефти Участка 2 категории D составляют 3,8 млн. т.

Восточный участок находится в Алексеевском, Спасском, Алькеевском, Октябрьском и Аксубаевском районах Республики Татарстан. Площадь участка – 3038 км<sup>2</sup>. В тектоническом отношении расположен в северной части Мелекесской впадины. Основные его перспективы связаны с поиском залежей тяжелых нефтей в отложениях казанского яруса. В соответствии с результатами оценки ресурсов тяжелых нефтей Волго-Уральской НГП и ГБ [1] извлекаемые ресурсы тяжелой нефти Восточного участка составляют: категории D<sub>лок.</sub> – 0,07 млн. т, D – 18,1 млн. т.

### **Заключение**

Полученные результаты дают четкие представления о характере строения, ресурсном потенциале и зонах возможного распространения на территории Волго-Уральской НГП нижнепермских отложений, насыщенных тяжелыми высоковязкими нефтями и битумами. Оконтуренные зоны возможного распространения скоплений тяжелых высоковязких нефтей в отложениях нижнепермского возраста в совокупности с оптимальной методикой их поиска, позволят вооружить недропользователей необходимой информационно-методической базой для успешного освоения ими пока еще слабо реализованного на соответствующей территории нефтепоискового направления, и обеспечат существенное повышение общей эффективности геологоразведочных работ на территории Волго-Уральской НГП.

### **Библиографический список**

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых (УВ) по состоянию на 01.01.2016.
2. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерогеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
3. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
4. Методические рекомендации по применению Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.02.2016 №3-р.2016.32с.
5. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия // Коллектив авторов. Горный институт УрО РАН. Пермь «Книжная площадь», 2006. 463 с.
6. Отчет «Комплексные геолого-геофизические работы с целью локализации зон распространения и оценки ресурсов тяжелых нефтей в пермских отложениях Волго-Уральской НГП», Саратов, 2016.
7. Справочник по геологии нефти и газа / Под ред. Н.А. Еременко. М.: Недра, 1984. 480 с.
8. Троепольский В.И. Изучение условий формирования нефтеносных свит девонский, каменноугольных и пермских отложений, их геологической истории и закономерностей размещения в них залежей нефти и битумов. Л.: Недра, 1964. 216 с.
9. Хасимов Р.С. Стратегия разработки месторождений на поздней стадии, перспективы добычи углеводородных ресурсов из нетрадиционных источников углеводородов в РТ., 2009. 60 с.

**А.Ш. Хусаинова, К.В. Сюраева, Д.Ю. Брагин, Н.В. Щукин**  
Пермский государственный национальный исследовательский университет

## **ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ НОЖОВСКОГО ПОДНЯТИЯ И ЗАПАДНОГО САЯНА)**

*В данной работе проведен аэрокосмогеологический анализ территории Ножовского поднятия и Западного Саяна с дешифрированием космических снимков. По результатам проведенных работ доказана эффективность и достоверность данного метода.*

*Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаментный анализ, нефть, золото.*

**A.S. Khusainova, K.V. Suraeva, D.Y. Bragin, N.V. Shchukin**  
Perm State University

## **APPLICATION SPACE-GEOLOGICAL ANALYSIS IN THE SEARCH OF MINERAL DEPOSITS (FOR EXAMPLE ROZOVSKOGO UPLIFT AND THE WESTERN SAYAN MOUNTAINS)**

*In this work, space geological analysis of the territory Nozhovskgo uplift and the Western Sayan with the interpretation of space images is conducted. The results of the work proved the efficiency and reliability of this method.*

*Keywords: aerospace methods, interpretation, lineament analysis, oil, gold.*

### **Введение**

Аэрокосмические методы в настоящее время занимают одно из ведущих мест среди способов, используемых при поисках и разведки месторождений. Связано это с тем, что они позволяют дать информацию, которую трудно получить традиционными методами исследования. Преимущество данного метода заключается в его простоте, высокой оперативности и достоверности данных, получение информации в любом масштабе, обзорности больших территорий и данных для исследований в любых труднодоступных районах, получение быстрых результатов. Анализ, с помощью выделения линеаментной сети и кольцевых структур, поможет получить информацию для обеспечения более детальных поисковых работ.

Целью данной работы (которая является учебно-методической) является аэрокосмогеологический анализ для поисков перспективных объектов в разных регионах на двух участках: 1) нефти и газа на территории Ножовского поднятия Верхнекамской впадины и 2) золота в долине р. Большой Анзас на Западном Саяне (рис. 1). Были поставлены следующие задачи: изучить фондовую литературу для выявления геологического строения территорий, применить методику линеаментно-геодинамического анализа, провести дешифрирование

космических снимков (КС), выделить линеаменты и кольцевые структуры, выполнить комплексный аэрокосмогеологический анализ территорий, предсказать расположения новых аномалий и выделить перспективные структуры.

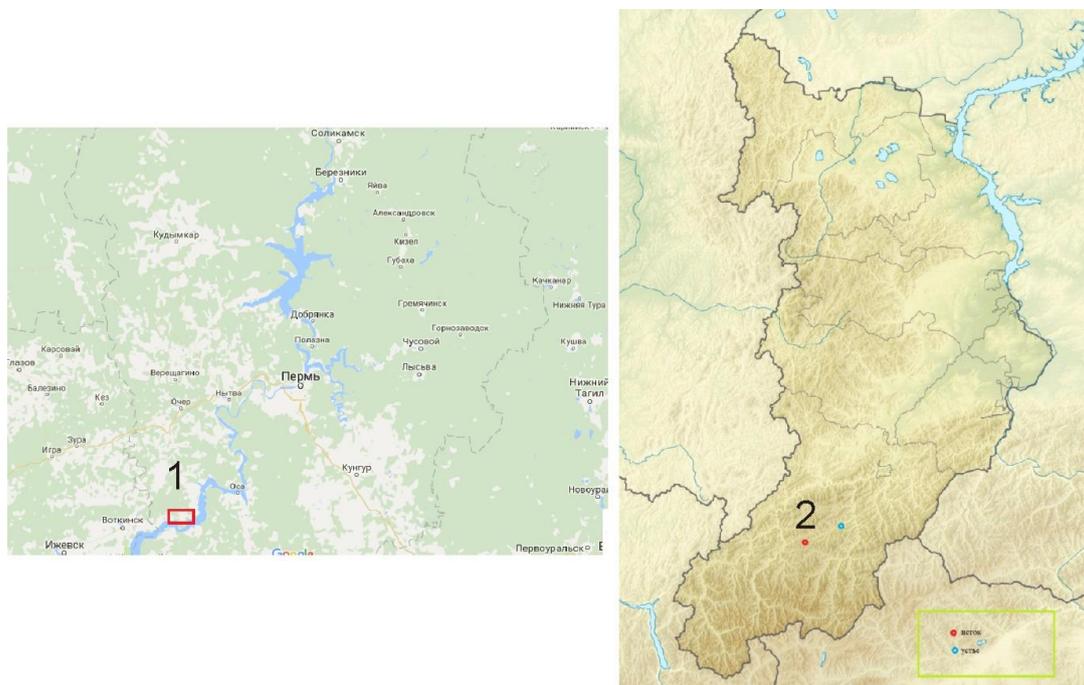


Рис. 1. Обзорные схемы участков исследований  
(1 - Ножовский участок, 2 - Участок р. Большой Анзас)

Работа проводилась на кафедре поисков и разведки полезных ископаемых ПГНИУ рамках учебно-методического курса «Аэрокосмические методы в геологии» под руководством д.г.-м.н., проф. И.С. Копылова.

**Ножовский участок** расположен на юго-западе Пермского края в пределах Частинского района. С юга и востока ограничивается Воткинским водохранилищем, с запада – границей с Удмуртской республикой. Рельеф местности Ножовской площади представляет собой залесенную на 60 % холмисто-увалистую равнину, расчленённую многочисленными речными долинами и оврагами. Абсолютные отметки рельефа составляют 240-270 м на водоразделах и 90-120 м – в поймах рек. Перепады высот достигают 150 м. Преобладающими являются высоты порядка 150-200 м. Гидрографическая сеть Ножовской площади представлена отрезком р. Камы. В тектоническом отношении участок исследований расположен на востоке Русской платформы, в южной части Верхнекамской впадины, охватывая Ножовский структурный выступ и его сочленение с Киенгопской валлообразной зоной. Ножовский выступ по кровле отложений фаменского яруса картируется как средняя структура и представляет собой верхнедевонское рифогенное сооружение, вытянутое на 29 км в широтном направлении, ширина его составляет около 9 км. Выступ осложнён многочисленными локальными поднятиями, имеющими различные размеры, амплитуду и простирание. По данным сейсморазведки, кристаллический фундамент в районе Ножовского структурного выступа имеет

блоковое строение, залегает на отметках от -7500 до -10800 м и испытывает погружение в восточном и юго-западном направлениях. Вдоль восточной границы площади намечается разлом, ограничивающий приподнятый блок от наиболее погруженных участков авлакогена. В 2011 г. на рассматриваемой территории были проведены работы ООО «ПермНИПИнефть» по доразведке Ножовской группы месторождений и поисков новых залежей на территории в районе с. Ножовка [7, 11]. Ранее территория была изучена региональными аэрокосмогеологическими исследованиями (АКГИ) масштаба 1:100 000 (Гацков и др., 1990; Копылов, Хурсик, 2010). Территория характеризуется высокой геодинамической активностью с отдельными геодинамическими аномалиями [2-4, 9].

**Участок р. Большой Анзас** расположен на территории Таштыгского района Республики Хакасия, в 50 км от г. Абазы. Район представляет собой резко расчлененную горно-таежную местность Западного Саяна с преобладанием среднегорных форм рельефа. Водоразделом рек является хребет Шаман. Абсолютные отметки вершин достигают 1800-2187 м. Река Б. Анзас (левый приток р. Оны) начинается на южном склоне хребта Шаман и имеет протяженность 36 км, площадь водосбора 700 км<sup>2</sup>. Район располагается в зоне сочленения верхнепротерозойских и нижнепротерозойских структур Западного Саяна с субплатформенными толщами Минусинской межгорной впадины. Стратиграфические подразделения района представлены отложениями венда – нижнего кембрия (джебашская серия), нижнего кембрия (нижнемонокская, верхнемонокская, шаманская, кайзасская, чехансская, кинская свиты), среднего кембрия (арбатская свита), нижнего девона и четвертичными отложениями. В структурно отношении участок работ приурочен к западной части Северо-Саянской структурно-фациальной зоне. Наиболее важными являются золоторудная и железорудная формации. Основными полезными ископаемыми района является золото. Коренные месторождения и проявления золота представлены в основном кварцево-жильным типом [12].

### **Методика и результаты исследований**

Изучение геодинамической (неотектонической) активности проводится по направлениям, исследующим сложную гетерогенную систему «рельеф – тектонические линеаменты и структуры – водные растворы – вещество». Реализация производится в общей схеме исследований «современный рельеф – геоморфологические методы исследований – структурные и геологические условия – геологические методы исследований – геологические результаты». Главная идея – использование рельефа и линеаментов для построения моделей геодинамических активных зон. В основу методики их изучения положен линеаментно-геодинамический анализ, заключающийся в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования КС, далее – в аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности и построение ее картографических моделей разного уровня детальности. Методика исследований включает: подготовку материалов дистанционных съемок, визуальное выделение геоиндикаторов, интерактивное компьютерное структурно-геологическое дешифрирование КС,

автоматизированную обработку линеаментов, разработку критериев, различные виды классификаций, создание локальных баз данных, создание цифровых моделей рельефа, морфонеотектонический, линеаментный, геодинамический анализы, сопоставление данных с геофизическими и другими полями и оценку достоверности результатов, создание итоговых карт районирования, оценки и прогноза [4-6, 8].

Основным методом является структурно-геологическое дешифрирование. Как известно, месторождения нефти и газа приурочены в большинстве к локальным положительным структурам и блокам, контролируемых тектоническими нарушениями. Месторождения золота (коренного и россыпного типов) также приурочены к объектам тектонических нарушений. На аэрокосмических снимках тектонические нарушения дешифрируются в виде линеаментов. Локальные поднятия хорошо дешифрируются в виде кольцевых и вихревых структур с преимущественно с повышенной плотностью линеаментов. Линеаменты – линейные элементы рельефа, имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границ ландшафтных структур. Кольцевые и вихревые структуры также указывают на наличие зоны высокой проницаемости [5].

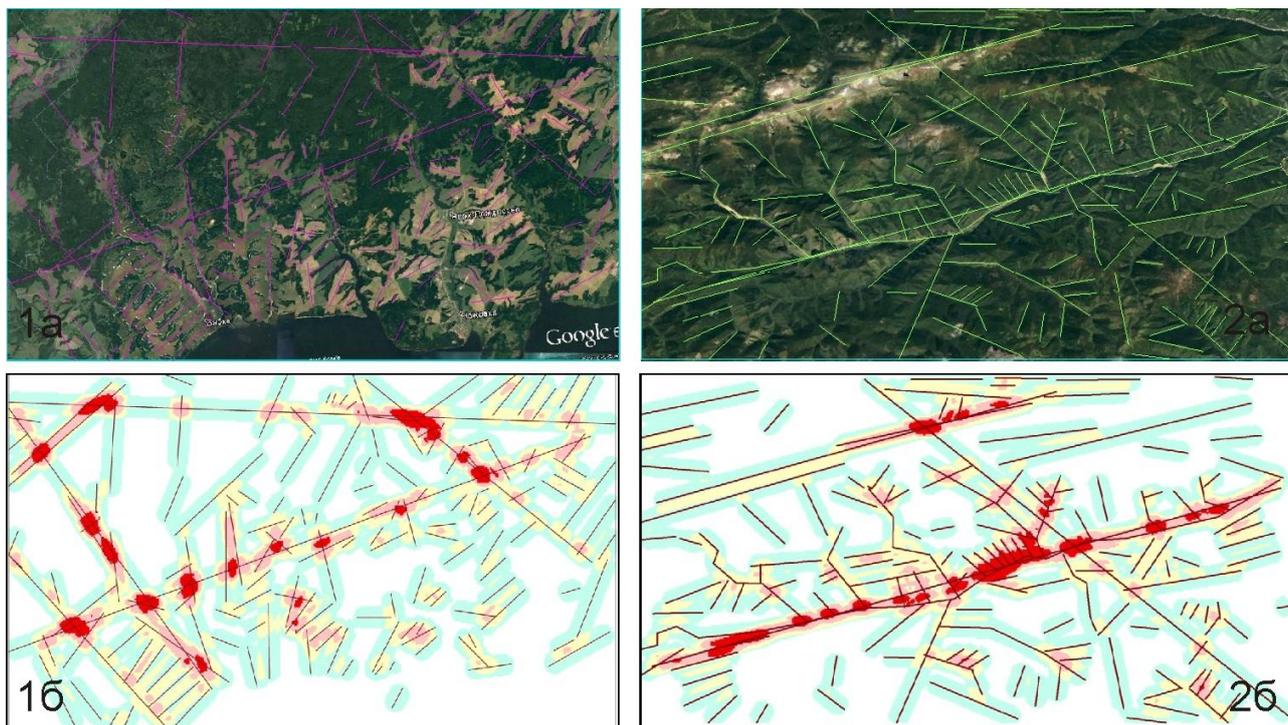
В ходе работ на обоих участках выделялось три типа зон:

- 1) зоны, в которых происходит наибольшее пересечение линеаментов друг с другом (узлы);
- 2) зоны, в которых линеаменты осложнены кольцевыми структурами;
- 3) зоны, в которых тектонические условия такие же, как на существующих месторождениях исследуемой территории (принцип аналогии внутри района).

Для исследования территорий были взяты космоснимки (сервисы Google Карты и цифровые модели рельефа (ЦМР) в растровом виде. Дешифрирование одной и той же территории по разным материалам даёт возможность более точно выделить линеаменты. Все изображения были представлены в виде слоёв одной карты в программном обеспечении ArcGIS, ArcMap. Таким образом, при дешифрировании можно попеременно включать эти слои, выделяя линеаменты на разных материалах ДЗЗ. Дешифрирование проводилось в нескольких масштабах в соответствии со сложившимися стадиями АКГИ (обзорные, региональные, зональные, детальные) [2, 5].

Методика исследований включала в себя как количественный анализ (линеаментный), так и качественный (собственно – комплексный аэрокосмогеологический анализ). Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов. Задача выполнялась в программном обеспечении ArcGIS и ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент Плотность линий (Line Density). Он вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате было построено поле плотности линеаментов. Количество классов значений плотности выбрано по умолчанию – 5. Далее были выделены максимумы путём

исключения классов значений плотности 1 - 4. Максимумы поля наложены на космоснимки (рис. 2).



Условные обозначения: красный цвет – перспективные участки на поиски полезных ископаемых

Рис. 2. Карта линеаментов (1а –Ножовский, 1б – Б.Анзасский) и плотности линеаментов (2а –Ножовский, 2б – Б.Анзасский):

Комплексный анализ был проведён на основе КС с дешифрованными вихревыми структурами. Визуально были выделены зоны, в которых происходит наибольшее «завихрение» структур и или пересечение этих структур друг с другом [10]. Были проанализированы ранее выявленные факторы и условия нефтенасыщенности исследуемых территорий (участок Ножовского поднятия) и золотоносности (участок р.Б.Анзас), сопоставлены со схемами геологического строения [7], на основе чего выделены перспективные зоны. В результате получается интегральная карта зон, перспективных на поиски полезных ископаемых. Зонам присваивается ранг рекомендуемой очередности изучения при поисках месторождений.

Во многих выделенных перспективных зонах располагаются все ныне существующие промышленные месторождения нефти и газа (участок Ножовского поднятия) и промышленные россыпные месторождения золота (участок р.Б.Анзас). Поэтому, по результатам проведённых исследований в разных регионах можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно определить участки, перспективные на разные виды полезных ископаемых – нефти и газа в районе Ножовского поднятия Верхнекамской впадины и золота – в районе в долины р. Большой Анзас на Западном Саяне.

## **Библиографический список**

1. 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.
2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. №4 (29). 70-81.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
4. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
5. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
6. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
7. 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.
8. Копылов И.С., Лукутов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 9-3. С. 602-606.
9. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 130 с.
10. Фефелов М.В. Методика аэрокосмических исследований при прогнозировании и поисках золоторудных месторождений // *Геология в развивающемся мире*. Пермь, 2016. 74-78 с.
11. Шаварин Ю.А. и др. Комбинированный проект доразведки Ножовской группы месторождений и поисков новых залежей на вновь подготовленных объектах Полымской площади // *Отчет ООО «ПермНИПИнефть»*. Пермь, 2011. 175 с.
12. *Энциклопедия Республики Хакасия (в 2 т.)* / Правительство Респ. Хакасия; науч.-ред. совет.: В. А. Кузьмин (пред.) и др. Абакан: Поликор, 2007. Т. 1 : 2007. 430 с.: ил.

*Научное издание*

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА,  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского университета

г. Пермь, 14–15 ноября 2017 г.

Издается в авторской редакции  
Техническая подготовка и обработка материалов: *И. С. Копылов*

---

Подписано к использованию 12.03.2018  
Объем данных 19 Мб

---

Размещено в открытом доступе  
в электронной мультимедийной библиотеке ELiS:  
<https://elis.psu.ru/ident/978-5-7944-3064-6>

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета.  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15